



ниц строительство
научно-исследовательский центр



НИИЖБ
ИМ. А.А. ГВОЗДЕВА

ВЕСТНИК

НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО» №4(19)2018

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН – ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Издается с 1932 г. под названием «Исследования по теории сооружений»,
с 2009 г. – ВЕСТНИК ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко «Исследования по теории сооружений»,
с 2010 г. - ВЕСТНИК НИЦ «Строительство»
Выходит четыре раза в год

Учредитель: АО «НИЦ «Строительство»

Адрес редакции: 109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, дом 6, стр. 1
Тел.: +7 (495) 602-00-70 доб. 1014 / 1002
e-mail: vestnikstroy@list.ru

При цитировании ссылка обязательна.
Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.

- Главный редактор ЗВЕЗДОВ Андрей Иванович**, д-р техн. наук, проф.
БАЖЕНОВ Валентин Георгиевич, акад. АИН, д-р физ.-мат. наук, проф. (НИИМ ННГУ, г. Н. Новгород)
VAL Dimitri V., Dr. (School of the Built Environment, Edinburgh, UK)
ВЕДЯКОВ Иван Иванович, д-р техн. наук, проф. (дир. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва)
ДАВИДЮК Алексей Николаевич, д-р техн. наук (дир. НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», г. Москва)
ЕРЕМЕЕВ Павел Георгиевич, д-р техн. наук, проф. (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва)
КОЛЫБИН Игорь Вячеславович, канд. техн. наук, (дир. НИИОСП им. Н.М. Герсееванова АО «НИЦ «Строительство», г. Москва)
КОНДРАТЬЕВА Лидия Никитовна, д-р техн. наук, проф. (СПбГАСУ, г. Санкт-Петербург)
КУРБАЦКИЙ Евгений Николаевич, д-р техн. наук, проф. (ПУТ МИИТ, г. Москва)
LYAMIN Andrei, Prof. (School of Engineering, Callaghan, Australia)
МАИЛЯН Дмитрий Рафаэлович, д-р техн. наук, проф. (ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону)
МОНДРУС Владимир Львович, д-р техн. наук, проф. (МГСУ, г. Москва)
НЕМЧИНОВ Юрий Иванович, акад. АИН, АСУ, д-р техн. наук, проф. (ГП НИИСК, г. Киев, Украина)
НЕСВЕТАЕВ Григорий Васильевич, д-р техн. наук, проф. (ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону)
ОБОЗОВ Владимир Иванович, д-р техн. наук, проф. (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва)
PUZRIN Alexander, Prof., Dr. (Institute for Geotechnical Engineering, Zurich, Switzerland)
ПЯТИКРЕСТОВСКИЙ Константин Пантелеевич, д-р техн. наук, проф. (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва)
СТАВНИЦЕР Леонид Рувимович, д-р техн. наук, проф. (НИИОСП им. Н.М. Герсееванова АО «НИЦ «Строительство», г. Москва)
ТАМРАЗЯН Ашот Георгиевич, д-р техн. наук, проф. (МГСУ, г. Москва)
ТЕР-МАРТИРОСЯН Армен Заверенович, д-р техн. наук (ИГЭС НИУ МГСУ, г. Москва)
ТРАВУШ Владимир Ильич, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. (ЦНИИЭП, г. Москва)
ФАРФЕЛЬ Михаил Иосифович, канд. техн. наук (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», г. Москва)
ФЕДОРОВСКИЙ Виктор Григорьевич, канд. техн. наук (НИИОСП им. Н.М. Герсееванова АО «НИЦ «Строительство», г. Москва)
ХАЧИЯН Эдуард Ефремович, акад. НАН РА, д-р техн. наук, проф. (ЕГУАиС, г. Ереван)

Вестник НИЦ «Строительство». Бетон и железобетон – проблемы и перспективы: Сб. статей. Вып. 4(19) /под ред. А. И. Звездова – М.: АО «НИЦ «Строительство». 2018. – 160 с.
ISSN 2224-9494

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ ФС77 – 46262 от 19 августа 2011 г.

Содержит статьи, посвященные актуальным проблемам и перспективам бетона и железобетона, непосредственно связанные с решением практических задач.

Для научных работников, инженеров-проектировщиков, преподавателей, аспирантов.
ISSN 2224-9494 © АО «НИЦ «Строительство», «Вестник НИЦ «Строительство», 2018

Содержание

А. Н. Давидюк, А. Е. Никитин, Ю. С. Волков, Д. В. Кузеванов К итогам выездной сессии в Москве технического комитета 71 (ТК 71) «Бетон, железобетон, предварительно напряженный железобетон» международной организации по стандартизации ИСО	5
З. У. Бепнаев, С. А. Вернигора, С. А. Колодяжный Исследование основных физико-механических характеристик рециклингового щебня для его применения в качестве крупного заполнителя при производстве тяжелых бетонов общестроительного назначения	18
А. Н. Давидюк, В. И. Савин, Т. А. Кузьмич, В. Н. Строчкин Нормируемые параметры бетонов плотностью D300 – D700 на стекловидных заполнителях и оценка несущей способности железобетонных конструкций из бетона класса В3,5 с учетом совместной работы бетона и арматуры	33
С. С. Жоробаев, С. Г. Зимин, В. В. Степанова, М. И. Бруссер Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ (о проекте свода правил)	49
С. А. Зенин, Р. Ш. Шарипов, О. В. Кудинов Расчеты толстых фундаментных плит из монолитного железобетона по прочности и трещиностойкости	58
И. С. Кузнецова, М. П. Корнюшина, В. Г. Рябченкова, М. Ю. Титов Актуализация свода правил по жаростойкому бетону	67
Т. А. Мухамедиев, Д. В. Кузеванов Некоторые особенности расчета конструкций из высокопрочных бетонов	77
Т. А. Мухамедиев, С. А. Зенин Пересмотр свода правил СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»	87
В. Ф. Степанова, Н. К. Розенталь, Г. В. Чехний Разработка пособия к своду правил 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии»	93
В. Ф. Степанова, Н. К. Розенталь, Г. В. Чехний Актуализация свода правил 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии»	104
Л. А. Титова, М. Ю. Титова, М. И. Бейлина Параметры напрягающего бетона в зависимости от степени ограничения деформаций	116
Е. А. Черныгов Механические и реологические свойства отечественных современных стабилизированных высокопрочных семипроволочных канатов диаметрами 9,0...15,7 мм.	126
В. С. Широков, С. А. Подмазова, Д. С. Литвак, М. В. Глушкова Новый свод правил 130.13330 «Производство сборных железобетонных конструкций и изделий» взамен СНиП 3.09.01-85	136
Н. А. Минкина, М. М. Ковальзон Средневековье: религиозное и научное знание.	144

Content

A. Davidyuk, A. Nikitin, Y. Volkov, D. Kuzevanov To the plenary session of the 71 technical committee (TC 71) «Concrete, reinforced concrete, prestressed concrete» of the international organization for standardization (ISO) in Moscow.	5
Z. Beppaev, S. Vernigora, S. Kolodyazhniy Research of the main physical and mechanical characteristics of recycled crushed stone for its use as a large aggregate in the production of heavy concrete for general construction purposes	18
A. Davidyuk, V. Savin, T. Kuzmich, V. Strotskiy Normalized parameters of concrete with D300 – D700 density on glossy fillers and estimation of carrying force of reinforced concrete structures from concrete of class B3.5 with regard to joint work of concrete and armature	33
S. Jorobaev, S. Zimin, V. Stepanova, M. Brusser Constructions of monolithic concrete and reinforced concrete. Rules of production and acceptance of work (About the draft of code of practice).	49
S. Zenin, R. Sharipov, O. Kudinov Calculations of monolithic reinforced concrete thick base plates from on strength and crack resistance	58
I. Kuznetsova, M. Titov, V. Ryabchenkova, M. Korniyushina Updating the code of practice for heat-resistant concrete	67
T. Mukhamediyev, D. Kuzevanov Some specificities of the high-strength concrete structures calculation	77
T. Mukhamediyev, S. Zenin The revision of the code of rules SP 63.13330.2012 «Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions»	87
V. Stepanova, N. Rosental, G. Chehniy Development of the Manual to the code of rules 28.13330.2017 «Protection of building structures from corrosion»	93
V. Stepanova, N. Rosental, G. Chehniy Actualization of code of rules 28.13330.2017 «Protection of building structures from corrosion»	104
L. Titova, M. Titov, M. Beilina Parameters of the self-stressing concrete depending on the degree of restriction of deformations.	116
E. Chernygov Mechanical and relaxation properties of national modern high-strength low-relaxation 7-wire strands with diameters 9,0...15,7 mm.	126
V. Shirokov, S. Podmazova, D. Litvak, M. Glushkova The code of rules 130.13330 «Precast concrete production» was developed in place of SNIIP 3.09.01-85	136
N. Minkina, M. Kovalson The middle ages: religious and scientific knowledge.	144

К ИТОГАМ ВЫЕЗДНОЙ СЕССИИ В МОСКВЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА 71 (ТК 71) «БЕТОН, ЖЕЛЕЗОБЕТОН, ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОН» МЕЖДУНАРОДНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ ИСО

TO THE PLENARY SESSION OF THE 71 TECHNICAL COMMITTEE (TC 71) «CONCRETE, REINFORCED CONCRETE, PRESTRESSED CONCRETE» OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) IN MOSCOW

А. Н. ДАВИДЮК, д-р техн. наук

А. Е. НИКИТИН, канд. техн. наук

Ю. С. ВОЛКОВ, канд. техн. наук

Д. В. КУЗЕВАНОВ, канд. техн. наук

Представлена информация о состоявшейся в Москве с 28 по 31 мая 2018 г. пленарной сессии технического комитета ТК 71 ИСО «Бетон, железобетон и предварительно напряженный железобетон». В ИСО представлены органы по стандартизации 165 стран. В сессии приняли участие более 100 экспертов в области бетона из 25 стран, в том числе России, Японии, Китая, Бразилии, Германии, США и др. К настоящему времени в ИСО/ТК 71 разработано 54 стандарта, 21 стандарт находится в разработке.

The article contains information about the plenary session of ISO Technical Committee TC 71 on "Concrete, reinforced concrete and prestressed concrete" which held in Moscow from 28 to May 31, this year. In ISO standardization bodies from 165 countries are represented. The session in Moscow was attended by over 100 experts in the field of concrete from 25 countries including Russia, Japan, China, Brazil, Germany, United States, etc. To date, ISO/TC 71 54 standards were developed, and 21 standards are under development. The meetings were considered normative

На заседаниях были рассмотрены нормативные документы, регламентирующие требования к бетону и железобетонным конструкциям, а также исходных материалов для их изготовления. В программе также значились вопросы стандартизации сборных железобетонных конструкций, методов ремонта железобетонных конструкций, применения композитных материалов, экологии бетона, а также управление жизненным циклом железобетонных конструкций.

В первый день работы ТК71 ИСО состоялся семинар, где были представлены доклады по особенностям российской нормативно-технической базы и наиболее актуальным вопросам развития мировой стандартизации в области железобетона.

В остальные дни прошли заседания подкомитетов ИСО/ТК 71 по следующим направлениям: методы испытаний бетона, производство бетона и возведение железобетонных конструкций, эксплуатационные требования к бетону, расчет железобетонных конструкций, армирующие материалы, текущая эксплуатация и ремонт, экология бетона.

Ключевые слова:

Бетон, железобетон, железобетонные конструкции, жизненный цикл железобетонных конструкций, исходные материалы для их изготовления железобетонных конструкций, композитные материалы, международная стандартизация ИСО, методы ремонта железобетонных конструкций, предварительно напряженный железобетон, сборные конструкции, экология бетона.

documents regulating the requirements for concrete and reinforced concrete structures, as well as raw materials for their manufacture. The program also included issues of standardization of precast concrete structures, repair techniques of reinforced concrete structures, the use of composite materials, ecology of concrete and concrete structures lifecycle management.

On the first day of the seminar ISO/TC 71, papers on the peculiarities of the Russian normative-technical base and the most topical issues in the development of global standardization in the field of reinforced concrete were presented. Other days the meetings of subcommittees of ISO/TC 71 such as test methods for concrete, concrete production and construction of reinforced concrete structures, performance requirements for concrete, calculation of reinforced concrete structures, reinforcing materials the current maintenance and repair, ecology concrete were held.

Key words:

Composite materials, concrete, concrete ecology, international standardization, International Standardization ISO, life cycle of reinforced concrete structures, methods of repair reinforced concrete structures, prefabricated structures, raw materials for concrete construction manufacturing, reinforced concrete, reinforced concrete constructions.

В Москве с 28 по 31 мая 2018 г. проходило заседание технического комитета ТК 71 ИСО «Бетон, железобетон и предварительно напряженный железобетон». Международная организация по стандартизации ИСО (International Standard Organization — ISO) была создана 70 лет назад, в феврале 1947 г., при активном участии Советского Союза. На сегодняшний день ИСО разработала более 22 тысяч стандартов, перекрывающие практически все виды деятельности человека. В ИСО представлены органы по стандартизации 165 стран.

Основной задачей ИСО является разработка стандартов, отвечающих последним достижениям в области науки и техники, вызовам мирового технического развития. Подготовка стандартов в рамках ИСО осуществляется экспертами, объединёнными в тематические комитеты, которых насчитывается больше 300, и свыше 20 из них занимаются вопросами строительства. Каждый комитет имеет в своем составе более узкие экспертные группы — подкомитеты, число которых в составе каждого комитета может достигать нескольких десятков.

Вопросы стандартизации бетона сосредоточены в техническом комитете ИСО ТК 71. Секретариат комитета ИСО ТК 71 ведет Американский институт стандартов — ANSI. Разработка международных стандартов осуществляется в рамках экспертных групп с последующим обсуждением стандартов в рамках специально созданного электронного портала ИСО, где страны-участницы выражают свое мнение и формулируют замечания к разработкам. При этом ежегодно проводятся очные встречи участников работ по международной стандартизации в рамках подкомитетов и общие всего состава технического комитета.

В этом году такая встреча-заседание проходила в России в Центре Международной Торговли на Красной Пресне. Мероприятие было организовано совместно Федеральным Центром стандартизации и нормирования в строительстве ФАУ ФЦС и Научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона (НИИЖБ), входящим в научно-исследовательский центр «НИЦ Строительство».

На пленарное заседание в этом году приехало более 100 иностранных экспертов и профессионалов в области бетона, железобетона и предварительно напряженного бетона из более чем 25 стран мира (рис. 1).



Рис. 1. Пленарное заседание ИСО ТК 71

Это руководители национальных органов по стандартизации, ведущие специалисты профильных институтов и предприятий — лидеров мировой индустрии бетона и железобетона из США, Японии, Южной Кореи, Израиля, Китая, Бразилии, Германии, Норвегии, Турции, Австралии, Колумбии и около тридцати российских специалистов.

Особенность прошедшего ежегодного мероприятия ИСО в том, что за время существования международного технического комитета по бетону — с 1949 г. — оно впервые прошло на территории Российской Федерации. Это решение ИСО/ТК 71 — подтверждение целенаправленной работы по усилению роли России в системе международной стандартизации в строительстве.

Активная реализация этой цели началась в 2016 г., когда участие Минстроя РФ в работе технических комитетов ИСО по строительным проблемам получило новый импульс. ФАУ «ФЦС» обеспечило участие экспертов, представляющих ТК 465 «Строительство» в 22 комитетах ИСО. Российские зеркальные комитеты ИСО уже насчитывают в своем составе более 100 экспертов. За истекшие два года экспертами ТК 465 было проанализировано более 450 стандартов ИСО, 36 российских стандартов были гармонизированы с соответствующими стандартами ИСО. В октябре 2017 г. эксперт ФАУ «ФЦС» возглавил подкомитет 2 «Терминология» комитета «Строительство зданий», ИСО/ТК 59, что позволило интенсифицировать работу в области строительной терминологии. ТК 465 разработал в связи с этим русскую часть стандарта ИСО 6707 «Строительство зданий. Словарь». Аналогичные работы инициированы в рамках ИСО/ТК 98 «Основы расчета строительных конструкций».

Вместе с тем одним из самых активно работающих международных комитетов в области строительной стандартизации на сегодняшний день является именно ИСО ТК 71.

Бетон как фактор глобализации

В индустрии производства и применения бетона и железобетона занят примерно 1% населения земного шара, или примерно 60 млн чел. По данным ИСО/ТК 71 (стратегический план ИСО/ТК 71 от 14.04.2016), на одного жителя земного шара ежегодно производится 4,7 т этого материала, т. е. всего порядка 33 млрд т. Железобетон применяется во всех отраслях строительства. Стандарты в этой области производства строительных материалов обеспечивают прочность и долговечность бетона при самых различных условиях эксплуатации, начиная от арктических районов и до наиболее жарких областей экваториальной Африки. Темпы ежегодного прироста объема применения бетона в мире составляет 2,5%, что примерно соответствует темпам роста всей мировой экономики.

Масштабы производства бетона предъявляют особые экологические требования к его энергоемкости и воздействию на окружающую среду. Наиболее энергоемким компонентом бетона является цемент. На производство 1 т цемента необходимо 4,75 МДж энергии. Только в США насчитывается 99 цементных заводов и более

7500 заводов по производству готовых бетонных смесей. В мире по экспертным оценкам производится более двух миллиардов тонн цемента.

В энергетическом балансе на производство 1 т бетона 92% приходится на цемент, хотя в бетоне он занимает лишь 12% объема. Поэтому так важен экологический аспект применения бетона в строительстве. Не случайно вопросам экологии посвящена деятельность одного из семи подкомитетов ИСО/ТК 71.

Также отмечается и другая проблема — долговечность и необходимость эксплуатационного сопровождения жизненного цикла бетонных и железобетонных конструкций. Многие конструкции, возведенные в период интенсивного освоения и развития индустрии железобетона, сегодня подходят к декларированным срокам службы. Вопросы продления их эксплуатационного ресурса — это общемировая проблема.

К настоящему времени в ИСО/ТК 71 разработано 54 стандарта, 21 стандарт находится в разработке. Представители 38 стран, включая Россию, принимают участие в работе технического комитета с правом участвовать в разработке стандартов и формировать замечания, обязательные к учету. Помимо этого, около 60 стран активно следит за разработкой стандартов, не имея возможности давать свои предложения.

Российская повестка ИСО/ТК 71

В повестке работы пленарной сессии ИСО/ТК 71 в Москве в течение четырех дней были вопросы работы Технического комитета и его подкомитетов, обсуждение проектов предлагаемых и пересматриваемых стандартов. В работе Технического комитета и его подкомитетов приняли участие ведущие специалисты и эксперты института в области нормирования и проектирования, технологии бетонов и железобетонных конструкций (Никитин А.Е., Подмазова С.А., Кузнецова И.С., Кузеванов Д.В., Титов М.Ю. и др.). Также приняли участие представители ведущих российских компаний и институтов, имеющих отношение к развитию нормативной базы РФ.

Были рассмотрены нормативные документы, регламентирующие требования к бетону и железобетонным конструкциям, а также к исходным материалам для их изготовления. В программе также значились вопросы стандартизации сборных железобетонных конструкций, методов ремонта железобетонных конструкций, применения композитных материалов, экологии бетона, а также управление жизненным циклом железобетонных конструкций.

В первый день работы ТК71 ИСО в преддверии основных заседаний рабочих групп и подкомитетов состоялся традиционный семинар, организуемый принимающей стороной. Были представлены доклады по особенностям российской нормативно-технической базы и наиболее актуальным вопросам развития мировой стандартизации в индустрии железобетона.

Директор Федерального центра нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве Д.В. Михеев представил иностранным делегатам российскую систему нормативных технических документов в строительстве,

в том числе сводов правил и стандартов в области бетонов, растворов, железобетонных и бетонных конструкций. Директор НИИЖБ им А. А. Гвоздева — АО НИЦ «Строительство» А. Н. Давидюк дал характеристику работы в области стандартизации ведущего российского научно-исследовательского, проектно-конструкторского и технологического института бетона и железобетона им. А. А. Гвоздева.

Доклад Паоло Негро, представителя Европейской комиссии, был посвящен актуальным европейским исследованиям по изучению работы сборных железобетонных конструкций. Продемонстрированы результаты уникальных и дорогостоящих испытаний полноразмерных каркасов зданий различной конструктивной системы при сейсмических воздействиях, которые проводились в рамках объединенных европейских научных проектов. Отмечены новые проблемы в проектировании элементов узлов соединения сборных конструкций, что еще раз подчеркивает важность разработки соответствующих международных стандартов.

В докладе профессора Университета Кагава (Япония) Коджи Сакаи — представителя Японского института «Устойчивого развития» — обозначены общие тенденции развития современных нормативных документов, поддерживающие концепцию устойчивого развития. Обозначены глобальные аспекты развития, которые должны быть учтены в индустрии бетона и железобетонных конструкций. В частности, отмечалось, что помимо функциональных и экономических свойств материалов и конструкций, необходимо учитывать социальные и экологические аспекты

Доклад профессора Висконсинского университета (США) Густаво Монтесиноса, члена Американского института бетона, был посвящен особенностям применения высокопрочной стальной фибры для изготовления конструкций с повышенными характеристиками прочности при растяжении. Такие свойства позволяют значительно повысить трещиностойкость конструкций и их несущую способность по поперечной силе. Продемонстрированы интересные примеры применения сталефибробетона для изготовления пустотных плит с повышенными показателями несущей способности, что открывает новые горизонты использования хорошо известных конструкций на больших пролетах и при повышенной этажности.

Российские участники также представили доклады перед участниками пленарного заседания ИСО ТК 71. Так, в продолжение предыдущего доклада заместитель Генерального директора Института «Оргэнергострой» В. А. Дорф осветил опыт применения сталефибробетона для возведения наиболее ответственных конструкций. В том числе представлены технологии использования сталефибробетона в качестве несъемной опалубки, что в перспективе может позволить даже отказаться от применения рабочей арматуры в составе ряда конструкций. В докладе отмечено, что поддержка такой технологии сопровождалась разработкой ведомственных нормативных документов для атомной отрасли РФ, которые могут быть использованы как основа для международной стандартизации.

В докладе Анастасии Щукиной, представлявшей ЗАО «Триада-Холдинг», был освещен опыт РФ по разработке стандартов в области ремонта и защиты железобетонных конструкций. Показана структура системы национальных стандартов, устанавливающих требования к ремонтным материалам и системам, их испытаниям, а также к принципам ремонта железобетонных конструкций. Представленная информация крайне актуальна в свете дальнейшей работы по развитию и гармонизации с разработками ПК 7 «Техническое обслуживание и ремонт конструкций из бетона» ТК «ИСО» (Maintenance and repair of concrete structures).

В докладе Президента Союза развития базальтовой индустрии «СОЮЗБАЗАЛТ» Андрея Никитина отражен отечественный опыт в части производства и изучения свойств перспективных армирующих материалов на основе базальта. Отмечено, что это направление, в котором опыт российских компаний является передовым, дальнейшая научно-техническая кооперация будет важным шагом общего развития строительных технологий и новых материалов.

В докладе Николая Сальникова из Российской компании «Неолант» были изложены уникальные российские разработки и достижения в области информационного моделирования. Показан опыт применения информационных технологий для наиболее ответственных объектов энергетической и нефтегазовой отраслей. Показано применение информационных технологий для поддержки активно развивающейся концепции управления жизненным циклом строительных изделий и зданий в целом.

В докладе Петра Жука из МАРХИ освещен опыт РФ в отношении экологического менеджмента и экологического декларирования строительной продукции. Отмечено системное повышение роли экологической сертификации отечественной строительной продукции. Содержание доклада особенно важно в свете обсуждаемого в рамках проходящего в системе ИСО ТК 71 нового стандарта по экологической маркировке продукции бетонной индустрии.

Кроме этого, в рамках проводимого заседания ИСО ТК 71 ведущий специалист НИИЖБ им А. А. Гвоздева А. В. Шейнфельд провел экскурсию международных экспертов по объектам «Москва-Сити», где поделился уникальным опытом и особенностями отечественных технологий при возведении высотных железобетонных зданий (рис. 2).

Секционные заседания подкомитетов ИСО/ТК 71 прошли по направлениям:

SC 1 — Методы испытаний бетона

SC 3 — Производство бетона и возведение бетонных конструкций

SC 4 — Эксплуатационные требования к конструкционному бетону

SC 5 — Правила упрощенного расчета бетонных конструкций

SC 6 — Нетрадиционные армирующие материалы для бетонных конструкций

SC 7 — Техническое обслуживание и текущий ремонт бетонных конструкций

SC 8 — Экологический менеджмент бетона и бетонных конструкций

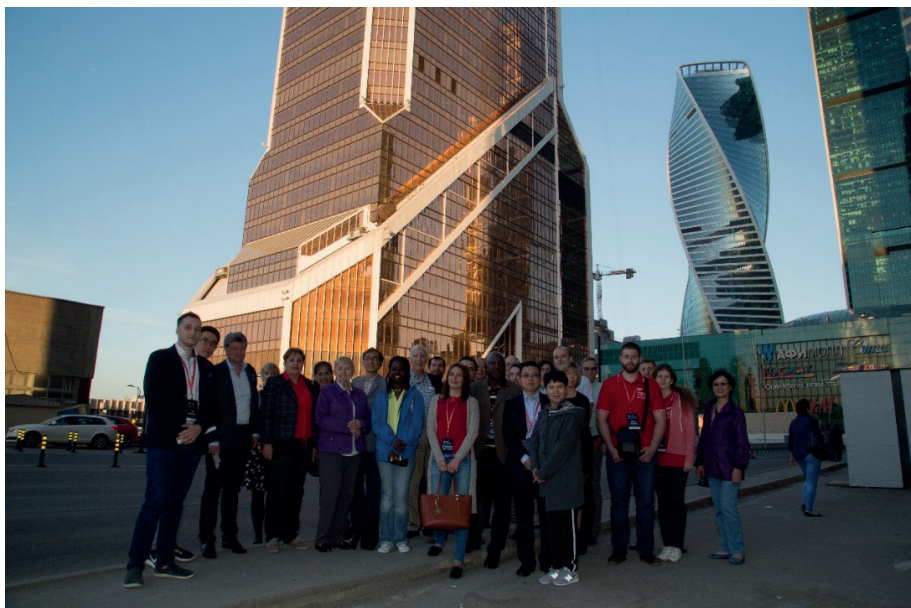


Рис. 2. Экскурсия международных экспертов ИСО по «Москва-сити»

Принятые решения

Итогом прошедшей встречи стал пакет резолюций, принятых по результатам заседаний подкомитетов.

Подкомитет SC 1 «Методы испытаний бетона» запланировал подготовить проект нового стандарта «Испытание пористого и водопроницаемого бетона для дорог», часть 3, «Сопротивление деградации поверхности дорожного покрытия»; также был принят проект стандарта по требованиям к характеристикам заполнителей для бетона в отношении стойкости против воздействия хлоридных солей и сульфатной коррозии.

Решено пересмотреть стандарты ИСО серии 20290 в отношении требований по методам механических испытаний заполнителей, по определению их плотности, сопротивлению фрагментации и оценке содержания пылевидных частиц.

Одобен стандарт 1920-14 «Определение времени схватывания бетонной смеси». Подкомитет SC1 одобрил поступившее от SC3 предложение по разработке стандарта по определению содержания пор и капиллярной абсорбции бетона.

Подкомитет SC 3 «Производство бетона и возведение бетонных конструкций» обсудил рабочий проект стандарта ИСО 22904 «Добавки минеральные для бетона» и принял решение представить документ для дальнейшего утверждения. Была также анонсирована организация рабочих групп по пересмотру стандартов серии ИСО 22965 «Бетоны. Технические условия» и по плановому пересмотру стандартов серии ИСО 14824 «Растворы для инъектирования каналов с напрягаемой арматурой». Было также принято решение начать подготовку к пересмотру стандарта ИСО 16204 «Проектирование железобетонных конструкций по долговечности».

Заседание **подкомитета SC4** «Эксплуатационные требования к конструкционному бетону» было посвящено состоянию пока единственного разработанного этим подкомитетом стандарта ИСО 19338 «Состав и оценка требований для стандартов на проектирование железобетонных конструкций». SC4 принял ряд резолюций. Одобрены предложения двух рабочих групп по дополнению стандарта требованиями по необходимости оценки технического состояния эксплуатируемых железобетонных конструкций и требованиями по экологии. Другая резолюция подкомитета SC 4 касалась разработки четкой методики по критериям соответствия региональных и национальных стандартов на проектирование требованиям ИСО 19338. Для разработки этих критериев была сформирована рабочая группа в составе четырех человек во главе с профессором Т. Уеда (Япония).

Было признано целесообразным формирование рабочей группы по дополнению стандарта ИСО 19338 требованиями по включению в стандарты на проектирование положений по оценке технического состояния эксплуатируемых конструкций и положений по экологии. Также было признано целесообразным налаживание рабочих контактов с ТК 98 ИСО «Основы расчета и проектирования строительных конструкций» — подкомитеты 1, 2 и 3.

На соответствие требованиям стандарта ИСО 19338 НИИЖБ им А.А. Гвоздева ведет в настоящее время работу по подготовке к представлению в ИСО ТК 71 российских норм обязательного применения СП 63.13330.2012 «СНиП 52.01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» на получение соответствующего подтверждения о соответствии российских норм международным требованиям. Указанный СП — это основной документ в отечественном строительстве, применение которого обеспечивает надежность всех возводимых в России железобетонных конструкций.

Подкомитет SC5 «Правила упрощенного расчета бетонных конструкций» одобрил подготовленный стандарт ИСО 18407 «Упрощенное проектирование железобетонных резервуаров для питьевой воды» и принял решение об утверждении этого стандарта. Принято решение совместно с SC7 пересмотреть стандарт 16711 «Оценка сейсмостойкости и усиление железобетонных конструкций» для исключения противоречий со стандартом SC5 ИСО 28841 «Упрощенная оценка сейсмостойкости и восстановления железобетонных зданий».

Подкомитет SC6 «Нетрадиционные армирующие материалы для бетонных конструкций» утвердил окончательный текст стандарта ИСО 21022 «Методы испытаний фиброцементных композитов». Также одобрено предложение о разработке стандартов в части технических требований и методов испытаний ленточной фиброполимерной арматуры. Было решено также продолжить работу с дополнительным привлечением экспертов по подготовке стандарта ИСО 22873 «Контроль качества фибробетонных смесей». Позитивно оценено предложение по разработке стандарта ИСО 23523 «Методы испытаний полимерной фибры для фиброармированных цементных композитов» в рамках новой рабочей группы.

Подкомитет SC7 «Техническое обслуживание и текущий ремонт бетонных конструкций» принял предложения по пересмотру стандарта ИСО 16711 «Оценка сейсмостойкости и восстановление железобетонных конструкций». Новые предложения связаны с необходимостью разработки стандарта по оценке состояния и методам ремонта железобетонных конструкций, поврежденных пожаром, и методам ремонта путем поверхностной пропитки железобетонных конструкций силикатными материалами. Заслушан технический доклад «Ремонт трещин с протечками в железобетонных конструкциях методом инъектирования». Также было принято решение о разработке двух новых стандартов ИСО: стандарта по применения гидроизолирующих мембран в подземных сооружениях и по оценке состояния стальной арматуры в бетоне. В разработке стандартов выразили намерение участвовать эксперты из России, США, Кореи, Японии, Бразилии и Швейцарии. Темы представляют особый интерес для наших экспертов — в настоящее время активно создается отечественная промышленная база ремонтных материалов.

Подкомитет SC8 «Экологический менеджмент бетона и бетонных конструкций» принял решение пересмотреть в обозримой перспективе базовый стандарт ISO 13315-1:2012 «Бетон и конструкции из бетона. Экологический менеджмент. Часть 1. Общие принципы», а также одобрить обновленный текст стандарта ISO/CD 13315-6 «Бетон и конструкции из бетона. Экологический менеджмент. Часть 6: Применение железобетонных конструкций» и представить его на голосование как окончательный вариант. Намечено создание двух новых рабочих групп по подготовке части 3 этого стандарта «Требования к составляющим материалам и производству бетона» и части 7 «Окончание срока службы и рециклинг бетонных конструкций».

В рамках этого подкомитета развивается один из самых современных трендов, который четко был обозначен на Пленарном заседании ИСО. Это общий международный тренд — экологическое и устойчивое развития («Concrete Sustainability»). Его общая концепция сводится к тому, что бетонное или железобетонное изделие изначально проектируется как продукт с заданными свойствами, заданным сроком эксплуатации, при этом в процессе эксплуатации происходит отслеживание на соответствие изделия его расчетным параметрам. При этом после срока эксплуатации происходит утилизация продукта с использованием его как вторичного материала (щебня с планируемыми свойствами). При этом производители хотят комплексно учитывать и минимизировать вредные воздействия на всех стадиях, начиная от производства цемента, выброса углекислого газа, наличие вредных примесей, просто загрязнение строительной площадки остатками бетона или слив грязной воды после мытья бетоновозов.

Для России экологический аспект, связанный с производством бетона, его маркировкой и утилизацией, является достаточно новым направлением, но очень интересным, насущным и востребованным. Концепция, поддерживаемая зарубежными экспертами, заключается в том, что вопросы учета негативного влияния индустрии железобетона на экологическую среду, начиная от производства цемента и заканчивая

утилизацией старых конструкций, могут и должны учитываться в инженерной практике. И экологические расчетные критерии должны стать точно такими же важными, как критерии безопасности и экономичности, оцениваемые при инженерных, сметных и технико-экономических расчетах. Вполне возможно, что в будущем экологические расчеты строительных конструкций станут точно таким же этапом проектирования, не ограничиваясь только проблемами утилизации отходов и рециклинга.

Работа сессии ИСО/ТК 71 вызвала большой интерес у российских специалистов по бетонам. Интерес для отечественных изготовителей строительных материалов представляет перспектива сертификации своей продукции на соответствие требованиям профильных стандартов ИСО, в том числе, например, добавок в бетон (стандарт ИСО 19595), композитной арматуры (стандарт ИСО 10406), смесей для ремонта железобетонных конструкций (стандарт ИСО 16774). Важен также учет положений стандарта ИСО 16204 «Долговечность. Оценка срока службы железобетонных конструкций» в отечественных нормах по защите железобетонных конструкций от коррозии.

Стандартизация через ИСО — это эффективный путь продвижения российской строительной продукции на зарубежный рынок. Хотя следует подчеркнуть, что многие международные стандарты, разработанные ИСО/ТК 71, имеют аналоги в российской системе стандартов — ГОСТ/ГОСТ Р. Некоторые из российских стандартов изложены более подробно и содержат конкретные нормативные требования, прежде всего — в части методов испытаний. Например, можно назвать ряд российских стандартов, которые могли бы послужить основой для разработки соответствующих стандартов ИСО, в том числе стандарты по методам испытаний ячеистых бетонов, по оценке сопротивления бетонов истираемости, методам определения морозостойкости, методам испытаний на выносимость и некоторые другие. Таким образом, имеется достаточно обширная область перспективного сотрудничества между российской системой стандартизации в лице ФАУ ФЦС и ведущего института НИИЖБ им А. А. Гвоздева с профильным техническим комитетом ИСО/ТК 71 «Бетон, железобетон и предварительно напряженный железобетон».

Итоги прошедшего заседания ТК71 в Москве

1. Подтверждена перспективная роль России и отечественной системы стандартизации в дальнейшем развитии международной системы стандартов индустрии бетона и железобетона.

2. Работа российских экспертов на международном уровне является востребованной и актуальной как с позиции гармонизации российской и международной нормативной базы, так и в отношении продвижения отечественных технологий на мировой рынок.

3. Участниками международной организации ИСО отмечена огромная работа российской стороны по подготовке и проведению московского заседания, способствовавшая развитию международного сотрудничества. От лица руководства Технического

комитета ИСО ТК71 и его участников была официально выражена благодарность ФАУ «ФЦС» и ведущему российскому институту в области бетона и железобетона НИИЖБ им А. А. Гвоздева — АО «НИЦ «Строительство». Было предложено дальнейшее сотрудничество в целях развития отечественной и международной нормативной базы.

Результаты выполнения принятых подкомитетами резолюций было намечено рассмотреть на следующей 25-й Пленарной сессии ИСО/ТК осенью 2019 года, которая будет проходить в США.



Авторы:

Алексей Николаевич ДАВИДЮК, д-р техн. наук, директор НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва.

Alexey DAVIDYUK, Doctor of Engineering, Director of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: niizhb@cstroy.ru

тел.: +7 (499) 174-77-24

Александр Евгеньевич НИКИТИН, канд. техн. наук, председатель российского зеркального комитета ИСО ТК71, старший научный сотрудник НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Alexander NIKITIN, Ph. D. in Engineering, Chairman of the Russian mirror Committee ISO TC 71, senior researcher of NIIZB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

Юрий Сергеевич ВОЛКОВ, канд. техн. наук, ученый секретарь НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Yuri VOLKOV, Ph. D. in Engineering, Scientific Secretary of NIIZB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: volkov@cstroy.ru

тел.: +7 (499) 174-76-77

Дмитрий Владимирович КУЗЕВАНОВ, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории железобетонных конструкций и контроля качества НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Dmitry KUZEVANOV, Ph. D. in Engineering, Senior Researcher of the Laboratory of Reinforced Concrete Structures and Quality Control of NIIZHB named after A. A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: sdn-2@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЦИКЛИНГОВОГО ЩЕБНЯ ДЛЯ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

RESEARCH OF THE MAIN PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF RECYCLED CRUSHED STONE FOR ITS USE AS A LARGE AGGREGATE IN THE PRODUCTION OF HEAVY CONCRETE FOR GENERAL CONSTRUCTION PURPOSES

Э. У. БЕППАЕВ, канд. техн. наук

С. А. ВЕРНИГОРА

С. А. КОЛОДЯЖНЫЙ

Приведены результаты исследования основных физико-механических характеристик рециклингового (вторичного) щебня, полученного при дроблении (утилизации) бетонных, железобетонных конструкций и изделий. Установлено, что рециклинговый (вторичный) щебень состоит преимущественно из зерен первичного гранитного щебня, поверхность которых в большей или меньшей

The results of the study of the basic physical and mechanical characteristics of recycled (secondary) crushed stone obtained by crushing (utilization) of concrete, reinforced concrete structures and products are given. It is established that the recycled (secondary) crushed stone consists mainly of the primary granite crushed stone, the surface of which is more or less covered with a mortar part and to a lesser extent with grains

степени покрыта растворной частью и в меньшей степени — зернами (более 5 мм) растворной части бетона. Рециклинговый (вторичный) щебень имеет более низкую по сравнению с гранитным (контрольным) щебнем прочность, морозостойкость, а также истинную и насыпную плотность. Кроме этого, рециклинговый (вторичный) щебень характеризуется более высокой пористостью и пустотностью, а также более высоким водопоглощением по сравнению с гранитным (контрольным) щебнем. Снижение прочности и морозостойкости рециклингового (вторичного) щебня связано с присутствием в его составе цементно-песчаного камня.

Ключевые слова:

Безотходность технологического процесса, продукты утилизации бетонных и железобетонных конструкций, рециклинг, рециклинговый (вторичный) щебень.

(more than 5 mm) of the mortar part of the concrete. Recycled (secondary) crushed stone has a lower strength and frost resistance, as well as true and bulk density compared to granite (control) crushed stone. In addition, recycled (secondary) rubble is characterized by higher porosity and voidness, as well as higher water absorption compared to granite (control) rubble. Reduction of strength and frost resistance of recycled (secondary) crushed stone is associated with the presence of cement-sand stone in its composition.

Key words:

Non-waste of technological process, products of utilization of concrete and reinforced concrete designs, recycling, recycling (secondary) crushed stone.

Одним из важнейших резервов экономии материальных и энергетических ресурсов в области строительной индустрии является повторное вовлечение рециклингового щебня (продукта утилизации бетонных, железобетонных конструкций и изделий) в сферу производства, в частности, для производства тяжёлых бетонов общестроительного назначения. Такое применение рециклингового щебня практически позволит обеспечить внедрение важнейшего принципа безотходности технологического процесса (при производстве сборных, монолитных бетонных, железобетонных конструкций и изделий) и создать условия для решения важных экономических и экологических задач.

В Российской Федерации ежегодный объём строительных отходов (в том числе — при утилизации бетонных, железобетонных конструкций и изделий), образующихся в результате ремонта, реконструкции и сноса зданий, составляет 12-14 млн т. При этом в ближайшие годы объём строительных отходов может увеличиться до 35-45 млн т. В частности, при сносе одного 5-этажного дома образуется около 15 тыс. т отходов.

Такие строительные отходы, как правило, перевозятся на специальные полигоны и мусорные свалки. За рубежом концепция использования вторичных ресурсов получила широкое распространение к середине 80-х годов прошлого века.

Указом Президента Российской Федерации № 176 от 19 апреля 2017 г. утверждена Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года [1].

Приоритетными направлениями в этом документе, в частности, определены:

- развитие системы эффективного обращения с отходами производства и потребления, создание индустрии утилизации, в том числе повторного применения таких отходов;
- стимулирование внедрения наилучших доступных технологий, создание удовлетворяющих современным экологическим требованиям и стандартам объектов, используемых для размещения, утилизации, переработки и обезвреживания отходов производства и потребления, а также увеличение объема повторного применения отходов производства и потребления за счет субсидирования и предоставления налоговых и тарифных льгот, других форм поддержки.

Следует подчеркнуть, что в Распоряжении Правительства Российской Федерации № 868-р от 10 мая 2016 г. «Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года» [2] отмечается низкий уровень вовлечения отходов производства и потребления в новое производство (п. 8).

Рециклинговый (вторичный) щебень — это материал (продукт), получаемый дроблением бетонных и железобетонных конструкций, а также других строительных материалов и изделий на основе цементных вяжущих с отделением включений арматуры и загрязняющих примесей. Рециклинговый (вторичный) щебень состоит преимущественно из зерен первичного щебня и растворной части бетона, агрегированных в единый конгломерат. Рециклинговый щебень, имеет более низкую стоимость, его использование позволяет сократить потребление наиболее качественного минерального сырья, а также уменьшить нагрузку на окружающую среду.

В странах Евросоюза уделяется значительное внимание проблеме отходов, образующихся в процессе производства, в том числе возникающих при утилизации бетонных, железобетонных конструкций и изделий. Концепция стран Евросоюза, нашедшая отражение в нескольких директивах, принятых в начале 90-х годов прошлого века, заключается в создании системы рециклинга и вторичного использования материалов. В этих странах ведется постоянная разработка и совершенствование технологических процессов, направленных на повторное включение материалов в производственный цикл после их первичного использования, а также существует практика государственного строительства центров рециклинга для коммерческого использования. Государственное регулирование предусматривает высокую стоимость захоронения отходов на свалках и введение специальных налоговых ставок для производителей, не применяющих в производстве вторичные ресурсы. Во многих странах Европы при приёме отходов на полигоны требуют официальных доказательств того, что их невозможно переработать. Складирование строительных отходов на свалках обходится довольно дорого, и их дешевле перерабатывать, чем вывозить. Поэтому застройщикам выгоднее тратить средства, время и усилия на переработку и утилизацию строительных отходов, чем вывозить их на свалку.

Европейский союз и национальные политики большинства европейских стран поощряют местные органы власти к сведению до минимума производства отходов строительства и сноса и к поиску путей создания альтернативной замены природным ресурсам. С целью сохранения окружающей среды в некоторых странах приняты законы, обязывающие рециклирование всех строительных отходов, в том числе бетона, реутилизация которого позволила бы уменьшить стоимость строительства и сохранить в первозданном виде ландшафт окружающей среды. Следует отметить, что в Великобритании, в частности, с целью сохранения природных ресурсов и стимулирования рециклинга введён налог на применение каждой тонны природного заполнителя (первичного сырья) в размере 1,6 фунтов стерлингов. Большое значение на применение рециклинговых заполнителей для производства бетона придается и в Германии, которая является первой страной, создавшей свои национальные рекомендации о рециклинговом бетоне.

В США большое значение в стимулировании организации производства вторичного сырья из отходов имеет государственное регулирование как на уровне государства, так и на уровне отдельно взятого штата. В США действует принятый в 1976 г. закон о борьбе с твердыми отходами (в том числе — из бетона и железобетона), приоритетным направлением которого является производство вторичных кондиционных материалов (продуктов) из отходов. Использование вторичного сырья поощряется на государственном уровне, запрещено захоронение отходов, произведенных на территории другого штата. Стоимость переработки отходов во вторичное сырье значительно ниже, чем стоимость их утилизации, что является важным экономическим стимулом для создания новых технологий, позволяющих наладить безотходное производство. В США проводятся рыночные исследования, направленные на выявление и устранение технологических и экономических барьеров использованию вторичного сырья в процессе производства. К примеру, в результате подобного исследования ликвидированы высокие тарифные ставки на транспортировку вторичного сырья.

В Японии особое внимание уделяется вопросам использования вторичного сырья. Высокие темпы развития промышленного производства, в том числе бетонных и железобетонных конструкций и изделий, привели к проблеме чрезвычайно высокого уровня загрязнения окружающей среды на рубеже 60-х годов прошлого века. Кроме того, в связи с массовым захоронением отходов большие земельные территории становились непригодными для хозяйственной деятельности и для жизни. В 1967 г. принят «Основной закон об охране окружающей среды», к которому затем был принят ряд поправок. Основной концепцией закона является возложение обязанностей на переработку отходов на предприятия — производители отходов. Передача обязанностей по переработке отходов специализированному предприятию имеет второстепенное значение. Государство использует административные, финансовые и законодательные меры для стимулирования производителей к использованию вторичного сырья. Уста-

новлены определенные стандарты переработки промышленных отходов. В Японии создана определенная система в сфере переработки отходов, финансируемая государством. Основными направлениями рециклинга в Японии являются утилизация отходов в качестве сырья для изготовления исходного продукта, использование отходов для получения какой-либо товарной продукции, применение отходов для рециклингового бетона и железобетона, для строительства дамб, дорог и насыпных территорий и т.п. Активное внедрение в Японии системы рециклинга позволило создать новые рабочие места, появившиеся в результате расширения производства, снизить себестоимость производимой продукции, уменьшить расход первичных материальных и энергетических ресурсов.

Для Российской Федерации использование вторичных ресурсов и внедрение системы рециклинга в производственный процесс является относительно новым, перспективным направлением. В настоящее время переработка вторичных ресурсов не выделена в обособленный объект государственного регулирования — Федеральный закон № 89-ФЗ от 24 июня 1998 года «Об отходах производства и потребления» с изменениями, внесенными Федеральным законом от 28 июля 2012 г. № 128-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» [3], не рассматривает отходы как вторичные материальные ресурсы. Платежи за размещение отходов значительно ниже затрат, необходимых на совершенствование технологий. Необходимо повышение платежей за загрязнение окружающей среды и стоимости использования природных ресурсов, что позволит переориентировать предприятия на отказ от использования понятия «отходы» и на внедрение в производство систем рециклинга.

Таким образом, в соответствии с системой обращения с отходами (одобренной ведущими развитыми странами мира) действует следующая приоритетность мероприятий в области переработки отходов: снижение количества образуемых отходов, а также их вторичное использование и переработка. При этом в развитых странах мира принята четкая иерархия методов обращения с отходами, при которой наиболее предпочтительным путем утилизации отходов является их рециклинг, т.е. процесс переработки и возвращения отходов в повторный оборот в качестве кондиционного товара.

Зарубежный и отечественный опыт показывает, что:

- в процессе утилизации бетонных, железобетонных конструкций и изделий можно получить рециклинговый (вторичный) щебень, пригодный для применения в качестве крупного заполнителя при производстве тяжелых бетонов общестроительного назначения;
- рециклинговый (вторичный) щебень представляет собой ценный ресурс для производства бетонных и железобетонных конструкций. Его использование для замены природных заполнителей в бетоне может принести значительные экономические, энергетические и экологические преимущества.

С целью выявления возможности использования рециклингового (вторичного) щебня в качестве крупного заполнителя для производства тяжелых бетонов общестроительного назначения в Лаборатории №9 НИИЖБ им. А. А. Гвоздева проведены комплексные экспериментальные исследования по определению основных физико-механических характеристик рециклингового щебня. В процессе выполнения указанной работы проводился сравнительный анализ нормируемых показателей рециклингового и контрольного гранитного щебня.

При проведении работ применялся рециклинговый (вторичный) щебень, выпускаемый ООО «РЕГРАД», а в качестве контрольного — гранитный щебень фракций 5-20 мм производства ООО «Вяземский щебеночный завод».

Общий вид рециклингового (вторичного) и гранитного щебня приведен на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Общий вид рециклингового (вторичного) щебня



Рис. 2. Общий вид гранитного щебня

Рециклинговый (вторичный) щебень состоял преимущественно из зерен первичного гранитного щебня, поверхность которых в большей или меньшей степени была покрыта растворной частью и в меньшей степени — зернами (более 5 мм) растворной части бетона. Количество засоряющих примесей неорганического происхождения (керамика, стекло, кирпичный бой и т. п.) и органического происхождения (линолеум, древесина, рубероид, картон, теплоизоляционные материалы) в рециклинговом щебне не превышало 1% по массе.

Определение основных нормируемых параметров рециклингового (вторичного), а также гранитного (контрольного) щебня проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленно-

го производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний».

Результаты определения основных физико-механических характеристик рециклингового (вторичного) и гранитного щебня приведены в табл. 1-21.

Сравнение основных физико-механических характеристик рециклингового (вторичного) и гранитного щебня приведено в табл. 22.

Таблица 1

Результаты определения зернового состава рециклингового (вторичного) щебня

Диаметр отверстия контрольного сита, мм	Остатки на ситах, г			Частные остатки, %	Полные остатки, %	Соответствие ГОСТ 8267-93
	1-е исп.	2-е исп.	Средние значения			
25	-	-	-	-	-	Соответствует
20	42	50	46	0,46	0,46	
12,5	3220	2946	3083	30,83	31,29	
10	3734	3781	3758	37,58	68,87	
5	2862	3108	2985	29,85	98,72	
2,5	10	30	20	0,2	98,92	
поддон	132	85	108	1,08	100	

Таблица 2

Результаты определения зернового состава гранитного (контрольного) щебня

Диаметр отверстия контрольного сита, мм	Остатки на ситах, г			Частные остатки, %	Полные остатки, %	Соответствие ГОСТ 8267-93
	1-е исп.	2-е исп.	Средние значения			
25	50	48	49	0,49	0,49	Соответствует
20	998	864	931	9,31	9,8	
12,5	4888	4890	4889	48,89	58,69	
10	2062	2133	2098	20,98	79,67	
5	1842	1860	1851	18,51	98,18	
2,5	86	95	90	0,90	99,08	
поддон	74	110	92	0,92	100	

Таблица 3

**Результаты определения прочности (дробимости)
рециклингового (вторичного) щебня**

Фракция щебня	Измеряемый показатель, единица измерения		Результаты испытаний			
			Частный остаток, г	Частный остаток, %	Полный остаток, %	Соответствие марке
5-20	Зерновой состав: полный остаток на сите, % по массе	20 мм	1600	59,3	59,3	600
		10 мм	839	31,1	40,4	
		5 мм	252	9,3	9,6	
		<5 мм	9	0,3	100	
	Дробимость, % потерь по массе	18,8				
5-20	Зерновой состав: полный остаток на сите, % по массе	20 мм	1545	57,2	57,2	600
		10 мм	894	33,1	42,7	
		5 мм	249	9,2	9,6	
		<5 мм	12	0,4	100	
	Дробимость, % потерь по массе	18,9				

Таблица 4

Результаты определения прочности гранитного (контрольного) щебня

Фракция щебня	Остаток на контрольном сите 2,5 мм, %	Дробимость, %	Марка по дробимости
5-20	96,2	3,76	1400
5-20	95,4	4,5	1400

Таблица 5

Результаты определения содержания пылевидных и глинистых частиц в рециклинговом (вторичном) щебне

Номер пробы	Фракция, мм	Марка по дробимости	Первоначальная масса пробы, г	Масса пробы после отмучивания, г	Содержание в щебне пылевидных и глинистых частиц, %	Соответствие ГОСТ 8267-93
1	5-10	600	5500	5495	0,1	Соответствует
2	10-20	600	5500	5493	0,12	Соответствует

Таблица 6

**Результаты определения содержания пылевидных и глинистых частиц
в гранитном (контрольном) щебне**

<i>Номер пробы</i>	<i>Фракция, мм</i>	<i>Марка по дробимости</i>	<i>Первоначальная масса пробы, г;</i>	<i>Масса пробы после отмучивания, г.</i>	<i>Содержание в щебне пылевидных и глинистых частиц, %</i>	<i>Соответствие ГОСТ 8267-93</i>
1	5-10	1400	5500	5467	0,6	Соответствует
2	10-20	1400	5500	5461	0,7	Соответствует

Таблица 7

**Результаты определения содержания зерен пластинчатой (лещадной)
и игловатой форм в рециклинговом (вторичном) щебне**

<i>Номер пробы</i>	<i>Фракция, мм</i>	<i>Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, %</i>	<i>Группа щебня по ГОСТ 8267-93</i>
1	5-10	8,0	1
2	5-10	7,7	1
3	10-20	4,9	1
4	10-20	6,1	1

Таблица 8

**Результаты определения содержания зерен пластинчатой (лещадной)
и игловатой форм в гранитном (контрольном) щебне**

<i>Номер пробы</i>	<i>Фракция, мм</i>	<i>Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, %</i>	<i>Группа щебня по ГОСТ 8267-93</i>
1	5-10	7,0	1
2	5-10	7,9	1
3	10-20	6,9	1
4	10-20	8,1	1

Таблица 9

Результаты определения морозостойкости рециклингового (вторичного) щебня

Фракция щебня, мм	Номер пробы	Начальная масса проб, г	Масса проб после испытаний, г				Марка по морозостойкости
			3 цикла	5 циклов	10 циклов	15 циклов	
5-10	1	1000	972 2,8%	955 4,5%	832 16,8%	-	F25
	2	1000	975 2,5%	960 3,5%	923 7,7%	-	F50
10-20	3	1500	1460 2,7%	1445 3,7%	1353 9,8%	-	F50
	4	1500	1465 2,3%	1440 4%	1293 13,8%	-	F25

Таблица 10

Результаты определения морозостойкости гранитного (контрольного) щебня

Фракция щебня, мм	Номер пробы	Начальная масса проб, г	Масса проб после испытаний, г				Марка по морозостойкости
			3 цикла	5 циклов	10 циклов	15 циклов	
10-20	1	1500	1485 1%	1475 1,7%	1468 2,1%	1453 3,2%	св. F150
	2	1500	1480 1,3%	1470 2%	1465 2,3%	1459 2,8%	св. F150

Таблица 11

Результаты определения минералого-петрографического состава рециклингового щебня с удалённой растворной частью

Номер пробы	Фракция, мм	Генетический тип щебня	Наименование щебня	Содержание вредных компонентов и примесей (Приложение А, ГОСТ 8267-93)	Соответствие ГОСТ 8267-93
1	5-10	изверженный, интрузивный	гранит	не обнаружено	Соответствует
2	10-20	изверженный, интрузивный	гранит	не обнаружено	Соответствует

Таблица 12

**Результаты определения наличия вредных органических примесей
в рециклинговом (вторичном) щебне**

<i>Номер пробы</i>	<i>Фракция, мм</i>	<i>Марка по дробимости</i>	<i>Цвет жидкости над пробой щебня</i>	<i>Содержание вредных компонентов и примесей по Приложение А, ГОСТ 8267-93</i>	<i>Соответствие ГОСТ 8267-93</i>
1	5-10	600	бесцветная	не обнаружено	Соответствует
2	10-20	600	бесцветная	не обнаружено	Соответствует

Таблица 13

**Результаты определения наличия вредных органических
примесей в гранитном (контрольном) щебне**

<i>Номер пробы</i>	<i>Фракция, мм</i>	<i>Марка по дробимости</i>	<i>Цвет жидкости над пробой щебня</i>	<i>Содержание вредных компонентов и примесей по Приложение А, ГОСТ 8267-93</i>	<i>Соответствие ГОСТ 8267-93</i>
1	5-10	1400	бесцветная	не обнаружено	Соответствует
2	10-20	1400	бесцветная	не обнаружено	Соответствует

Таблица 14

**Результаты определения истинной плотности
рециклингового (вторичного) щебня**

<i>№ п. п.</i>	<i>Рециклинговый щебень фракций, мм</i>	<i>Масса высушенной навески порошка, г.</i>	<i>Масса остатка, г.</i>	<i>Объем воды, вытесненной порошком, см³</i>	<i>Истинная плотность пробы, кг/м³</i>	<i>Среднее значение истинной плотности щебня, кг/м³</i>
1	5-10	50	0	18,5	2702	2688
	5-10	50	0	18,7	2674	
2	10-20	50	0	18,6	2688	2681
	10-20	50	0	18,7	2674	

Таблица 15

**Результаты определения истинной плотности
гранитного (контрольного) щебня**

№ п. п.	Гранитный щебень фракций, мм	Масса высушенной навески порошка, г.	Масса остатка, г.	Объем воды, вытесненной порошком, см ³	Истинная плотность пробы, кг/м ³	Среднее значение истинной плотности щебня, кг/м ³
1	5-10	50	0	18,4	2717	2714
	5-10	50	0	18,45	2710	
2	10-20	50	0	18,38	2720	2723
	10-20	50	0	18,35	2725	

Таблица 16

**Результаты определения средней, насыпной плотности
рециклингового (вторичного) щебня, фракции 5-20 мм**

№ п. п.	Рециклинговый щебень фракций, мм	Объем пробы, м ³	Масса цилиндра, кг	Масса пробы, кг	Насыпная плотность пробы, кг/м ³	Среднее значение насыпной плотности щебня, кг/м ³
1	5-20	0,005	2,095	6,05	1210	1215
		0,005		6,10	1220	
2	5-20	0,005	2,095	6,15	1230	1223
		0,005		6,08	1216	

Таблица 17

**Результаты определения средней, насыпной плотности
гранитного (контрольного) щебня**

№ п. п.	Гранитный щебень фракций, мм	Объем пробы, м ³	Масса цилиндра, кг	Масса пробы, кг	Насыпная плотность пробы, кг/м ³	Среднее значение насыпной плотности щебня, кг/м ³
1	5-20	0,005	2,095	6,68	1336	1343
		0,005		6,75	1350	
2	5-20	0,005	2,095	6,65	1330	1345
		0,005		6,80	1360	

Таблица 18

**Результаты определения пористости и пустотности
рециклингового (вторичного) щебня**

Номер пробы	Фракция, мм	Средняя плотность щебня, кг/м ³	Истинная плотность щебня, кг/м ³	Насыпная плотность щебня, кг/м ³	Пористость щебня, %	Пустотность щебня, %
1	5-10	2498	2688	1215	7,1	51,4
2	10-20	2494	2681	1223	6,9	50,9

Таблица 19

**Результаты определения пористости
и пустотности гранитного (контрольного) щебня**

Номер пробы	Фракция, мм	Средняя плотность щебня, кг/м ³	Истинная плотность щебня, кг/м ³	Насыпная плотность щебня, кг/м ³	Пористость щебня, %	Пустотность щебня, %
1	5-10	2570	2714	1343	5,3	47,7
2	10-20	2555	2723	1345	6,1	47,4

Таблица 20

**Результаты определения водопоглощения
рециклингового (вторичного) щебня**

Фракция щебня	Масса пробы в сухом состоянии, г	Масса пробы в насыщенном водой состоянии	Водопоглощение, %
5-20	1500	1595	6,33
5-20	1500	1588	5,87
5-20	1500	1597	6,47

Таблица 21

Результаты определения водопоглощения гранитного (контрольного) щебня

Фракция щебня	Масса пробы в сухом состоянии, г	Масса пробы в насыщенном водой состоянии	Водопоглощение, %
5-20	1500	1509	0,6
5-20	1500	1508	0,53
5-20	1500	1509	0,6

Таблица 22

**Сравнение характеристик рециклингового (вторичного)
и гранитного (контрольного) щебня**

№ п. п.	Характеристика	Результаты испытаний	
		Рециклинговый (вторичный) щебень	Гранитный щебень
1	Содержание пылевидных и глинистых частиц щебня фракции 5-20, %	0,11	0,65
2	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм щебня фракции 5-20, %	6,7	7,5
3	Прочность (дробимость) щебня фракции 5-20, %	18,9% (марка 600)	4,1% (марка 1400)
4	Морозостойкость щебня фракции 5-20	F25-F50	>F150
5	Минералого-петрографический состав щебня с удалённой растворной частью	Гранит. Вредные компоненты и примеси по Приложению А ГОСТ 8267-93 отсутствуют	Гранит. Вредные компоненты и примеси по Приложению А ГОСТ 8267-93 отсутствуют
6	Наличие вредных органических примесей щебня фракции 5-20	Не обнаружено	Не обнаружено
7	Истинная плотность щебня фракции 5-20, кг/м ³	2685	2718
8	Пористость и пустотность щебня фракции 5-20, %	51,1	47,5
9	Средняя насыпная плотность щебня фракции 5-20, кг/м ³	1219	1344
10	Водопоглощение щебня фракции 5-20, %	6,22	0,57

Анализ полученных результатов показывает, что рециклинговый (вторичный) щебень имеет более низкую прочность и морозостойкость, а также истинную и насыпную плотность по сравнению с гранитным (контрольным) щебнем. Кроме этого, рециклинговый (вторичный) щебень характеризуется более высокой пористостью и пустотностью, а также более высоким водопоглощением по сравнению с гранитным (контрольным) щебнем. Снижение прочности и морозостойкости рециклингового (вторичного) щебня связано с присутствием в его составе цементно-песчаного камня.

В целом рециклинговый (вторичный) щебень по основным нормируемым показателям соответствует требованиям ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия (с Изменениями N 1-4)» и пригоден для изготовления тяжелых бетонов общестроительного назначения.

Библиографический список

1. Указ Президента Российской Федерации № 176 от 19 апреля 2017 г. «Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».

2. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 868-р от 10 мая 2016 г. «Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года».

3. Федеральный закон № 89-ФЗ от 24 июня 1998 года «Об отходах производства и потребления» с изменениями, внесенными Федеральным законом от 28 июля 2012 г. № 128-ФЗ.

Авторы:

Замир Узаирович БЕППАЕВ, канд. техн. наук, заведующий лабораторией обследования и обеспечения долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Zamir BEPPAEV, Ph. D. in Engineering, Head of the Laboratory of the survey and ensure durability of concrete and concrete structures of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: beton61@mail.ru

Сергей Анатольевич ВЕРНИГОРА, младший научный сотрудник лаборатории обследования и обеспечения долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Sergey VERNIGORA, junior researcher of the Laboratory of the survey and ensure durability of concrete and concrete structures of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: nk1956@yandex.ru

Сергей Алексеевич КОЛОДЯЖНЫЙ, старший инженер лаборатории обследования и обеспечения долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Sergey KOLODYAZHNIY, researcher of the Laboratory of the survey and ensure durability of concrete and concrete structures of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: beton61@mail.ru

НОРМИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ БЕТОНОВ ПЛОТНОСТЬЮ D300 – D700 НА СТЕКЛОВИДНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ И ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНА КЛАССА В3,5 С УЧЕТОМ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ БЕТОНА И АРМАТУРЫ

NORMALIZED PARAMETERS OF CONCRETE WITH D300 – D700 DENSITY ON GLOSSY FILLERS AND ESTIMATION OF CARRYING FORCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES FROM CONCRETE OF CLASS B3.5 WITH REGARD TO JOINT WORK OF CONCRETE AND ARMATURE

А. Н. ДАВИДЮК, д-р техн. наук

В. И. САВИН, канд. техн. наук

Т. А. КУЗЬМИЧ, канд. техн. наук

В. Н. СТРОЦКИЙ, канд. техн. наук

На основании анализа результатов исследований по теме и ранее выполненных исследований в НИИЖБе, отечественного и зарубежного опыта в статье даны рекомендации по нормированию, прочностных, деформативных и теплофизических свойств низкотеплопроводных бетонов плотностью D300 – D700 на стекловидных заполнителях.

Based on the analysis of the results of research on the subject and previous studies in NIIZHB, domestic and foreign experience, the article gives recommendations on the normalization, strength, deformation and thermophysical properties of low-conductive concretes of D300 – D700 density on glossy aggregates.

The results of tests of structural elements (beams and columns) from

Приведены результаты испытаний конструктивных элементов (балок и колонн) из легкого бетона на гранулированном пеностекле. Подтверждена возможность применения легкого бетона на стекловидном пористом заполнителе в изгибаемых и сжатых элементах конструкций.

Рекомендована область применения бетонов плотностью D300 – D700 на стекловидных заполнителях в строительстве.

Ключевые слова:

Деформативные свойства, долговечность, легкий бетон, механическая прочность, морозостойкость, несущая способность, расчет, стекловидный пористый заполнитель, теплофизические характеристики

lightweight concrete on granular foam glass are given. The possibility of using lightweight concrete on a glossy porous filler in bent and compressed structural elements has been confirmed.

Area of application of D300 – D700 concrete density on glossy aggregates in construction is recommended.

Key words:

Calculation, deformative properties, durability, frost resistance, glassy porous filler, light concrete, load-bearing capacity mechanical strength, thermophysical characteristics

В 60-70-х годах XX века в СССР была создана промышленность строительных материалов по производству искусственных пористых заполнителей на минеральном сырье (керамзитовый и шунгизитовый гравий, щебень из шлаков, аглопорит, перлит и другие виды пористых заполнителей). Наиболее широко в строительстве использовался искусственный пористый заполнитель из глин (керамзитовый гравий). Минеральные пористые заполнители послужили основой для развития крупнопанельного домостроения, позволившего в свое время решить ряд важнейших задач строительства: быстрое возведение жилых, общественных и промышленных зданий, снижение трудозатрат и стоимости, повышение механизации строительно-монтажных работ. В стране в короткие сроки была снята напряженность по жилищному вопросу.

Этот положительный опыт решения жилищной проблемы целесообразно использовать в современных условиях.

Ошибкой в строительном техническом регулировании было резкое повышение требований к тепловой защите зданий, предусмотренных СП 50.13330.2012 [13]. В результате был нанесен большой ущерб промышленности производства пористых заполнителей, в частности, производству керамзитового гравия и керамзитобетонных конструкций из него.

Для обеспечения потребности страны в теплоэнергоэффективных экологически чистых, пожаробезопасных пористых заполнителях и низкотеплопроводных легких бетонах на их основе необходимо совершенствовать технологию производства пористых заполнителей и бетонов на их основе.

В последние годы в НИИЖБе разработаны эффективные заполнители с аморфизированной структурой — стеклогрануляты (СГ), такие как вспученный туфоаргилли-

товый гравий (ВТГ), пеностеклогрануляты на основе перлитового сырья (ПГС), вспученный витрозитовый гравий (ВВГ) и другие [2-10], применение которых открывает большие возможности для создания низкотеплопроводных легких бетонов. В связи с этим остро стоит проблема определения нормируемых параметров низкотеплопроводных бетонов плотностью D300 — D700 на стекловидных заполнителях для внесения изменений в СП 63.13330.2012 [14] с целью расчета и проектирования ограждающих и несущих конструкций из таких бетонов.

Для определения нормируемых параметров низкотеплопроводных бетонов плотностью D300 — D700 на стекловидных заполнителях и проведения опытно-конструкторских работ в НИИЖБе на основе аналитического анализа научно-технической литературы, патентных источников, отечественного и зарубежного опыта изготовления и применения стекловидных пористых заполнителей в бетонах авторами статьи был выбран наиболее эффективный пористый заполнитель с повышенным содержанием стеклофазы насыпной плотностью M150 — M300 фирмы «Баугран» (г. Тула), на основе которого были разработаны легкие бетоны плотностью D300 — D700 классов по прочности на сжатие B1,5 — B3,5 плотной и поризованной структур, исследованы их физико-механические, деформативные и теплофизические свойства, необходимые для расчета и проектирования одно- и многослойных теплоэнергоэффективных ограждающих конструкций.

В соответствии с программой экспериментальных исследований к договору № 143/2017 от 04.04.2017 г., согласованной с ФАУ ФЦС, по методикам действующих стандартов были определены прочностные, деформативные, теплофизические характеристики бетонов плотной и поризованной структур плотностью D300 — D700:

- кубиковая и призмная прочность, МПа;
- прочность при осевом растяжении и изгибе, МПа;
- плотность, кг/м³;
- водопоглощение, % по массе и объему;
- модуль упругости при сжатии и растяжении, МПа;
- коэффициент Пуассона;
- предельная сжимаемость и растяжимость, мм/м;
- теплопроводность в сухом и во влажном состоянии, Вт/(м·К);
- сорбционная влажность, %;
- паропроницаемость, мг/(м·ч·Па),

а также исследована реакционная способность стекловидных пористых заполнителей по отношению к щелочам цемента. Оценена несущая способность железобетонных элементов из бетонов на стекловидных заполнителях с учетом их совместной работы со стальной арматурой.

На основе результатов исследований и обобщения ранее полученных в НИИЖБе величин прочностных и деформативных характеристик легких бетонов на стекловидных заполнителях плотностью D300 — D700 классов по прочности на сжатие B1,5 — B3,5

предлагается включить в СП «Бетонные и железобетонные конструкции из легких бетонов. Правила проектирования» данные, приведенные далее, а именно, в ввести легкие бетоны марок по плотности D300 — D700 классов по прочности на сжатие B1,5 — B3,5, Соответственно, принимать нормативные и расчетные значения сопротивления бетона осевому сжатию (призменная прочность) и осевому растяжению по табл. 1.

Таблица 1

Нормативные и расчетные характеристики легких бетонов на стекловидном заполнителе

Структура бетона	Вид сопротивления	Нормативные сопротивления бетона R_{bt} , R_{btp} и расчетные сопротивления бетона для предельных сопротивлений второй группы R_b при классе бетона по прочности на сжатие			Расчетные сопротивления бетона для предельных состояний первой группы R_{bt} , R_{bt} при классе бетона по прочности на сжатие		
		B1,5	B2,5	B3,5	B1,5	B2,5	B3,5
Плотная	Сжатие осевое (призменная прочность)	1,2	2,0	2,8	0,9	1,5	2,7
Поризованная		1,3	2,2	3,1	1,0	1,7	2,4
Плотная	Растяжение осевое	-	0,2	0,27	-	0,14	0,18

При этом переход от среднеопытных значений к нормативным осуществлять с коэффициентом вариации 0,135, а к расчетам — с коэффициентом надежности $\gamma_{bc} = 1,3$ на сжатие.

Кроме того, ввести значения начального модуля упругости легких бетонов плотностью D300 — D700 классов по прочности на сжатие B1,5 — B3,5. Данные приведены в табл. 2.

В соответствии с ГОСТ 11024 для ограждающих конструкций из легких бетонов максимальная марка по морозостойкости установлена F50.

На основе литературных данных и результатов исследований, выполненных в НИИЖБе, включая исследования по данной теме, предлагается включить в приложение Т в СП 50.13330.2012 расчетные теплотехнические показатели легких бетонов на гранулированном пеностекле плотностью D300 — D800 плотной и поризованной структуры в соответствии с табл. 3.

Таблица 2

Начальные модули упругости легких бетонов на ГПС плотной структуры

Марка бетона по средней плотности	Начальный модуль упругости бетона E_0 при классе бетона по прочности на сжатие*		
	B1,5	B2,5	B3,5
D400	1800	2000	-
D500	2200	2500	-
D600	-	3000	3400
D700	-	3500	3900

* Для поризованных легких бетонов начальные модули упругости принимаются с понижающим коэффициентом 0,85.

Таблица 3

Расчетные теплотехнические показатели легких бетонов на гранулированном пеностекле плотностью D300 — D800 плотной и поризованной структуры

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условии эксплуатации конструкций А и Б				
	Плотность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоемкость C_0 , кДж/(кг·°С)	Теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°С)	Влажность ω , % по массе		Теплопроводность λ , Вт/(м·°С)		Паропроницаемость, μ_r , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	
Бетон на крупном и мелком ГПС	800	0,84	0,205	5	10	0,225	0,245	0,097
	700	0,84	0,185	5	10	0,205	0,225	0,096
	600	0,84	0,162	5	10	0,180	0,200	0,083
	500	0,84	0,140	5	10	0,160	0,180	0,076
	400	0,84	0,125	5	10	0,145	0,165	0,073

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условии эксплуатации конструкций А и Б				
	Плотность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоемкость C_0 , кДж/(кг·°С)	Теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°С)	Влажность ω , % по массе		Теплопроводность λ_r , Вт/(м·°С)		Паропроницаемость, μ_r , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	
Бетон на ГПС поризованной структуры (без песка)	800	0,84	0,140	4	7	0,150	0,160	0,145
	700	0,84	0,125	4	7	0,135	0,145	0,147
	600	0,84	0,115	4	7	0,125	0,135	0,143
	500	0,84	0,105	4	7	0,115	0,125	0,118
	400	0,84	0,095	4	7	0,105	0,115	0,115
	300	0,84	0,085	4	7	0,095	0,105	0,110

Далее приведены результаты оценки несущей способности железобетонных элементов из бетонов на ГПС с учетом их совместной работы с арматурой. Исследования вели на балочных образцах путем их испытания на сжатие и изгиб.

Размеры балок были приняты равными 50×25×330 см при расчетном пролете 3,0 м. Продольную растянутую арматуру заводили за грань опоры на 15 см для обеспечения ее надежной анкеровки в опорных зонах. Размеры балок приняты конструктивно близкими к реальным стеновым панелям.

Опытные балки были изготовлены из бетона на ГПС прочностью 3,4 МПа, так как они являются наиболее распространенными для стеновых панелей, работающих на изгиб. Поскольку в стеновых панелях используется рабочая арматура из стали класса А400 диаметрами от 6 до 12 мм, в качестве рабочей арматуры балок принята арматура того же класса диаметром 6 и 12 мм. Балки имели двойное симметричное армирование, как это принято в стеновых панелях.

Поперечную арматуру балок устанавливали только на приопорных участках в зонах действия поперечных сил на длине 90 см с шагом 100 мм. Количество поперечной арматуры определено расчетом по прочности наклонных сечений и конструктивными требованиями в соответствии с нормами СП 63.13330. В балке с рабочей арматурой диаметром 6 мм поперечную арматуру устанавливали из стали класса В500 (Вр-I) диаметром 4 мм, а в балке с 12-миллиметровой рабочей арматурой – из стали класса А240 диаметром 6 мм. Конструкция и армирование балок приведены на рис. 1. Были изготовлены и испытаны две балки, обозначенные марками Ббс – балка с арматурой диаметром 6 мм и Б12с – балка с арматурой 12 мм.

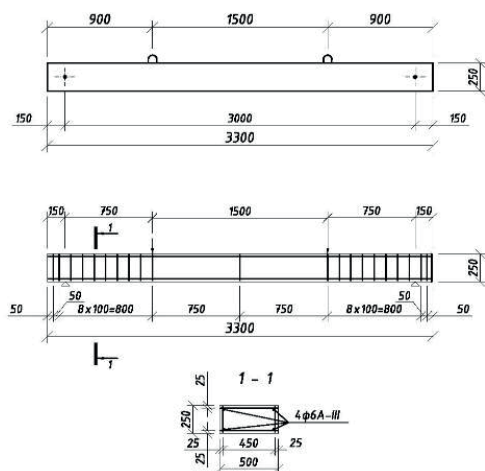


Рис. 1. Конструкция и армирование балок

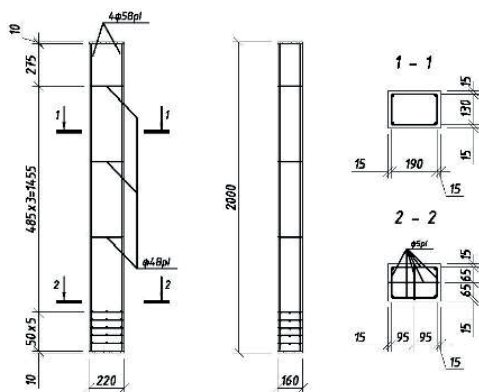


Рис. 3. Конструкция и армирование образцов К-2-1 и К-2-2

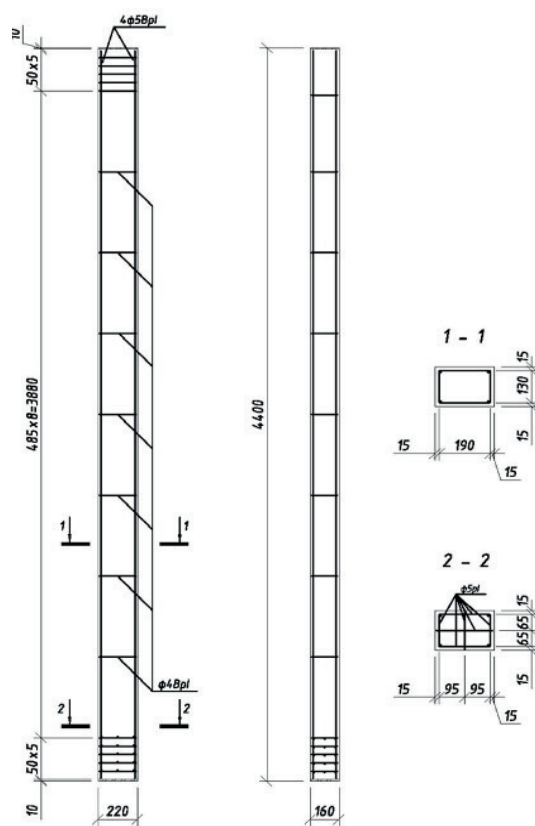


Рис. 2. Конструкция и армирование образцов К-1 и К-2

Принимая процент армирования колонн близким к проценту армирования реальных простенков, продольное армирование их выполнено из четырех стержней диаметром 4 мм из стали класса В500 (Вр-1), объединенных в пространственный каркас поперечными стержнями из той же арматуры, с шагом 50 мм у торцов колонн и 450 мм по всей их высоте.

Конструкция и армирование колонн приведены на рис. 2 и 3. Были изготовлены и испытаны два типа образцов, обозначенных марками К-1 и К-2 при внецентренном сжатии со случайным эксцентриситетом 2 см. Прочностные и деформативные свойства бетона колонн определяли по контрольным образцам.

Механические свойства арматурной стали определяли до изготовления арматурных каркасов. Для этого от рабочих стержней всех диаметров были отобраны образцы для испытания в соответствии с ГОСТ 12004.

Изготовление балок и колонн включало следующие этапы:

- изготовление арматурных каркасов;
- подготовка форм к бетонированию и установка в них каркасов;
- приготовление бетонной смеси и её укладка в формы;
- уход за бетоном и хранение образцов.

Арматурные пространственные каркасы собирали из плоских каркасов путем приварки распределительной арматуры. Плоские каркасы были изготовлены на шаблонах. Все сварные соединения выполнялись на одноэлектродной сварочной машине.

Для изготовления опытных образцов применяли металлические формы с откидными бортами. Образцы изготавливали в горизонтальном положении.

После укладки в формы арматурных каркасов устанавливали строповочные петли, за которые балки поднимали и вывешивали при испытании. Петли изготавливали из арматуры класса А-I диаметром 6 мм. Строповочные петли располагались таким образом, чтобы предотвратить образование трещин в элементах при распалубке и транспортировке.

Готовая бетонная смесь укладывалась в формы с последующим уплотнением на виброплощадке. Составляющие бетонной смеси дозировали вручную для достижения требуемой точности дозировки 1%. Продолжительность перемешивания смеси, считая с момента загрузки материалов в смесительный агрегат, принималась равной 5 мин.

После распалубки элементы и контрольные образцы к ним хранили в закрытом отапливаемом помещении вплоть до момента испытания.

Конструкция стенда для балочных элементов запроектирована таким образом, чтобы обеспечить вывешивание балок до начала их испытания в связи со значительным собственным весом балок, составляющих значительную часть нагрузки при трещинообразовании. Вывешивание балок осуществлялось за строповочные петли в четвертях пролета, а для подвески использовались укрепленные на опорных столиках балки из швеллеров с блоками и штучные грузы. В вывешенном состоянии изгибающие моменты в средней части пролета балок были близки нулю (рис. 4, б). Схема подвески балок приведена на рис. 4, а.

После приложения нагрузки от собственного веса балки загружали до разрушения с помощью гидродомкрата, подсоединенного к насосной станции с ручным приводом с использованием силовой рамы, укрепленной в силовом полу. Нагрузку от домкрата передавали через распределительную траверсу, опирающуюся на балку в двух сечениях в четвертях пролета через шарнирно-подвижную (каток диаметром 50 мм) и шарнирно-неподвижную (каток, приваренный к пластине) опоры. Величину нагрузки на этапе загрузки балок принимали не более 0,1 от разрушающей нагрузки. После приложения нагрузки каждого этапа балку выдерживали в течение 15 мин. Перед началом испытания балки были осмотрены и обмерены.

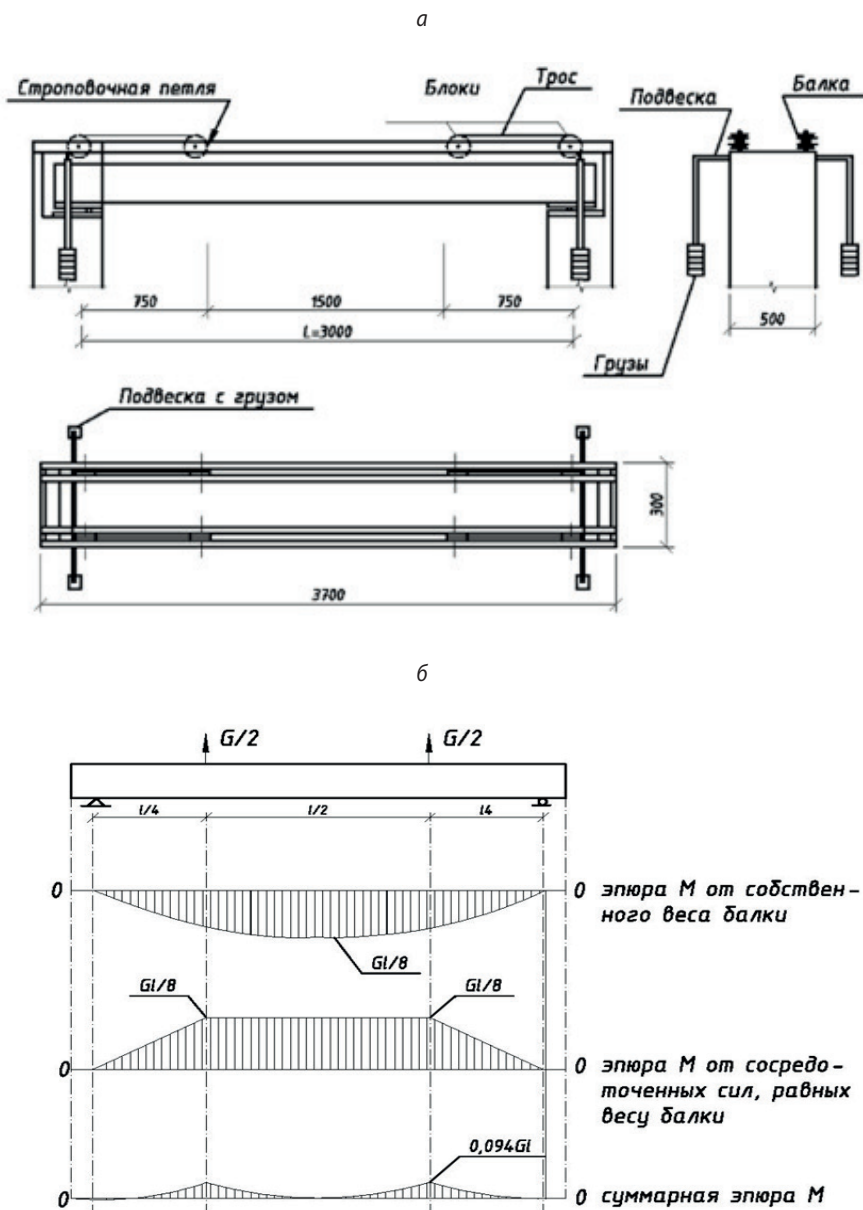


Рис. 4. Схема вывешивания (а) и эпюры изгибающих моментов (б) в балках

В пролете между опорами балок располагали страховочные стойки. Схема стенда приведена на рис. 5.

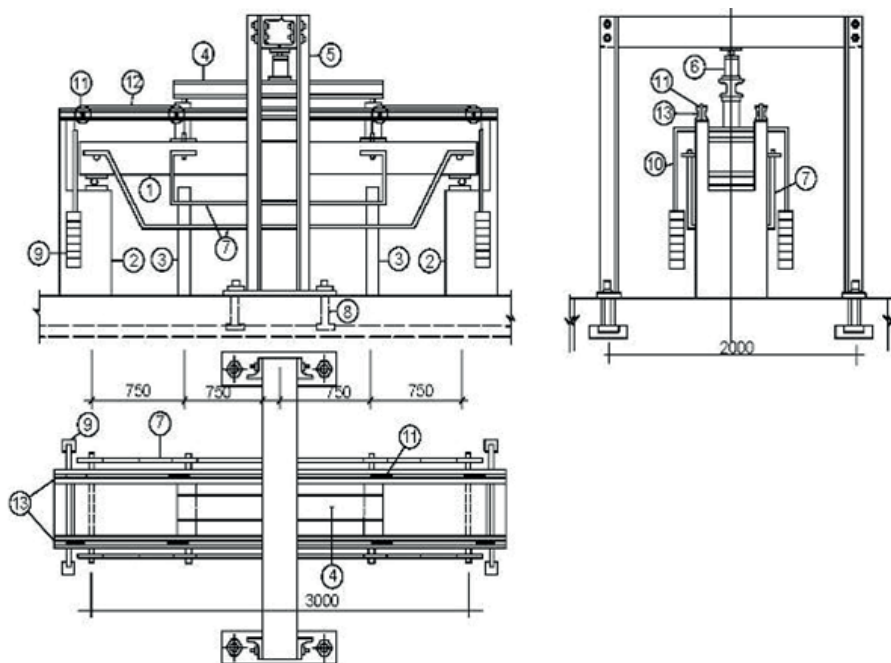


Рис. 5. Схема стэнда для испытания балок: 1 — балка; 2 — опоры; 3 — страховочные опоры; 4 — распределительная балка; 5 — силовая рама; 6 — гидравлический домкрат; 7 — металлические рамки; 8 — анкерующие болты; 9 — грузы; 10 — подвеска; 11 — блоки; 12 — трос; 13 — балки из швеллеров

Колонны испытывали на стэнде, состоящем из металлической рамы, включающей ригель и стойки, заанкеренные в силовой пол. Стойки и ригель рамы изготавливали из спаренных швеллеров № 20. Нагрузку от 500-тонного прессы на колонну передавали через шаровую опору прессы и две парные металлические плиты с катками, расположенными сверху и снизу образца. Колонны до разрушения загружали вертикальной нагрузкой с эксцентриситетом 2 см.

Величину нагрузки на этапе загрузки колонн принимали не более 0,1 от разрушающей нагрузки. После приложения нагрузки каждого этапа образец выдерживали в течение 15 минут. Перед началом испытания колонны были осмотрены и обмерены.

Для оценки напряженно-деформированного состояния балок на всех этапах загрузки в середине их пролета на длине 80 см измеряли:

- продольные деформации бетона в четырех уровнях по высоте сечения балки тензорезисторами с базой 50 мм с шагом 50 мм;
- деформации наиболее сжатых и наиболее растянутых волокон бетона тензорезисторами с шагом, соответственно, с базой 20 и 50 мм;
- деформации продольной рабочей арматуры и наиболее сжатого волокна бетона прогибомерами на базе 1000 мм;
- втягивание продольной рабочей арматуры в бетон на торцах индикаторами с ценой деления 0,01 мм.

Прогибы измеряли по всей длине балок через 25 см прогибомерами, укрепленными на двух металлических рамках, одну из них подвешивали к балке в её опорных сечениях, другую – в местах приложения нагрузки.

Ширину раскрытия всех трещин в зоне чистого изгиба балок измеряли после каждого этапа загрузки переносным микроскопом с 24-кратным увеличением и с ценой деления 0,05 мм. Отмечали также развитие трещин по высоте сечения балок.

Для получения картины распределения деформаций в опытных образцах колонн на всех этапах загрузки измеряли продольные деформации бетона граней этих колонн в середине высоты индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм на базе 50 см, а также поперечные деформации – индикаторами с ценой деления 0,001 мм на базе 100 мм.

Прогибы из плоскости колонн измеряли прогибомерами в середине и в четвертях по высоте колонн. Схема расположения приборов приведена на рис. 6.

Отчеты по приборам на каждом этапе загрузки балок и колонн снимали сразу после приложения нагрузки и после 15-минутной выдержки.

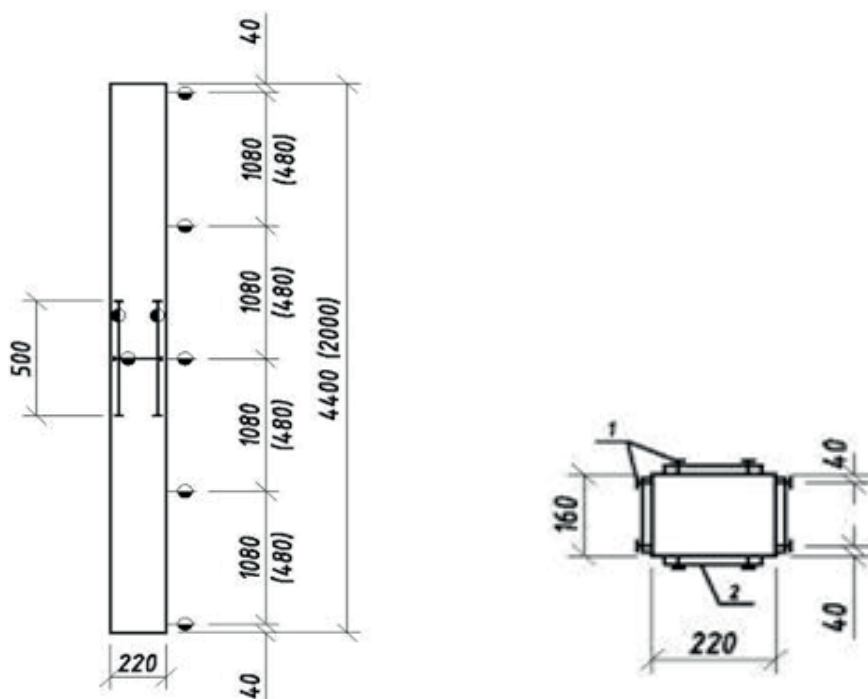


Рис. 6. Схема размещения приборов при испытании сжатых элементов:
1, 2, 3 — соответственно индикаторы на базе 50 и 10 см, прогибомеры
(в скобках приведены размеры для К-3 и К-4)

По результатам проведенных испытаний были построены графики прогибов балок в зависимости от нагрузки (рис. 7 и 8).

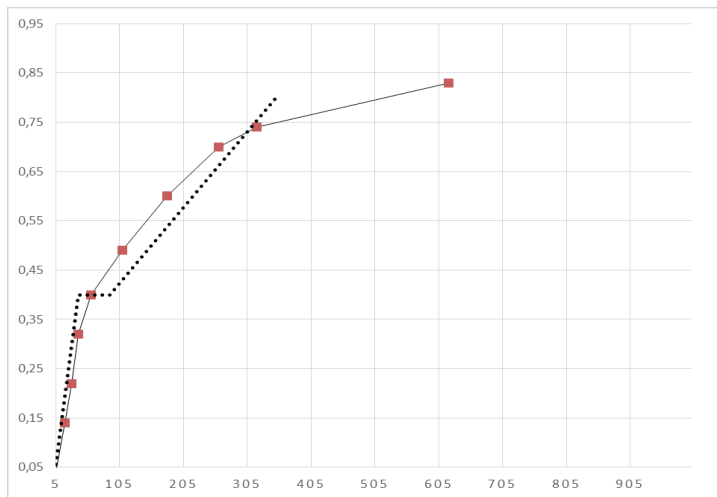


Рис. 7. Прогиб балки Бс6-1: —■— опытные прогибы; ... — расчетные прогибы по СП 63.13330

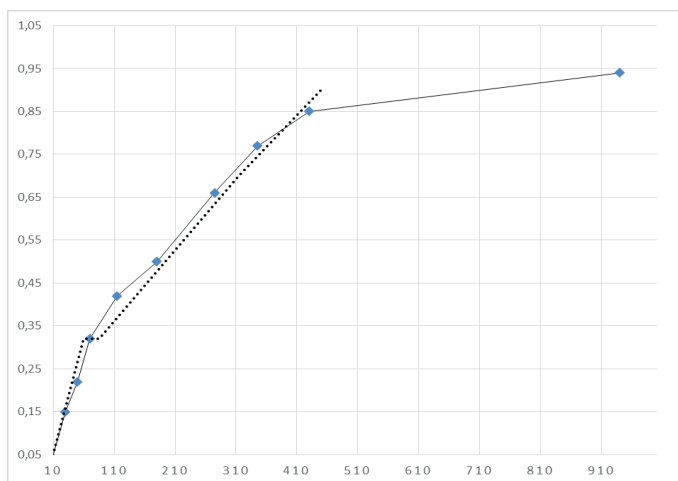


Рис. 8. Прогиб балки Бс6-2: —■— опытные прогибы; ... — расчетные прогибы по СП 63.13330

Результаты испытаний балок и колонн приведены табл. 4 и 5 в виде сравнения полученных экспериментальных данных с расчетными по СП 63.13330.

Таблица 4

Результаты испытания балочных элементов

Марка балки	Размеры балки $b \times h$, см	Рабочая высота балки h_0 , см	Призменная прочность бетона R_b , МПа	Модуль упругости бетона E_b , МПа	Опытный разрушающий изгибающий момент $M_{разр}$, кН·м	Расчетный предельный изгибающий момент $M_{расч}$, кН·м
Бс6-1	50 × 25	22,8	3,9	4078	8,72	8,3
Бс6-2	50 × 25	21,8	5,5	5046	9,02	9,4

Результаты испытаний сжатых элементов (колонн) приведены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты испытания колонн

№ п/п	Марка колонн	Высота колонн, см	Призменная прочность бетона, R_b , МПа	Разрушающая нагрузка на колонну, кН	Расчетная разрушающая нагрузка, кН
1	К1-1	440	3,02	85,5	78,0
2	К1-2	440	3,04	88,1	78,4
3	К2-1	200	3,33	88,1	89,8
4	К2-2	200	3,34	94,9	89,8

С целью примерного определения величин нагрузок, действующих на стены нижних этажей, определены расчётные нагрузки для нижнего этажа 2-, 5- и 7-этажных зданий.

Расчёты выполнены для погонного участка стены длиной 1,0 м.

Расчетные значения нагрузок от элементов зданий приведены в табл. 6.

Таблица 6

Нагрузки от элементов зданий

Нагрузки от элементов зданий, кг	2-эт. здание	5-эт. здание	7 эт. здание
	N , кг	N , кг	N , кг
$P_1=1140$	1140	1140	1140
$P_2=221,4$	221,4	221,4	221,4
$P_3=2544$	2544	2544	2544
$P_4=2817$	2817	11268	16902
$P_5= 836,6$	1678,2	4183	5856,2
ΣP	8395,6	19356,4	26663,6

Эксцентриситеты в месте передачи нагрузок с перекрытий на стены приняты 2 см.

Эксцентриситеты, получающиеся для нижних этажей из зависимости $e = M/N$, составят:

для здания 2-этажных $e = 0,61$ см;

для здания 5-этажных $e = 0,27$ см;

для здания 7-этажных $e = 0,20$ см.

Таким образом, при описанном расчёте стен в многоэтажных зданиях (2-7 этажей) без учёта физической и геометрической нелинейностей работы конструкций в нижних (наиболее нагруженных этажах) действуют незначительные моменты, при этом эксцентриситеты, определяемые как M/N , колеблются в пределах (0,13-0,63 см).

При оценке прочности рассматриваемой конструкции стен полученная экспериментально предельная нагрузка должна быть снижена посредством перехода от нормативных характеристик материалов к расчётным для хрупкого разрушения по бетону в 1,6 раза и за счет неучтенной в эксперименте длительности действия нагрузки и роста при этом эксцентриситетов в 1,5-2 раза. Таким образом, если принять приведенные в табл. 5 расчетные нагрузки для нижних этажей, то экспериментальные предельные разрушающие нагрузки для них должны соответствовать:

для 2-этажного здания — $18395,6 \cdot 2 \cdot 1,6 = 26866$ кг (268кН);

для 5-этажного здания — $19356,4 \cdot 2 \cdot 1,6 = 61940$ кг (619кН);

для 7-этажного здания — $26663,6 \cdot 2 \cdot 1,6 = 85323$ кг (853кН).

Заключение

На основе анализа технологических и конструктивных особенностей производства и применения новых видов бетонов и выполненного комплекса оценки физико-механических, деформативных и теплофизических свойств таких бетонов в соответствии с утвержденной программой испытаний в настоящей работе предлагается принципиально новая номенклатура конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов на стекловидных пористых заполнителях марок по плотности D300 — D700 классов по прочности на сжатие B1,5 — B3,5. В СП 63.13330 минимальная марка по прочности легких бетонов D800.

Предлагается для бетонных и железобетонных конструкций для бетонов плотностью D300 — D700, проектируемых по СП 63.13330.2012 [14] и СП [15], нормативные и расчетные прочностные и деформативные свойства назначать по табл. 1 и 2.

При расчете и проектировании ограждающих конструкций по теплозащите зданий по СП 50.13330.2012 теплофизические характеристики бетонов плотностью D300 — D700 на стекловидных заполнителях назначать по табл. 3 или экспериментальным данным.

Результаты исследований сжатых и изгибаемых элементов из бетонов плотностью D700 и класса по прочности B3,5 свидетельствуют о возможности применения легкого бетона на ГПС класса по прочности B2,5 — B3,5 в несущих стенах при строительстве зданий до 5 этажей, а также в перекрытиях этих зданий.

Экспериментально установлена несущая способность изгибаемых элементов (балок) и сжатых со случайным эксцентриситетом (колонн) из бетона на ГПС. Опытные разрушающие нагрузки были равны или превышали расчетные по нормам.

Установлены расчетные нагрузки для нижних этажей зданий.

Рекомендуется для более глубокого изучения прочностных и деформационных свойств легкого бетона на новых стекловидных пористых заполнителях проводить исследования по методике ГОСТ 29167–91. [12].

Библиографический список

1. Отчет о научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по определению нормируемых параметров строительных конструкций по теме «Определение нормируемых параметров низкотеплопроводных бетонов плотностью D300 — D700 на стекловидных заполнителях. НИИЖБ им. А. А. Гвоздева. М.: 2017.
2. Давидюк А. Н., Несветаев Г. В. Эффективные бетоны для современного высотного строительства. Научное издание. М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2010.
3. Давидюк А. Н. Легкие конструкционно-теплоизоляционные бетоны на стекловидных заполнителях. Научное издание. М.: Изд. «Красная звезда». 2008.
4. Давидюк А. Н. Устройство наружных стен каркасных зданий на основе легких бетонов на стекловидных заполнителях. Научное издание. М.: Изд. НТО ПМУ 2014.
5. Давидюк А. Н. Легкие бетоны на стеклогранулятах — будущее ограждающих конструкций // Технология бетонов. 2015. №9-10. С. 17-20.
6. Давидюк А. Н., Забродин И. В. Легкие бетоны на стекловидных заполнителях/Материалы XXIV Международной конференции по бетону и железобетону: тезисы докладов. 1992, «Кавказ-92».
7. Давидюк А. Н., Сурикова И. Н., Гагарин В. Г. Теплотехнические характеристики новых видов легких бетонов на стекловидных заполнителях/Применение, перспективы развития легких бетонов в строительстве. Ашхабад: 1987. С. 151-152.
8. Давидюк А. Н. Легкие бетоны на стеклогранулятах. Будущее ограждающих конструкций // Технология бетонов. 2014. №10. С. 16–19.
9. Давидюк А. Н., Несветаев Г. В. Крупнопанельное домостроение — важный резерв решения жилищной проблемы в России // Строительные материалы. 2013. №3. С. 24–25.
10. Давидюк А. Н., Савин В. И., Костин А. А., Федосеев А. В. Легкие бетоны нового поколения на гранулированном пеностекле // Бетон и железобетон. 2015. №5. С. 2
11. Механика разрушения для строителей/Под ред. Ю. В. Зайцева. М.: «Высшая школа», 1991..
12. ГОСТ 29167–91 Бетоны. Методы определения характеристики трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении.
13. СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий».
14. СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».
15. СП (проект) Бетонные и железобетонные конструкции из легких бетонов. Правила проектирования.

Авторы:

Алексей Николаевич ДАВИДЮК, д-р техн. наук, директор НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Aleksey DAVIDYUK, Doctor of Engineering, Director of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: niizhb@stroy.ru

тел.: +7 (499) 174-77-24

Владимир Иванович САВИН, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Vladimir SAVIN, Ph. D. in Engineering, Leading Researcher of the Laboratory of Corrosion and Durability of Concrete and Reinforced Concrete Structures of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: tamaximova@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-76-31

Тамара Александровна КУЗЬМИЧ, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Tamara KUZMICH, Ph. D. in Engineering, Senior researcher of the Laboratory of Corrosion and Durability of Concrete and Reinforced Concrete Structures leading researcher of, NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: tamaximova@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-75-94

Валерий Николаевич СТРОЦКИЙ, канд. техн. наук, заведующий сектором лаборатории технологии бетонов НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Valeriy STROTSKIY, Ph. D. in Engineering, Head of the Sector of the Laboratory of Concrete Technology of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: np.ots@mail.ru

КОНСТРУКЦИИ БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ МОНОЛИТНЫЕ. ПРАВИЛА ПРОИЗВОДСТВА И ПРИЕМКИ РАБОТ (О ПРОЕКТЕ СВОДА ПРАВИЛ)

CONSTRUCTIONS OF MONOLITHIC CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE. RULES OF PRODUCTION AND ACCEPTANCE OF WORK (ABOUT THE DRAFT OF CODE OF PRACTICE)

С. С. ЖОРОБАЕВ, канд. техн. наук

С. Г. ЗИМИН

В. В. СТЕПАНОВА, д-р техн. наук

М. И. БРУССЕР, канд. техн. наук

Описан проект разработанного свода правил на производство, контроль и приемку работ при строительстве зданий и сооружений из монолитных бетонных и железобетонных конструкций, разработанный в развитие СП 48.13330; СП 63.13330; СП 70.13330.

Свод Правил состоит из 16 разделов, содержащих общие требования, требования к приготовлению, транспортированию и подаче бетонной смеси, арматурным, опалубочным и бетонным работам. Также приводятся требования к уходу за твердеющим бетоном в различных климатических условиях, к приемке и оценке соответствия выполненных работ.

Введены впервые отдельные требования по снижению температурных напряжений в процессе выдерживания бетона и оценке показателя диффузионной проницаемости в бетон углекислого газа.

The draft of the developed code of production rules, as well as control and acceptance of works for the construction of buildings and structures from monolithic and reinforced concrete structures, developed in the advance of SP 48.13330; SP 63.13330; SP 70.13330 is described.

The code of rules consists of sixteen sections containing general requirements, requirements for concrete mix, reinforcing, formwork and concrete work. Also, the requirements for the care of hardening concrete in the climatic conditions, to the acceptance and assessment of the compliance of the work performed and the quality of the structures are contained.

For the first time, a number of separate requirements have been introduced to reduce thermal stresses in the process of maintaining concrete and to estimate the diffusion permeability index in concrete of carbon dioxide.

The introduction of the developed norms into the general system of normative

Введение разработанных норм в общую систему нормативной документации области производства работ по изготовлению монолитных бетонных и железобетонных конструкций позволит строителям и проектировщикам обеспечить соблюдение заданных проектных параметров и долговечности конструкций из бетона

Ключевые слова:

Бетонирование в зимних условиях, монолитные работы, сохраняемость бетонной смеси, условия сухой жаркой погоды

documentation in the field of concrete work will allow the builders and designers to ensure compliance with the specified design parameters and the durability of structures from concrete.

Key words:

Dry hot weather conditions, monolithic work, the preservation of concrete mix concreting in winter conditions

Современное монолитное строительство отличается высоким темпом ведения строительных работ, поскольку в современных условиях рынка сроки возведения имеют первостепенное значение.

Изготовление бетонных и железобетонных конструкций занимают около 30% всей продолжительности строительного процесса. На этом этапе основное время приходится на набор бетоном необходимой прочности. Четкое соблюдение правил бетонирования, заданных проектных и нормируемых параметров, надлежащий уход за твердеющим бетоном являются залогом получения железобетонных конструкций высокого качества.

В действующих нормативных документах указания по производству и приемке работ по изготовлению монолитных бетонных и железобетонных конструкций разрознены и включены отдельными положениями в различные своды правил и другие нормативно-технические документы. И при их использовании специалистам, проектировщикам приходится обращаться к различным нормативным документам, нередко устаревшим. Поэтому назрела необходимость разработки единого свода правил, регламентирующего правила ведения изготовления бетонных и железобетонных конструкций и приемки выполненных работ. Действовавший до 1988 г. аналогичный нормативный документ СНиП III-15-76 «Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Правила производства и приемки работ» устарел и был отменен.

В связи с этим авторским коллективом НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» в 2017 г. разработан проект свода правил (СП), регламентирующий правила производства и приемки монолитных работ.

Проект СП разработан с учетом и в развитие положений СП 63.13330 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» и СП 70.13330 «Несущие и ограждающие конструкции», которые входят в перечень нормативных документов обязательного применения.

При разработке проекта СП были рассмотрены основные нормативно-технические документы по изготовлению монолитных бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Проект СП состоит из следующих разделов:

1. Область применения
2. Нормативные ссылки
3. Используемые термины и определения
4. Общие требования к монолитным бетонным и железобетонным конструкциям
5. Общие требования к организации и производству монолитных бетонных работ
6. Бетонная смесь
7. Арматурные работы
8. Опалубочные работы
9. Бетонные работы
10. Уход за твердеющим бетоном. Общие принципы и правила
11. Особенности ухода за бетоном в зимнее время
12. Особенности ухода за бетоном в сухих и жарких климатических условиях
13. Специальные методы бетонирования
14. Контроль качества выполненных работ
15. Приемка и оценка соответствия выполненных работ
16. Экспертный и инспекционный контроль

Установленная в проекте СП область его применения — производство, контроль и приёмка работ при строительстве зданий и сооружений из монолитных бетонных и железобетонных конструкций с применением легкого, мелкозернистого и тяжёлого бетона и фибробетона. СП устанавливает общие требования к приготовлению, транспортированию и подаче бетонной смеси; к бетонам, опалубкам и арматурным изделиям; к производству, контролю и приёмке опалубочных, арматурных и бетонных работ; приёмке готовых монолитных бетонных и железобетонных конструкций. При этом проект СП не распространяются на предварительно напряженные монолитные конструкции.

Разделы 2 и 3 проекта СП содержат нормативные ссылки и определения терминов, используемых в тексте документа.

Раздел 4 содержит требования к монолитным бетонным и железобетонным конструкциям, которые должны быть обеспечены в процессе производства работ, и в том числе:

- исключение аварийных ситуаций (разрушение отдельных несущих строительных конструкций; разрушение всего здания, сооружения или их части; деформации недопустимой величины; повреждение части здания или сооружения в результате деформации, перемещений либо потери устойчивости несущих конструкций, в том числе отклонений от вертикальности в процессе строительства);
- безопасность (обеспечение надлежащей степени надежности при различных расчетных воздействиях в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений), связанная с причинением вреда жизни и здоровью граждан, имуществу и окружающей среде;

- эксплуатационная пригодность (возведенные конструкции должны иметь такие характеристики, чтобы с надлежащей степенью надежности при различных расчетных воздействиях не происходило образование или раскрытие трещин и не возникали перемещения сверх допустимых значений, а также не образовывались колебания и другие повреждения, затрудняющие их нормальную эксплуатацию);

- отсутствие недопустимых дефектов;
- обеспечение долговечности в соответствии с СП 28.13330;
- обеспечение заданных проектных параметров.

Раздел 5 проекта СП содержит общие требования к организации и производству монолитных работ, а также в дополнение к проекту производства работ (ППР) отдельные требования на выполнения монолитных работ, включающие:

- описание применяемой технологии выполнения монолитных работ с учётом конкретных климатических условий и видов возводимых конструкции;
- последовательность технологических операций;
- особенности выполнения арматурных и опалубочных работ в конкретных условиях строительства;

- порядок и темпы бетонирования конструкций (захваток), схема и особенности укладки и уплотнения бетонной смеси в опалубке;

- порядок и особенности ухода за бетоном в период твердения; для массивных конструкций предусмотрен теплотехнический расчёт в период экзотермического разогрева для выбора параметров ухода за бетоном с целью предотвращения трещинообразования при неравномерных температурных и усадочных деформациях вследствие градиентов температур «ядро — периферийные зоны» конструкции;

- объём и порядок неразрушающего или разрушающего (при соответствующем обосновании) контроля прочности и других (при необходимости) нормируемых показателей качества.

Возведение монолитных конструкций включает выполнение комплекса следующих взаимосвязанных процессов:

- опалубочные работы;
- арматурные работы;
- бетонные работы.

Раздел 6 содержит требования к приготовлению, транспортированию и подаче бетонной смеси. На строительном объекте запрещается восстановление удобоукладываемости, введение пластифицирующей добавки проводится службой контроля качества потребителя, оно должно быть зафиксировано и оформлено актом.

Разделы 7 и 8 содержат правила ведения арматурных и опалубочных работ в построечных условиях с соблюдением правил транспортирования, хранения и складирования в соответствии с СП 70.13330.

При выборе и оптимизации типа опалубки необходимо учитывать:

- точность изготовления и монтажа опалубки;
- качество бетонной поверхности монолитной конструкции после распалубки;
- прочность, жесткость, устойчивость, геометрическую неизменяемость и достаточную герметичность при бетонировании;
- максимальную оборачиваемость;
- минимальную адгезию и химическую нейтральность формообразующих поверхностей по отношению к бетону;
- минимизацию материальных, трудовых и энергетических затрат при монтаже и демонтаже;
- безопасность работ.

Раздел 9 содержит требования к бетонным работам: к укладке и уплотнению бетонной смеси из тяжёлого и мелкозернистого бетона, легкого бетона, фибробетонных смесей; правила устройства швов, правила вибрирования и её продолжительности, подача бетонных смесей в опалубку, скорость укладки.

Раздел 10 содержит требования к уходу за твердеющим бетоном, который должен обеспечивать достижение им требуемых нормируемых показателей качества в промежуточном и проектном возрастах. Правила ухода за уложенным бетоном в начальный период его твердения предусматривают:

- поддержание температурно-влажностного режима, обеспечивающего нарастание прочности бетона;
- предохранение открытых поверхностей свежесуложенного бетона после окончания бетонирования (в том числе и при перерывах в укладке) от испарения воды и от попадания атмосферных осадков;
- предохранение твердеющего бетона от ударов, сотрясений и других механических воздействий.

Последующий уход должен обеспечить благоприятные температурно-влажностные условия для формирования структуры и свойств твердеющего бетона.

Для снижения температурных напряжений в процессе выдерживания бетона необходимо следить за возникающими в нем температурными градиентами, которые при превышении допустимого уровня могут вызвать появление трещин. На температурные напряжения оказывают влияние следующие основные параметры:

- скорость нагрева и остывания бетона;
- перепад температуры по сечению бетона конструкций;
- разность температур наружного воздуха и бетона.

Для замера температуры в твердеющем бетоне устраиваются контрольные точки, в зонах, подверженных наибольшему охлаждению, в наиболее нагретых частях конструкции. В разделе также приведен иллюстративный материал, указывающий места расположения замеров температур различных конструкций. В частности, на рисунке приведена схема расположений термопар в местах замера температуры бетона в стене.

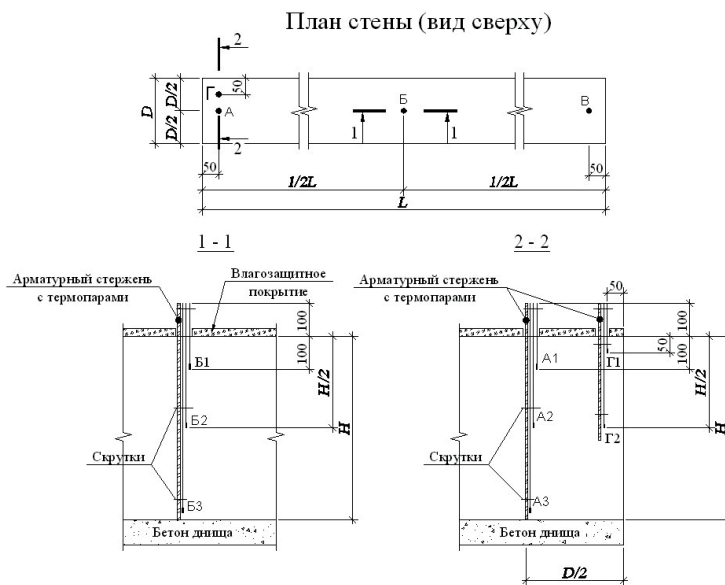


Рис. Схема расположения термодпар в местах замера температуры в конструкциях стен

Количество точек, в которых измеряется температура бетона, должно составлять не менее одной точки:

- на каждые 4-6 пог. м для длинномерных конструкций;
- на 10-12 м² площади перекрытий;
- на 30 м² площади фундаментной плиты;
- на 10 м² площади покрытий типа подготовок, полов, днищ и т. п.

При использовании холодных бетонов с противоморозными добавками количество точек измерений может быть уменьшено до двух на конструкцию или захватку, бетонруемую в течение одной смены. Замер температуры бетона предполагает записи в температурном журнале

В разделах 11 и 12 приводятся особенности ухода за твердеющим бетоном в зимнее время и в условиях сухого жаркого климата.

Раздел 13 содержит указания по применению специальных методов бетонирования с учетом требований СП 70.13330 при невозможности использования традиционных методов.

Разделы 14 и 15 содержат требования к входному, операционному и приемочному контролю арматуры и арматурных изделий, опалубки и ее элементов, к установленным опалубкам, бетонной смеси и бетонным работам, а также требования к законченным конструкциям. Для бетонов класса В60 и выше технологические характеристики контролируются по ГОСТ 31914.

К контролируемым параметрам бетона относятся класс по прочности на сжатие; марка по водонепроницаемости; морозостойкости; истираемости, водопоглощению, а также контроль, используя контрольные образцы, отобранные из конструкций.

Контроль технологических показателей качества сухих строительных смесей, используемых для производства монолитных работ, производится в соответствии с ГОСТ 31357.

В проекте СП впервые введен контроль диффузионной проницаемости бетона для углекислого газа по ГОСТ 31383.

В разделе 15 содержатся указания по выявлению дефектов, оценке их по критериям устранимости. Методы устранения дефектов должны приниматься на основании их анализа и систематизации, отражаться в Регламенте по устранению выявленных дефектов монолитных конструкций. Выполнение ремонтных работ должно обеспечивать целостность ремонтируемых бетонных и железобетонных конструкций, способность воспринимать расчётные проектные нагрузки и воздействия.

Решение о необходимости усиления конструкций принимается на основании поверочного расчёта.

Отремонтированные или заменённые конструкции должны быть приняты по актам авторским и техническим надзором строительной и проектной организации.

В разделе 16 содержится требования к осуществлению экспертного и инспекционного контроля прочности бетона в процессе и после окончания строительства зданий и сооружений. Уточняется условия (правила) использования статистических данных: коэффициента вариации прочности независимой лабораторией или контролирующими органами для определения и оценки однородности прочности и фактического класса прочности бетона и параметров армирования.

Экспертный и инспекционный контроль прочности бетона может осуществляться по инициативе службы заказчика и службы генерального подрядчика строительства, при проведении дополнительных обследований производителем работ, а также контролирующими органами.

Инспекционный контроль прочности бетона проводится в следующих основных случаях:

- (А) в процессе строительства зданий и сооружений, когда подрядчик или независимая лаборатория ведёт систематический статистический контроль прочности бетона по ГОСТ 18105 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности бетона»;
- (Б) после окончания строительства, при обследовании бетонных и железобетонных конструкций по ГОСТ 31937 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

В случаях «А» инспектор (представитель заказчика или строительного надзора) должен самостоятельно определить прочность бетона в конструкции (ΔR_m) по правилам ГОСТ 18105 (разрушающим методом по ГОСТ 28570 или прямым неразрушающим методом по ГОСТ 22690), а затем:

- либо принять коэффициент вариации прочности бетона, который был рассчитан лабораторией для данной партии конструкции, в которую входит проверяемая

конструкция, и определить фактический класс прочности бетона по формуле (11) из ГОСТ 18105-2010 (схема А. 1);

- либо самостоятельно экспериментально определить коэффициент вариации прочности в проверяемой конструкции (по правилам ГОСТ 18105) и по этому коэффициенту рассчитать фактический класс прочности бетона по формуле (11) из ГОСТ 18105-2010 (схема А. 2).

В случаях (Б) определение и оценка прочности бетона может выполняться либо по схеме случая (А), либо без оценки однородности прочности бетона по формуле (13) из ГОСТ 18105-2010.

Инспекционный контроль марок бетона по морозостойкости, водонепроницаемости и истираемости следует выполнять по ГОСТ 10060, ГОСТ 12730.5, ГОСТ 13087.

Инспекционный контроль параметров армирования осуществляют либо неразрушающими методами, либо разрушающими, путем отбора и испытания контрольных образцов.

В случае отсутствия достаточных статистических данных о фактической прочности бетона в ходе инспекционной проверки сравнению и оценке подлежит фактическая прочность, полученная в ходе лабораторного контроля и при инспекционной проверке. При выявлении отличия более 15% дефицита средней прочности полученных сравнительных результатов следует провести повторное определение прочности бетона конструкций по расширенной программе согласно требованиям ГОСТ 18105.

В целом осуществление и приемка работ по изготовлению монолитных бетонных и железобетонных изделий и конструкций по указаниям разработанного СП позволить изготавливать монолитные бетонные и железобетонные конструкции, соответствующие проектным значениям и всем требуемым нормируемым показателям качества.

Библиографический список

1. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера. М.: Стройиздат, 1982.
2. СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011. Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля.
3. ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля прочности.
4. ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.
5. ГОСТ 31356-2007. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний.
6. ГОСТ 31357-2007. Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия.
7. ГОСТ 31358-2007. Смеси сухие строительные напольные на цементном вяжущем. Технические условия.

Авторы:

Суютбек Сатыбалдыевич ЖОРОБАЕВ, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии бетонов НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Suiutbek JOROBAYEV, Ph. D. in Engineering, senior researcher of the Laboratory of Concrete Technology of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: gss1160@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-76-61

Сергей Григорьевич ЗИМИН, заведующий лабораторией технологии бетонов НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Sergey ZIMIN, Head of the Laboratory of Concrete Technology NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: niigb@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-75-92

Валентина Федоровна СТЕПАНОВА, д-р техн. наук, проф., заведующая лабораторией коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Valentina STEPANOVA, Dr. of Engineering, Full Professor, Head of the Laboratory of Corrosion and Durability of Concrete and Reinforced Concrete Structures of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: tamaximova@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-75-80

Марк Израильевич БРУССЕР, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии бетонов НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Mark BRUSSER, Ph. D. in Engineering, Leading researcher of the Laboratory of Concrete Technology of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: mark.marat@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-78-31

РАСЧЕТЫ ТОЛСТЫХ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ПО ПРОЧНОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ

CALCULATIONS OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE THICK BASE PLATES FROM ON STRENGTH AND CRACK RESISTANCE

С. А. ЗЕНИН, канд. техн. наук

Р. Ш. ШАРИПОВ, канд. техн. наук

О. В. КУДИНОВ

Описаны основные результаты исследований и разработок по созданию предложений по проектированию толстых фундаментных железобетонных монолитных плит. Рассмотрены вопросы расчетов по прочности, и трещиностойкости таких конструкций. Разработаны основные предпосылки для построения расчетных моделей толстых фундаментных плит и предложены усовершенствованные методы оценки их прочности и трещиностойкости. Указаны особенности конечно-элементных расчетов толстых фундаментных плит с применением специализированных программных комплексов.

The main results of work on a research and development of offers on design of thick base reinforced concrete monolithic plates are described. Problems on calculations of strength and crack resistance of these designs are considered. The main prerequisites for creation of settlement models of thick base plates are developed and advanced methods of assessment of their strength and crack resistance are offered. Features of FEM calculations of thick base plates with application of specialized program complexes are specified.

Ключевые слова:

Железобетон, проектирование, расчет, толстая плита, фундамент

Key words:

Reinforced concrete, design, calculation, thick plate, base

Введение

Одним из ответственных конструктивных элементов любого здания является фундамент. В случае многоэтажных зданий он воспринимает значительные нагрузки, обеспечивают жесткость и устойчивость. Конструкции фундаментов часто проектируются в виде плит, которые в последнее время выполняются толщиной вплоть до 3-4 м.

При этом вопросы расчета и конструирования толстых фундаментных плит в действующей нормативной базе недостаточно освещены и требуют ее дальнейшего развития.

В настоящее время для расчета зданий применяется, в основном, метод конечных элементов (МКЭ) с использованием различных сертифицированных программных комплексов.

Дополнительные трудности при проектировании вызывает и то, что методика расчета нормативных документов приведена, в основном, для стержневых конструкций (как исключение — для плоских элементов согласно СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003»), в специализированных расчетных МКЭ-комплексах толстые фундаментные плиты моделируются плоскими оболочечными элементами, а по факту являются объемными (массивными) конструкциями.

С целью развития существующей нормативной базы в части проектирования толстых фундаментных плит из монолитного железобетона лабораторией № 1 НИИЖБ им. А. А. Гвоздева в 2016 г. была выполнена научно-исследовательская работа (НИР) по данному вопросу.

Исследование работы толстых фундаментных плит

В настоящее время расчет железобетонных монолитных зданий выполняется в два этапа и включает в себя расчет конструктивной системы (в состав которых входят толстые фундаментные плиты) и последующее конструирование несущих элементов. Результатом первого этапа является определение усилий в элементах конструктивной системы и ее перемещений. На втором этапе выполняют расчет прочности, трещиностойкости и деформативности элементов конструктивной системы и узлов их сопряжений.

Расчет конструктивной системы, как правило, выполняют методом конечных элементов. Правильное и точное конечно-элементное моделирование толстых фундаментных плит позволяет получить как их действительное напряженно-деформированное состояние, так и распределение усилий в остальных элементах конструктивной системы здания. Это является достаточно сложной задачей, так как фундаментные плиты сами по себе являются элементами наибольшей жесткости здания (как известно, усилия в элементах статически неопределимых систем распределяются пропорционально их жесткости), и их жесткость при трещинообразовании изменяется (уменьшается). Указанное обстоятельство требует итерационного расчета с последовательным пересче-

том жесткости и уточнением напряженного состояния фундаментной плиты. Моделирование толстых фундаментных плит объемными конечными элементами позволяет решать такие задачи более эффективно. Кроме этого, данное решение позволяет более точно моделировать узлы сопряжения конструкций и не прибегать к использованию различных статических гипотез, реализованных, в том числе, отдельными инструментами в программных комплексах: жесткие вставки, объединение перемещений и т. д.

Расчет прочности, трещиностойкости и деформативности толстых фундаментных плит вызывает отдельные сложности при их проектировании.

В отечественной и зарубежной технической литературе описаны три основных метода расчета железобетонных элементов по нормальным сечениям: первый метод (применяемый ранее) — расчет по допускаемым напряжениям, второй — расчет по предельным усилиям и третий, применяемый в настоящее время, — расчет по деформационной модели. Все эти методы имеют существенные различия, но основываются на общей характеристике деформирования бетона и арматуры — диаграммах деформирования, определяющих связь между напряжениями и деформациями для бетона и арматуры. При этом все эти методы применимы только для стержневых конструкций, а для плоских и объемных элементов требуют существенных дополнений и уточнений.

Сложности проектирования толстых фундаментных плит обусловлены тем, что в имеющейся нормативной базе отсутствует четкая последовательность проектирования фундаментных плит от стадии определения внутренних усилий до конструирования, а содержатся только отдельные указания, касающиеся данного класса конструкций.

Среди отечественных нормативно-технических документов отдельные моменты, касающиеся проектирования толстых плит, можно найти в СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий», СП 63.13330.2012, СП 41.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87», «Руководство по проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа». Изучая указанные нормы, можно отметить, что только отдельные их пункты или положения могут быть применены для проектирования толстых фундаментных плит.

Вопросами прочности плит при продавливании занимались такие ведущие отечественные специалисты в области теории железобетона как А. С. Залесов и др. [7], Н. Н. Коровин, А. Ю. Голубев [9], А. И. Мордич др. [10]. Отдельные результаты проведенных ими работ касаются и расчета толстых плит, а также содержат зависимости прочности плит при продавливании от их толщины и от принятой схемы армирования.

Анализ международных нормативно-технических документов показал следующее.

Европейские нормы — Eurocode 2 [5] — содержат указания и методики расчета, в целом близкие к СП 63.13330.

Американские нормы — ACI 207.3R-94, ACI 207.4R-93 (Reapproved 1998), ACI 207.1R-96 [1, 2, 3] — содержат технологические особенности выполнения массивных

железобетонных конструкций, требования к подбору и составу бетонной смеси, уходу за бетоном и т. д.

Нормы ACI 446.3R-97 [4] содержат важные указания по конечно-элементному моделированию железобетонных конструкций, широко распространенному в практике современного проектирования. В документе подробно описываются подходы из механики разрушения и упрощенные модели практического инженерного проектирования применительно к железобетонным конструкциям. Указанный в этом документе подход к моделированию, в том числе с помощью объемных конечных элементов, представляется наиболее универсальным и предполагается к использованию для расчетов толстых фундаментных плит.

Расчет толстых фундаментных плит по прочности

В общем случае расчет толстых фундаментных плит по прочности следует выполнять на основные и на особые сочетания постоянных и временных нагрузок, действующих на стадии возведения и на стадии эксплуатации. При этом нагрузки принимают с учетом требований действующих норм — СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85».

Расчет необходимо выполнять с учетом физической нелинейности железобетона. Она может учитываться путем изменения изгибной жесткости железобетонных элементов.

Расчет прочности толстых фундаментных плит рекомендуется выполнять с использованием специализированных конечно-элементных программных комплексов с учетом объемного напряженного состояния.

Для практических расчетов с применением специализированных программных комплексов предлагается методика моделирования и расчета толстых железобетонных плит с использованием объемных конечных элементов бетона, имеющих возможность учитывать пластические свойства (физическую нелинейность).

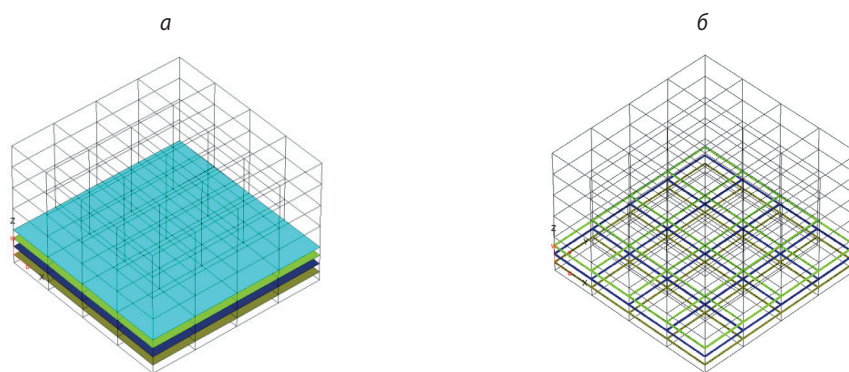


Рис. 1. Примеры моделирования армирования толстых фундаментных плит из объемных конечных элементов: *а* — моделирование плоскими элементами; *б* — моделирование стержневыми элементами

Арматуру моделируют стержневыми или плоскими конечными элементами (рис. 1). Также возможно задание армирования по «размазанной» схеме в качестве характеристики конечного элемента бетона в виде процента армирования, углов ориентации арматуры и материала арматуры. Такой подход позволяет сократить время расчета задачи в связи с уменьшением количества конечных элементов (отсутствуют стержневые или плоские конечные элементы, моделирующие арматуру), а также обеспечивает быструю сходимость итерационного процесса. Конечные элементы арматуры (или размазанное армирование) также должны учитывать возможность пластического поведения.

В качестве диаграмм продольной и поперечной арматуры с фактической площадью текучести следует использовать двулнейные диаграммы согласно СП 63.13330.

Поведение бетона при нагружении определяется принятым критерием прочности, который может приниматься согласно [6, 8, 11-15].

Размер сетки конечных элементов следует назначать достаточным для описания процесса трещинообразования: не менее 6-8 элементов по высоте элемента и 8-12 элементов в пролете.

При расчете толстых фундаментных плит необходим учет их совместной работы с грунтовым основанием. Грунтовое основание также моделируют объемными конечными элементами или учитывают введением соответствующих коэффициентов постели для конечных элементов толстых фундаментных плит. В качестве модели грунтового основания может приниматься (при соответствующем обосновании) упругая или упругопластическая модель.

Расчет выполняют итерационным методом. Нагрузку прикладывают пошагово. Необходимо запоминание шагов приращения нагрузки для возможности пошагового рассмотрения трещинообразования, увеличения продольной силы в арматуре, роста напряжений в бетоне. Нагрузка, приложенная к конструкции на последней сошедшей итерации, является предельной.

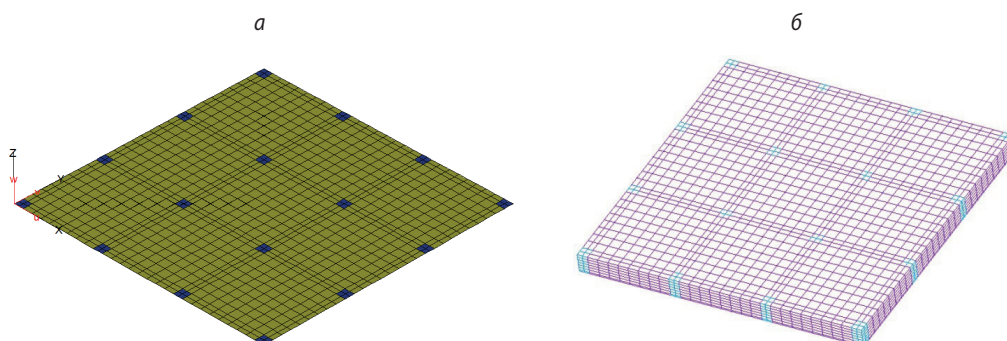


Рис. 2. Примеры моделирования толстых фундаментных плит: *a* — моделирование плоскими элементами; *б* — моделирование объемными элементами

Особенностью большинства применяемых в настоящее время программных комплексов, поддерживающих расчет по диаграммам, является использование последнего горизонтального участка диаграммы бесконечной длины. Реальные материалы — бетон и арматура — не обладают способностью к бесконечному пластическому деформированию. В связи с этим необходим контроль роста деформаций пользователем до значений, соответствующих предельным деформациям материалов.

При отсутствии возможности выполнения прямого пластического расчета толстых фундаментных плит с учетом объемного напряженного состояния возможно применение упрощенной методики с последовательным пересчетом жесткостей элементов в процессе трещинообразования и использованием как плоских (рис. 2, а), так и объемных конечных элементов (рис. 2, б).

Учет физической нелинейности железобетонных элементов выполняют путем введения понижающих коэффициентов к начальному модулю упругости бетона E_b , определяемых как отношение изгибной жесткости элемента D к жесткости, определяемой как для сплошного упругого тела EI . При этом изгибную жесткость элементов рассчитывают с использованием расчетных программ по деформационной модели или «ручным» методом на основе диаграммы «момент — кривизна» согласно указаниям действующих норм — СП 63.13330.

Расчет толстых фундаментных плит с учетом физической нелинейности железобетона по упрощенной методике и с использованием плоских и объемных конечных элементов выполняют в следующей последовательности:

Расчет упругой конструктивной системы на эксплуатационные нагрузки. Определяют усилия, действующие в элементах системы (и в толстой фундаментной плите, в частности), и их требуемое армирование.

В зависимости от действующих усилий и полученной арматуры определяют жесткостные характеристики элементов, учитывающие физическую нелинейность. Полученные жесткостные характеристики вводят в расчетную модель. В случае применения плоских конечных элементов их начальный модуль упругости (как правило, E_b или E_b, red) умножают на понижающий коэффициент, равный отношению полученной изгибной жесткости к начальной жесткости EI . В случае использования объемных конечных элементов понижающий коэффициент $E_b, red/100$ вводится для конечных элементов «растянутого» железобетона на участке $h-x$ (h — высота сечения, x — высота сжатой зоны, полученная после пересчета жесткости).

Новый расчет конструктивной системы с учетом полученных жесткостных характеристик. Определяют усилия, действующие в стержневых и плоских элементах, и требуемое армирование. Определяют напряжения в объемных элементах и требуемое армирование.

Расчет выполняют методом последовательных приближений до получения требуемой точности предыдущего и последующих расчетов.

В общем случае жесткостные характеристики определяют для каждого конечного элемента в зависимости от усилий, действующих в элементе, а также его армирования.

Допускается принимать средние площади сечения арматуры для отдельных зон конструкций: пролетные, приопорные и т. д. В каждой из этих зон для уменьшения трудоемкости расчетов допускается принимать одинаковые жесткостные характеристики для участков с изгибающими моментами одного знака, определенные по максимальному моменту, действующему в рассматриваемой зоне.

Расчет толстых фундаментных плит по трещиностойкости

Расчет ширины раскрытия толстых фундаментных плит с использованием объемной модели выполняют в следующей последовательности:

1. Выполняют нелинейный расчет модели с учетом полученной по результатам расчета по первой группе предельных состояний площади и расположения арматуры на расчетные комбинации нормативных нагрузок.

2. Определяют базовое расстояние между трещинами согласно указаниям СП 63.13330, задавшись диаметром арматуры, и соответствующие ему деформации в трех главных направлениях (оси X, Y, Z). Объемная модель позволяет напрямую оценивать деформации и корректировать продольное и поперечное армирование, исходя из картины деформаций, не прибегая к расчету по нормальным, наклонным сечениям и расчету на продавливание (эти проверки рекомендуется выполнять для предотвращения возможных ошибок при выполнении конечно-элементных расчетов и для подтверждения правильности принятых решений по армированию).

3. Выполняют корректировку армирования (в случае необходимости) и перерасчет конструкции.

Первоначально выполняют расчет на комбинацию кратковременных нагрузок, после чего производят проверку принятого армирования на действие длительных комбинаций. Указанный подход отличается наглядностью и позволяет принимать наиболее эффективные (надежные и экономически целесообразные) проектные решения.

В случае невозможности выполнения нелинейного расчета объемной модели выполняют расчет оболочечной (плоской) модели. Этот расчет выполняют в следующей последовательности и с учетом полученной по результатам расчета по первой группе предельных состояний приведенной жесткости элементов на расчетные комбинации нормативных нагрузок.

1. Определяют внутренние усилия в толстой фундаментной плите (изгибающие моменты и поперечные силы в двух направлениях).

2. Выполняют расчет ширины раскрытия трещин по методике СП 63.13330. Расчет допускается выполнять отдельно для двух главных направлений на усилия, действующих в этих направлениях.

3. Выполняют корректировку армирования (в случае необходимости) и перерасчет конструкции.

Заключение

Выполненная НИР позволила сформулировать основные подходы и положения по расчету толстых фундаментных плит из монолитного железобетона по прочности и трещиностойкости. Также по результатам работы выработаны общие положения по созданию расчетных моделей с применением программных комплексов, реализующих распространенный в последнее время метод конечных элементов.

Полученные при выполнении работы результаты могут быть полезны при разработке новых или актуализации существующих нормативных документов в области проектирования железобетонных конструкций зданий и сооружений.

Библиографический список

1. ACI 207.3R-94. Practices for Evaluation of Concrete in Existing Massive Structures for Service Conditions.
2. ACI 207.4R-93 (Reapproved 1998) Cooling and Insulating Systems for Mass Concrete.
3. ACI 207.1R-96. Mass Concrete.
4. ACI 446.3R-97. Finite Element Analysis of Fracture in Concrete Structures: State-of-the-Art.
5. Eurocode 2. Design of concrete structures — Part 1: General rules and rules for buildings. 1992-1-1. — European Committee for Standardization. 2002.
6. *Гениев Г. А., Киссюк В. Н., Тюпин Г. А.* Теория пластичности бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1974.
7. *Залесов А. С., Ермуханов К. Е., Момбеков И. А.* Прочность плит с поперечной арматурой на продавливание // Бетон и железобетон. 1990. №6. С. 36-38.
8. *Карпенко Н. И.* Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996.
9. *Коровин Н. Н., Голубев А. Ю.* Продавливание толстых плит // Бетон и железобетон. 1989. №11. С. 20-23.
10. *Мордич А. И., Белевич В. Н., Навой Д. И.* Сопротивление плоских железобетонных плит, продавливаемых колонной // Механика-99: II Белорусский конгресс по теоретической и прикладной механике: секция «Строительство». Минск: БелНИИ-ИС, 1999. С. 49-66.
11. *Drucker D. C.* Relations of experiments to mathematical theories of plasticity // Journal of Applied Mechanics, vol. 16, no. 4, 1949. pp. 349-357.
12. *Drucker D. C., Prager W.* Soil mechanics and plastic analysis for limit design // Quarterly of Applied Mathematics, vol. 10, no. 2, 1952. pp. 157-165.

13. *Juvinal Robert C., Marshek Kurt.* Fundamentals of machine component design: 2nd ed., 1991. John Wiley and Sons, inc. USA.

14. *William K.J., Warnke E.D.* Constitutive Model for the Triaxial Behavior of Concrete/Proceedings, International Association for Bridge and Structural Engineering, Vol. 19, ISMES, Bergamo, Italy. — p. 174.

15. *William K., Tanabe T.A.* Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structures. — American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2001.

Авторы:

Сергей Алексеевич ЗЕНИН, канд. техн. наук, заведующий лабораторией теории железобетона и конструктивных систем НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Sergey ZENIN, Ph. D. in Engineering, Head of the Laboratory of the Theory of reinforced concrete and constructive systems of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: lab01@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-75-17

Равиль Шамильевич ШАРИПОВ, канд. техн. наук, заместитель директора НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Ravil SHARIPOV, Ph. D. in Engineering, Deputy Director of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: lab01@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-75-10

Олег Владимирович КУДИНОВ, заместитель заведующего лабораторией теории железобетона и конструктивных систем НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Oleg KUDINOV, Deputy Head of the Laboratory of the Theory of reinforced concrete and constructive systems of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: lab01@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-75-17

АКТУАЛИЗАЦИЯ СВОДА ПРАВИЛ ПО ЖАРОСТОЙКОМУ БЕТОНУ

UPDATING THE CODE OF PRACTICE FOR HEAT-RESISTANT CONCRETE

И. С. КУЗНЕЦОВА, канд. техн. наук

М. Ю. ТИТОВ, канд. техн. наук

В. Г. РЯБЧЕНКОВА

М. П. КОРНЮШИНА

В 2016 г. проведена актуализация свода правил СП 27.13330.2011 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур». Свод правил предназначен для инженеров, занимающихся проектированием бетонных и железобетонных конструкций, работающих в условиях воздействия повышенных технологических температур (от 50 до 200 °С включительно) и увлажнения техническим паром, а также тепловых агрегатов из жаростойкого бетона, армированного обычной и жаростойкой арматурой, которые эксплуатируются в условиях воздействия высоких технологических температур (свыше 200 до 1400 °С).

Свод правил содержит указания по расчету конструкций из жаростойких бетонов с учетом специфики длительного и кратковременного воздействия повышенных и высоких температур, расчетные требования к проектированию жаростойких конструкций, показатели качества жаростойких бетонов, прочностные и деформационные характеристики различных видов жаростойких бетонов и арматурных сталей, традиционные составы обычного и жаростойких бетонов для бетонных

In 2016, the update of the code of practice CP 27.13330.2011 "Concrete and reinforced concrete structures designed to work under the influence of high and high temperatures". The set of rules is intended for engineers engaged in the design of concrete and reinforced concrete structures operating under the influence of high technological temperatures (from 50 to 200 °C inclusive) and humidification with technical steam, as well as heat-resistant concrete units reinforced with conventional and heat-resistant reinforcement, which are operated under the influence of high technological temperatures (over 200 to 1400 °C). The set of rules contains instructions for the calculation of structures made of heat-resistant concrete, taking into account the specifics of long-term and short-term exposure to raised and high temperatures, design requirements for the design of heat-resistant structures, quality indicators of heat-resistant concrete, strength and deformation characteristics of various types of heat-resistant concrete and reinforcing steels, traditional compositions of conventional and heat-resistant concrete for concrete and reinforced concrete structures designed to work under the influence of raised and high temperatures, as well as special requirements for reinforcement

и железобетонных конструкций, предназначенных для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур, а также специальные требования к армированию и конструированию железобетонных конструкций тепловых агрегатов и футеровок.

and construction of reinforced concrete structures of thermal units and linings.

Ключевые слова:

Анкер, высокая температура, длительный нагрев, жаростойкий бетон, железобетонные конструкции, конструкционный, теплоизоляционный, кратковременный нагрев, повышенная температура, предельно допустимая температура применения, футеровка

Key words:

Anchor, heat-resistant concrete, high temperature, lining, long-term heating, maximum permissible application temperature, thermal insulation, reinforced concrete structures, short-term heating, structural

Актуализация свода правил СП 27.13330-2011 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур» (далее по тексту — СП 27.13330) проведена в рамках утвержденного Минстроем России государственного задания на выполнение работ Федеральным автономным учреждением «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве» на 2016 г., по развитию нормативно-технической базы в области строительства. Актуализированный свод правил прошел регламентную процедуру публичного обсуждения на форуме Минстроя России и получил одобрение экспертов.

Актуализация СП 27.13330-2011 обусловлена ст. 6 п. 6 Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» по истечении 5-летнего срока выпуска предыдущей версии этого документа.

Разработчик актуализованного СП 27.13330 — специалисты НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» при участии специалистов ООО «УралНИИСтром» (г. Челябинск).

Целесообразность актуализации СП 27.13330 обусловлена необходимостью его применения в практике современного промышленного строительства, при реконструкции и ремонте действующих предприятий. Предыдущая разработка свода правил СП 27.13330 осуществлена в 2011 году на базе положений СНИП 2.03.04.84.

Следует упомянуть, что СП 27.13330 был первым изданным нормативом в системе строительных Сводов правил. Вслед за ним был официально издан СП 63.13330-2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (актуализированная редакция СНИП 52-01-2003). Такая последовательность издания СП была, мягко говоря, несколько нелогичной и привела к тому, что в СП 27.13330 имелись множественные повторения положений СП 63.13330, что противоречит требованиям Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Свод правил СП 27.13330 является единственным нормативным документом, посвященным тематике проектирования и конструирования железобетонных конструкций, подвергающихся технологическим температурным воздействиям. Основными потребителями в части возведения тепловых агрегатов являются промышленные предприятия черной и цветной металлургии, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, производства строительных материалов, атомной энергетики, важные для экономики России в целом.

Актуализированная редакция СП 27.13330 состоит из девяти разделов и четырех приложений.

В разделе 1 «Область применения» указано, что в диапазоне воздействия технологических температур до 200 °С для возведения конструкций тепловых агрегатов применяются тяжелые бетоны средней плотности от 2200 до 2500 кг/м³, в диапазоне технологических температур свыше 200 до 1200 °С — жаростойкие конструкционные бетоны плотной структуры средней плотностью свыше 900 кг/м³. Отмечено, что положения СП не распространяются на область огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций.

Разделы 2 и 3 содержат дополненный перечень ссылочных документов и ключевые термины, необходимые для пользователей СП.

В разделе 4 «Общие указания» изложены основные принципы и подходы к выбору материалов (бетона и арматуры), конструктивных решений и специфики проектирования бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для работы в условиях повышенных и высоких температур.

Расчет конструкций, предназначенных для работы в условиях технологических температурных воздействий, должен вестись на кратковременный (первый разогрев) и длительный нагрев. При кратковременном нагреве усилия от воздействия температуры в элементах статически неопределимых конструкций должны определяться в зависимости от состава бетона и от температуры нагрева, вызывающей наибольшие усилия. В расчетах должны учитываться коэффициенты надежности по нагрузкам и температурам, а также коэффициенты условий работы арматуры и бетона. Все коэффициенты принимают в зависимости от кратковременного и длительного нагревов.

Также в разделе 4 даны дополнительные указания по проектированию и расчету предварительно напряженных конструкций с учетом потерь преднапряжения.

Раздел 5 «Материалы для бетонных и железобетонных конструкций» содержит характеристики основных материалов (бетона и арматуры) для бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для работы в условиях повышенных и высоких температур. Изложены требования к качеству обычного конструкционного бетона и жаростойкого конструкционного и теплоизоляционного бетона плотной структуры (плотность более 900 кг/м³). Нормируемые характеристики обычного и жаростойких бетонов актуализированы в свете развития современной строительной науки.

Жаростойкие бетоны с плотностью до 1100 кг/м^3 применяются для проектирования ограждающих теплоизоляционных конструкций, плотностью свыше 1100 кг/м^3 — в качестве конструкционного материала для несущих конструкций.

В таблице 5.1 актуализированной редакции СП 27.13330.2017 приведены 39 базовых вещественных составов бетонов, предназначенных для проектирования конструкций, работающих в условиях технологических температур. При этом максимальный класс по предельно допустимой температуре применения И14 ($1400 \text{ }^\circ\text{C}$) характерен для состава №21 на глиноземистом цементе и муллитокорундовом заполнителе.

Из них три состава обычных бетонов на портландцементе, шлакопортландцементе или быстротвердеющем портландцементе и 36 составов жаростойкого бетона с вариацией классов бетонов по прочности, марок по средней плотности, водонепроницаемости, морозостойкости и термической стойкости. Апробированный состав №16 на портландцементе или быстротвердеющем портландцементе с расширяющей добавкой (5...20% по массе цемента), на гранитовых, доломитовых, плотных известняковых, сиенитовых или плотных песчаных заполнителях введен впервые.

Для базовых вещественных составов бетонов даны коэффициенты условий работы и деформационные характеристики: модуль упругости, коэффициенты ползучести, поперечной деформации, теплопроводности, линейного температурного расширения и усадки. Также даны указания по применению жаростойкого бетона в условиях агрессивных сред.

Приведены коэффициенты условий работы и деформационные характеристики арматуры с учетом современной классификации арматурных сталей.

Изложен метод построения двух- и трехлинейной диаграмм деформирования бетона с учетом влияния температурных воздействий.

Раздел 6 «Расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций на воздействие температуры» содержит основные положения метода расчета распределения температур в сечениях железобетонных конструкций, методы расчета характеристик приведенного сечения, усилий и деформаций от температурных воздействий.

Раздел 7 «Расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы» содержит положения по расчетам бетонных и железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы, на действие поперечных сил, местное смятие, продавливание с учетом специфики температурных воздействий. Текст раздела 7 значительно сокращен в связи с удалением повторений (дублирования текста и формул) базового СП 63.13330.

Раздел 8 «Расчет элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы» содержит положения по расчету железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы (по раскрытию трещин и деформациям) с учетом температурных воздействий как при нагреве, так и при остывании. Текст раздела 8 значительно сокращен в связи с удалением повторений (дублирования текста

и формул) из базового СП 63.13330. Скорректированы формулы по расчету ширины раскрытия трещин, нормальных к продольной оси элемента, с учетом стадий нагрева и остывания.

В разделе 9 «Конструктивные требования» даны положения по конструированию бетонных и железобетонных конструкций для тепловых агрегатов, включая требования к геометрическим размерам элементов, армированию, устройству узлов и анкеровки арматуры, защите конструкций от агрессивных сред. Приведены схемы конструирования отдельных стыков и узлов.

Впервые даны конструктивные решения анкеровки многослойных конструкций с различными типами анкеров, а также способ защиты металлической облицовки тепловых агрегатов от воздействия агрессивных сред путем применения промежуточного слоя антикоррозийной газонепроницаемой обмазки (апробированный на практике метод).

По инициативе специалистов ООО «УралНИИСтром» (г. Челябинск) в СП включен подраздел с описанием систем анкерных креплений для жаростойких бетонов, предназначенных для крепления огнеупорных футеровочных материалов на стенах и сводах печей.

Для жаростойких бетонов рекомендованы к применению анкера из сталей марок 12Х18Н10Т (с областью применения до температур порядка 700 °С), 20Х23Н18 (до 900 °С), Ст. ХН32Т (не выше 1200 °С). Указанные стали имеют высокую жаропрочность и хорошо работают в нагревательных устройствах. При эксплуатационных температурах более 1200 °С для крепления элементов футеровок применяются только керамические анкера.

В СП представлены анкерные системы четырех типов для одно- и многослойных футеровок на основе опыта их применения в США и странах Евросоюза.

В приложениях А и Б к СП даны основные типы сварных соединений арматурных стержней, а также основные типы сварных соединений стержневой арматуры с плоскими элементами сортового проката.

В приложении В справочно приведена таблица применения жаростойкого бетона в элементах конструкций тепловых агрегатов.

В приложении Г даны основные буквенные обозначения.

В библиографии уточнен и актуализирован перечень источников.

Возвращаясь к обсуждению таблицы 5.1 базовых составов бетонов, в процессе актуализации СП 27.13330 специалистами ООО «УралНИИСтром» (г. Челябинск) были предложены новые перспективные составы жаростойких бетонов на основе вяжущих из портландцемента, шлакопортландцемента, едкого натра (NaOH), глиноземистого и высокоглиноземистого цементов, жидкого стекла и ортофосфорной кислоты с различными вариантами новых жаростойких тонкомолотых добавок метакаолина и реактивного глинозема, которые позволяют получить высокопрочные жаростойкие бетоны классов

по прочности на сжатие В50-В90 средней плотностью соответственно 2800-3000 кг/м³. При этом следует заметить, что некоторые предложенные составы жаростойких бетонов на основе ортофосфорной кислоты, корундового и муллитокорундового заполнителей с тонкомолотой добавкой реактивного глинозема заявлены к применению до температур порядка 1700...1800 °С, что значительно превышает диапазон температур применения традиционных составов жаростойких бетонов (max 1400 °С).

Тонкомолотая добавка из реактивного глинозема, представляющая собой тонкодисперсный корундовый порошок из высокочистого технического глинозема с низким содержанием примесных компонентов, является новым перспективным сырьевым материалом для жаростойких бетонов нового поколения. Применение добавки реактивного глинозема при изготовлении жаростойких бетонов позволяет достичь следующих результатов:

- за счет высокой реакционной способности снизить температуру спекания и синтеза необходимых фаз при обжиге, при этом резко повышается прочность на сжатие и изгиб после термической обработки;
- снизить количество воды затворения жаростойких бетонов без ухудшения их реологических характеристик;
- при изготовлении жаростойких низко- и ультранизкоцементных бетонов позволяет получить более плотную упаковку частиц и более плотную структуру материала, намного более устойчивую к воздействию агрессивных реагентов,
- за счет уплотнения структуры улучшить физические и эксплуатационные характеристики бетонов и бетонных изделий.

Тонкомолотая добавка метакаолина — промышленный продукт отечественного производства, являющийся заменой тонкомолотой шамотной добавки. В Челябинской области его выпускают два предприятия. Метакаолин обладает высокой активностью по поглощению гидратной извести (пуццоланическая активность — более 1000 мг Са (ОН)₂ на 1 г метакаолина), аморфизацией структуры алюмосиликата на уровне 90-92%, большой удельной поверхностью (не менее 15000 см²/г). В жаростойких бетонах на портландцементе добавка метакаолина способствует увеличению показателей морозостойкости, термостойкости, прочности на сжатие, предельно допустимой температуры применения при уменьшении расхода вяжущего. В жаростойких бетонах на шлакощелочном вяжущем увеличиваются прочность на сжатие и термостойкость. В жаростойких бетонах на глинозёмистых цементах метакаолин, взаимодействуя с глинозёмистым цементом, предотвращает (сброс прочности) перекристаллизацию гексагональных гидроалюминатов кальция в кубическую форму, способствует уплотнению цементного камня и плавному росту прочности во времени.

Также перспективны шлакощелочные бетоны на едком натре (NaOH) в качестве вяжущего. Температура применения жаростойкого бетона на едком натре с шамотным заполнителем составляет 1150...1200 °С, на шлаке от выплавки металлического

хрома 1250...1300 °С. Основное преимущество шлакощелочных бетонов — высокая термостойкость, особенно на шамотном заполнителе. Термостойкость (водные теплосмены после нагрева до 800 °С) может достигать более 100 циклов. Высокая термостойкость объясняется низким модулем упругости бетона, низкой разницей в коэффициентах линейного температурного расширения заполнителя и цементного камня, наличием жидкой фазы (компенсирующей напряжения) и высокой прочностью бетона (до 50-70 МПа).

К сожалению, предложенные новые составы жаростойких бетонов не включены в актуализированный СП по причине отсутствия полномасштабных исследований их свойств и отсутствия экспериментальных данных об изменении прочностных и деформационных характеристик жаростойких бетонов, изготовленных из этих составов (перечисленные виды исследований авторами составов не проводились). Отсутствие таких исследований не позволяет на стадии проектирования применить новые составы конструкционных жаростойких бетонов в расчетах несущих железобетонных конструкций, работающих в условиях технологических температурных воздействий.

Практическое внедрение неисследованных составов конструкционных жаростойких бетонов на основе современных сырьевых материалов для возведения тепловых агрегатов, без соответствующего расчетного обоснования нарушает требования СП 27.13330 и не обеспечивает безопасность эксплуатации таких объектов.

Следовательно, необходимо проведение полномасштабных исследований новых перспективных составов жаростойких бетонов для обоснования их безопасного применения. Но такие исследования необходимо проводить с обязательной поддержкой инициатив специалистов-исследователей со стороны государственных органов (Минстроя России) в части финансового обеспечения научно-исследовательских работ.

Следует отметить еще один важный аспект, касающийся технологии изготовления жаростойких бетонов. В существующей нормативной базе отсутствует нормативный документ, отражающий тематику и специфику технологии изготовления жаростойких бетонов. Соблюдение технологии изготовления конструкций из жаростойких бетонов является залогом качества конструкций и изделий, способствует обеспечению их надежности и долговечности в процессе эксплуатации объектов.

Таким образом, актуализация СП 27.13330 проведена с учетом современного состояния строительной науки и в соответствии с положениями существующей нормативной базы по следующим приоритетным направлениям:

- применение современных бетонов и арматурных сталей;
- уточнение и корректировка положений по расчету и конструированию несущих строительных конструкций тепловых агрегатов;
- развитие способов конструирования железобетонных конструкций, предназначенных для работы при воздействии повышенных и высоких температур;

- совершенствование структуры документа в соответствии с современными требованиями федеральных законов и норм.

Гармонизация СП 27.13330 с нормативными документами ISO затруднена по причине отсутствия доступа к аналогичным по тематике европейским нормативным документам. Кроме того, до недавнего времени наблюдалось различие российского и европейского подходов к конструированию тепловых агрегатов и железобетонных конструкций промышленных сооружений из тяжелого и легкого конструкционного бетона, работающих в условиях воздействия технологических повышенных температур в целом. В европейской практике приоритетом пользовались тепловые агрегаты из штучных огнеупоров на основе шамота, а монолитные несущие железобетонные конструкции в условиях воздействия технологических температур, как правило, не применялись. Современная тенденция возведения и конструирования тепловых агрегатов, возможно, изменилась, но сведения об этом в широком доступе для специалистов отсутствуют.

Выводы:

1. СП 27.13330 имеет важное практическое значение в части проектирования и конструирования железобетонных конструкций и изделий, предназначенных для работы в условиях технологических температурных воздействий.

2. Актуализированный СП 27.13330-2017 разработан с учетом современных подходов к техническому нормированию и проектированию строительных конструкций тепловых агрегатов, возможности применения современных видов бетонов и арматурных сталей, достижений строительной науки. В СП уточнены и скорректированы основные расчетные зависимости во взаимосвязи с другими базовыми строительными СП.

3. Поскольку процедура подбора составов обычных и жаростойких бетонов для конструкций тепловых агрегатов требует соблюдения определенных правил обеспечения качества подбора исходных материалов, специфики технологии изготовления, в развитие актуализированного СП 27.13330 необходимо разработать пособие по технологии изготовления жаростойких бетонов, включая подбор составов жаростойких бетонов и методы контроля качества.

4. В будущем необходимо уделить особое внимание развитию строительной нормативной базы на основе проведения научных исследований нового поколения конструкционных жаростойких бетонов на метаклаине и реактивном глиноземе с повышенными прочностными характеристиками.

Библиографический список

1. Некрасов К.Д., Масленникова М.Г. Легкие жаростойкие бетоны на пористых заполнителях. М.: Стройиздат, 1982.
2. Некрасов К.Д., Жароупорный бетон. М.: Промстройиздат, 1957.

3. Некрасов К. Д., Жуков В. В., Гуляева В. Ф. Сушка и первый нагрев тепловых агрегатов из жаростойких бетонов/Госстрой СССР, НИИ бетона и железобетона (Москва). М.: Стройиздат, 1976.

4. Некрасов К. Д., Жуков В. В., Гуляева В. Ф. Тяжелый бетон в условиях повышенных температур/Под ред. К. Д. Некрасова. М.: Стройиздат, 1972.

5. Хежнев Т. А., Кимов У. З., Думанов К. Х. Огнезащитные и жаростойкие свойства цементных бетонов на основе вулканических горных пород // Вестник ВолГАСУ. Серия: Строительство и архитектура, Волгоград. — №28 (47). 2012. С. 196-201.

6. Милованов А. Ф. Расчет жаростойких железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1975.

7. Милованов А. Ф. Жаростойкий железобетон./Акад. строительства и архитектуры СССР. Науч.-исслед. ин-т бетона и железобетона «НИИЖБ». М.: Госстройиздат, 1963.

8. Курбанов Р. М., Хаджишалапов Г. Н., Хежнев Т. А. Исследование жаростойкого бетона на основе базальтового заполнителя для обетонирования металлических конструкций // Вестник Дагестанского госуд. техн. ун-та. Технические науки. Махачкала. 2013. №31 (4).

9. Жуков В. В., Некрасов К. Д., Жданова Н. П., Тарасова А. П. Технология изготовления жаростойких бетонов. Справочное пособие к СНиП. М.: Стройиздат, 1991.

10. Григорьевский В. В. Влияние нагрева на изменения трещиностойкости и хрупкости жаростойких и обычного бетонов. Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05: Волгоград, 2004.

11. Шнабель М., Бур А., Даттон Д. Реология огнеупорных бетонов с высокими эксплуатационными характеристиками на основе глинозема и шпинели // Новые огнеупоры. 2017 (3):119-126.

12. Красиникова Н. М., Степанов С. В., Искандарова А. Ф. Исследования влияния метаксаолина на прочность бетона // Междун. научн. журнал «Инновационная наука», 2015. №7. С. 41-42.

13. Захаров С. А., Калачик Б. С. Высокоактивный метаксаолин — современный активный минеральный модификатор цементных систем // Строительные материалы. 2007, №5. С. 56-57.

14. ГОСТ 20910-90. Бетоны жаростойкие. Технические условия.

15. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.

16. СНиП 2.03.04.84. Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур.

17. Федеральный закон № 184-ФЗ от 27.12.2002. О техническом регулировании.

18. Федеральный закон № 384-ФЗ от 30.12.2009. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений.

Авторы:

Ирина Сергеевна КУЗНЕЦОВА, канд. техн. наук, заведующая лабораторией температуростойкости и диагностики бетона и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Irina KUZNETSOVA, Ph. D. in Engineering, Head of the Laboratory of temperature stability and diagnostics of concrete and reinforced concrete designs of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: irina-yanko@mail.ru

Михаил Юрьевич ТИТОВ, канд. техн. наук, заведующий лабораторией самонапряженных конструкций и напрягающих бетонов НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Mikhail TITOV, Ph. D. in Engineering, Head of the Laboratory of self-stressing designs and self-stressing concretes of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: mtitov@cstroy.ru
тел.: +7 (499) 174-75-79

Вера Геннадьевна РЯБЧЕНКОВА, заместитель заведующего лабораторией температуростойкости и диагностики бетона и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Vera RYABCHENKOVA, Deputy Head of the Laboratory of temperature stability and diagnostics of concrete and reinforced concrete designs of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: 1747134@mail.ru

Марина Петровна КОРНЮШИНА, младший научный сотрудник лаборатории температуростойкости и диагностики бетона и железобетонных конструкций, НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Marina Korniyushina, junior researcher of the laboratory of temperature stability and diagnostics of concrete and reinforced concrete designs, NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: 1747134@mail.ru

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

SOME SPECIFICITIES OF THE HIGH- STRENGTH CONCRETE STRUCTURES CALCULATION

Т. А. МУХАМЕДИЕВ, д-р техн. наук

Д. В. КУЗЕВАНОВ, канд. техн. наук

Изложены особенности расчета конструкций из высокопрочных бетонов класса по прочности на сжатие В110... В150. Даны предложения по нормированию деформационных характеристик в базовых точках диаграмм деформирования высокопрочного бетона при осевом сжатии и растяжении. Для расчета конструкций по первой группе предельных состояний методом предельных усилий изложены рекомендации по определению граничной высоты сжатой зоны сечения. Даны предложения по уточнению приближенного способа расчета момента образования трещин в нормальных сечениях конструкций.

Ключевые слова:

Высокопрочный бетон, конструкции из высокопрочного бетона, расчет конструкций, характеристики бетона

The article describes the specificity of calculating the structures of high-strength concrete with strength classes B110... B150. Proposals on the deformation characteristics standardization at the base points of the deformation diagrams of high-strength concrete under axial compression and tension are given. Recommendations for the structures design for the first group of limiting states, including determining the boundary height of the compressed area in normal sections are presented. There are given some proposals to refine the simplified method for calculating the moment of crack formation in normal sections of structures.

Key words:

Calculation of structures, design of high strength concrete, high strength concrete, properties of concrete

В последние годы при возведении конструктивных систем уникальных зданий и сооружений нередко применяют высокопрочные бетоны [2-4]. К преимуществам конструкций из таких бетонов относят

- повышенную износостойкость;
- повышенный ресурс долговечности;
- возможность уменьшения размеров элементов и применения типовых сечений по всему зданию;

- ранний ввод в эксплуатацию и нагружение;
- повышенную жесткость и трещиностойкость;
- меньшую материалоемкость.

Международные нормативные документы и стандарты предусматривают применение бетонов классов до В140 (табл. 1). В поддержку применения высокопрочных бетонов в настоящее время проводятся отечественные и зарубежные исследования, в том числе обобщенные в работах [10-15].

Таблица 1

Сравнение максимального уровня прочности бетона в нормах и рекомендациях

<i>Нормативный (рекомендательный) документ</i>	<i>Максимальный нормированный класс бетона</i>
EN 1992 Eurocode 2 [5]	C90/105
FIB Model Code 1990 [6]	C90/105
FIB Model Code 2010 [7]	C120/140
ACI 318 [8]	Нет формальных ограничений
ISO 22965 [9]	C120/140

Действующие российские нормы СП 63.13330.2012 [1] охватывают высокопрочные бетоны классов по прочности на сжатие до В100 включительно. Для конструкций, изготовляемых из высокопрочных бетонов более высоких классов, отдельные указания СП 63.13330.2012 по нормированию деформационных характеристик бетонов и по расчету конструкций нуждаются в уточнениях. Далее излагаются предложения по нормированию расчетных характеристик высокопрочных бетонов классов В110 ... В150 и особенности расчета конструкций из таких бетонов.

Расчетные значения сопротивления осевому сжатию R_b и осевому растяжению R_{bt} для расчета конструкций по предельным состояниям первой группы следует определять с учетом их повышенной хрупкости высокопрочных бетонов, принимая их равными:

$$R_b = \frac{R_{b,n}}{\gamma_b} \cdot \gamma_{b,br}; \quad (1)$$

$$R_{bt} = \frac{R_{bt,n}}{\gamma_{bt}} \cdot \gamma_{b,br}; \quad (2)$$

где γ_b и γ_{bt} — коэффициенты надежности по бетону при сжатии и растяжении, определяемые по указаниям СП 63.13330.2012;

$\gamma_{b, br}$ — коэффициент, учитывающий повышенную хрупкость высокопрочных бетонов.

Значение коэффициента $\gamma_{b, br}$ для высокопрочных бетонов классов выше В100 рекомендуется определять по формуле, принятой в СП 63.13330.2012 для высокопрочных бетонов классов В70 ... В100:

$$\gamma_{b,br} = \frac{360 - B}{300}. \quad (3)$$

Расчет по деформационной модели конструкций из высокопрочных бетонов классов выше В100 целесообразно вести с использованием криволинейных или упрощенных двухлинейных диаграмм деформирования бетона. Использование для расчетов трехлинейных диаграмм нецелесообразно ввиду малой нелинейности их деформирования на восходящем участке диаграммы.

Деформационными характеристиками диаграмм являются предельные относительные деформации бетона при осевом сжатии и растяжении при однородном напряженном состоянии бетона ϵ_{b0} , ϵ_{bt0} в вершине криволинейной диаграммы и относительные деформации $\epsilon_{b1, red}$, ϵ_{b2} и $\epsilon_{bt1, red}$, ϵ_{bt2} в базовых точках двухлинейных диаграмм осевого сжатия и осевого растяжения. В СП 63.13330.2012 значения относительных деформаций ϵ_{b0} , ϵ_{bt0} , $\epsilon_{b1, red}$, $\epsilon_{bt1, red}$ и ϵ_{bt2} приняты одинаковыми для всех классов бетонов, значения ϵ_{b2} для обычных бетонов — одинаковыми для обычных бетонов, а для высокопрочных классов В60 ... В100 — с понижающим коэффициентом. Для высокопрочных бетонов классов В110 ... В150 значения относительных деформаций рекомендуется принять следующими.

Значения предельных относительных деформаций при осевом сжатии ϵ_{b0} и при осевом растяжении ϵ_{bt0} в вершине криволинейной диаграммы рекомендуется принять:

- при непродолжительном действии нагрузки:

относительные деформации ϵ_{b0} — изменяющимися по линейному закону от 0,002 при В100 до 0,0025 при В150;

относительные деформации ϵ_{bt0} — изменяющимися по линейному закону от 0,0001 при В100 до 0,00012 при В150;

- при продолжительном действии нагрузки:

относительные деформации ϵ_{b0} — изменяющимися по линейному закону от указанного в СП 63.13330.2012 их значения для бетона класса В100 до значения, равного ϵ_{b2} для бетона класса В150, определяемого далее;

относительные деформации ϵ_{bt0} — изменяющимися по линейному закону от указанного в СП 63.13330.2012 их значения для бетона класса В100 до значения, равного ϵ_{bt2} для бетона класса В150, определяемого далее.

Для двухлинейной диаграммы осевого сжатия значения относительных деформаций ϵ_{b1} и ϵ_{b2} рекомендуется принять следующие:

- относительные деформации ϵ_{b1} при непродолжительном действии нагрузки — изменяющимися по линейному закону от 0,0015 при В100 до 0,0023 при В150, а при продолжительном действии нагрузки — по формуле

$$\epsilon_{b1} = 0,005 (B+100) \epsilon_{b1, red}, \quad (4)$$

где $\epsilon_{b1, red}$ принимают по табл. 6.10 из СП 63.13330;

- относительные деформации ϵ_{b2} при непродолжительном действии нагрузки — изменяющимися по линейному закону от 0,0028 при В100 до 0,0025 при В150, а при продолжительном действии нагрузки — по формуле

$$\epsilon_{b2} = 0,001 (1100-B) \epsilon_{b2, B100}, \quad (5)$$

где $\epsilon_{b2, B100}$ принимают по табл. 6.10 из СП 63.13330 для бетона класса В100 с учетом указанного в этой таблице примечания 2.

В формулах (4) и (5) B — класс высокопрочного бетона по прочности на сжатие.

Предлагаемые нормативные диаграммы кратковременного и длительного осевого сжатия высокопрочных бетонов показаны на рис. 1 и 2.

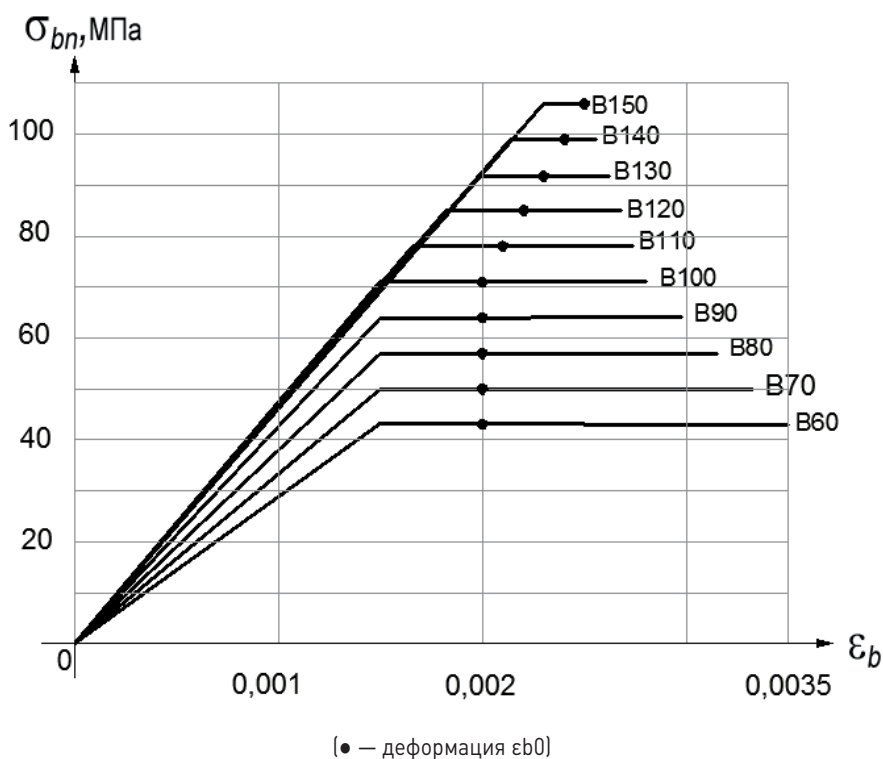


Рис. 1. Нормативные диаграммы кратковременного осевого сжатия высокопрочных бетонов

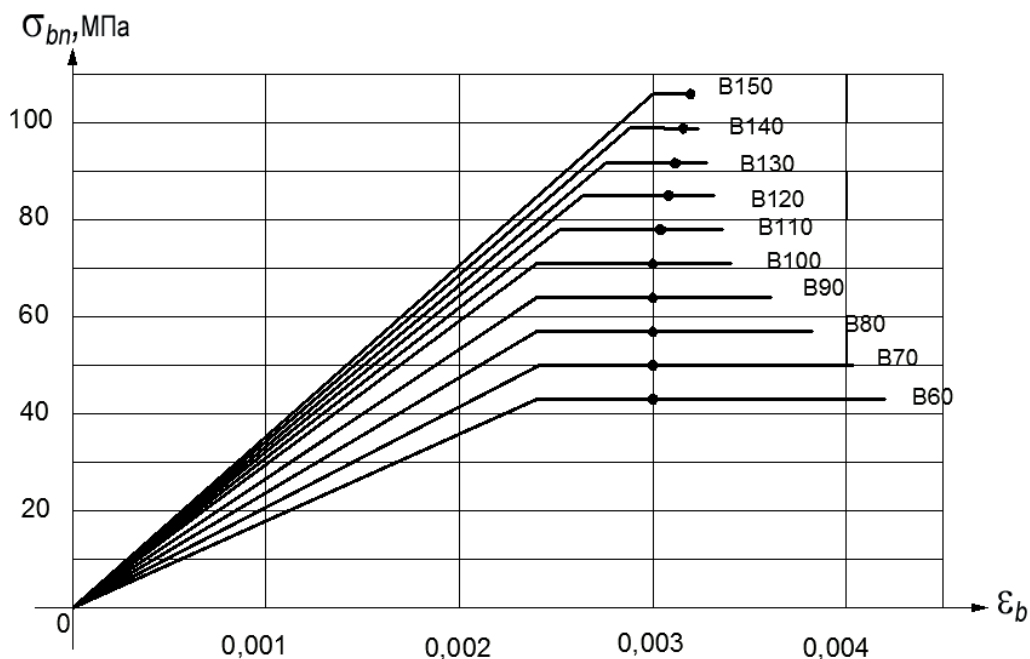


Рис. 2. Нормативные диаграммы длительного осевого сжатия высокопрочных бетонов при относительной влажности воздуха окружающей среды выше 75%

Для двухлинейной диаграммы осевого растяжения значения относительных деформаций ϵ_{b1} и ϵ_{b2} рекомендуется принять:

относительные деформации ϵ_{b1} при непродолжительном действии нагрузки — изменяющимися по линейному закону от 0,0001 при В100 до 0,00011 при В150, а при продолжительном действии нагрузки — по формуле (4), в которую вместо параметра $\epsilon_{b1, red}$ следует подставлять $\epsilon_{b1, red}$ значение которого принимают по указаниям СП 63.13330;

относительные деформации ϵ_{b2} при непродолжительном действии нагрузки — изменяющимися по линейному закону от 0,00015 при В100 до 0,00012 при В150, а при продолжительном действии нагрузки — по указаниям СП 63.13330 с корректировкой представленных в ней значений путем умножения на соотношение (775 — В)/675.

Предлагаемые нормативные диаграммы кратковременного и длительного осевого растяжения высокопрочных бетонов показаны на рис. 3 и 4.

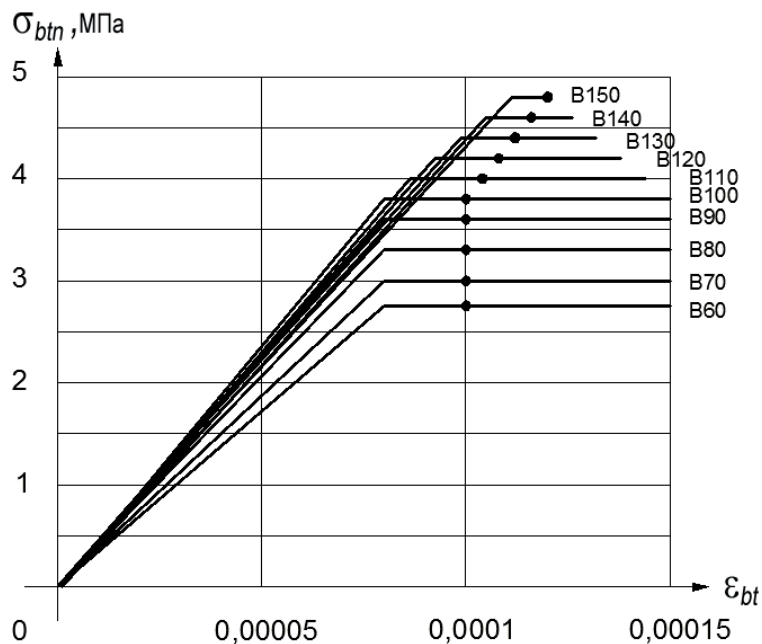


Рис. 3. Нормативные диаграммы кратковременного осевого растяжения высокопрочных бетонов

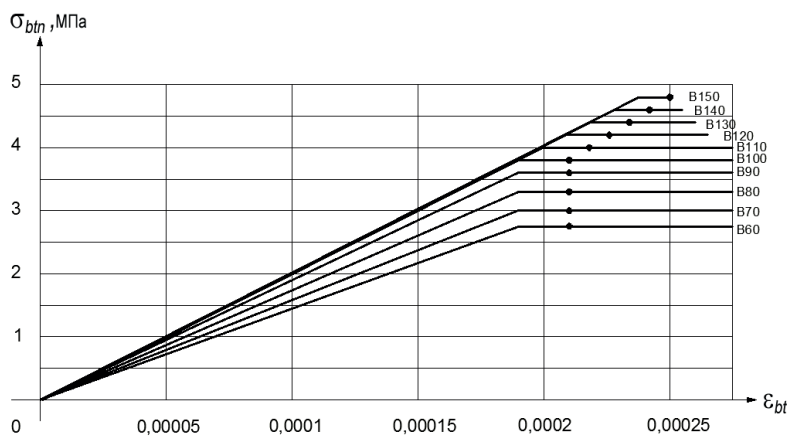


Рис. 4. Нормативные диаграммы длительного осевого растяжения высокопрочных бетонов при относительной влажности воздуха окружающей среды выше 75%

Расчет конструкций из высокопрочных бетонов классов В110 ... В150 по первой и второй группам предельных состояний рекомендуется выполнять по указаниям СП 63.13330, но с учетом следующих особенностей.

При расчете конструкций по первой группе предельных состояний по деформационной модели относительные деформации для базовых точек расчетных диаграмм деформирования бетона при сжатии и растяжении рекомендуется принимать по приведенным выше указаниям.

При расчете конструкций методом предельных усилий граничную высоту сжатой зоны сечения ξ_R рекомендуется определять с учетом снижения неупругих свойств высокопрочного бетона с ростом его класса по прочности на сжатие. Для этого величину ξ_R рекомендуется определять по формуле

$$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{\omega}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b2}}}, \quad (6)$$

где ω — коэффициент полноты эпюры напряжений в бетоне сжатой зоне элемента.

С учетом того, что при параметрах c и b эпюры напряжений в бетоне сжатой зоне элемента (рис. 5), установленных в соответствии с принятыми значениями деформационных характеристик диаграмм кратковременного осевого сжатия, коэффициент полноты эпюры напряжений составляет 0,7 для высокопрочного бетона класса В100 и 0,54 для высокопрочного бетона класса В150, его значение рекомендуется определять по формуле

$$\omega = 0,7 - 0,003 \cdot (B - 100). \quad (7)$$

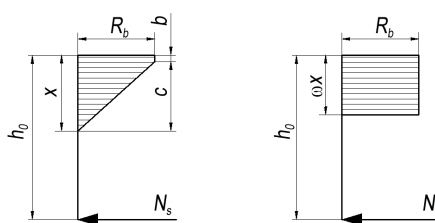


Рис. 5. К определению коэффициента полноты эпюры напряжений в бетоне сжатой зоны элемента

При определении кривизны конструкции жесткость на участке без трещин рекомендуется определять, принимая значение модуля деформации равным

$$E_{b1} = k \cdot E_b, \quad (7)$$

где k — коэффициент, учитывающий неупругие свойства бетона сжатой зоны, значение которого рекомендуется принимать равным:

при непродолжительном действии нагрузки — по линейному закону от значения 0,85 для В100 до значения 1,0 для В150;

при продолжительном действии нагрузки — по указаниям СП 63.13330, но принимая при этом значение коэффициента ползучести бетона $\varphi_{b, cr}$ при относительной влажности воздуха окружающей среды:

- выше 75% — равным 1,0;
- 40-75% — равным 1,3 для бетона классов В110, В120 и 1,2 — для бетона классов В130 ... В150;

- ниже 40% — равным 1,6 для бетона классов В110, В120 и 1,4 — для бетона классов В130 ... В150.

При расчете момента образования трещин конструкций прямоугольных сечений и тавровых сечений с полкой, расположенной в сжатой зоне, значение упругопластического момента сопротивления сечения для крайнего растянутого волокна бетона W_{pl} при действии момента в плоскости оси симметрии конструкции рекомендуется принимать равным

$$W_{pl} = \gamma \cdot W_{red}, \quad (8)$$

где W_{red} — упругий момент сопротивления приведенного сечения по растянутой зоне сечения, определяемый в соответствии с 8.2.12 из СП 63.13330;

где γ — коэффициент, учитывающий неупругие свойства бетона растянутой зоны элемента в момент образования трещин.

Для высокопрочного бетона класса В100 и ниже значение коэффициента γ в СП 63.13330 принято равным 1,3. При принятых значениях относительных деформаций в базовых точках двухлинейных диаграмм растяжения бетона и соответствующей им расчетной схеме для бетона класса В150 (рис. 6) значение коэффициента γ составит 1,03. С учетом этого значение коэффициента γ для бетона классов В100 ... В150 рекомендуется определять в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие B по формуле

$$\gamma = 1,3 - 0,006 \cdot (B - 100). \quad (9)$$

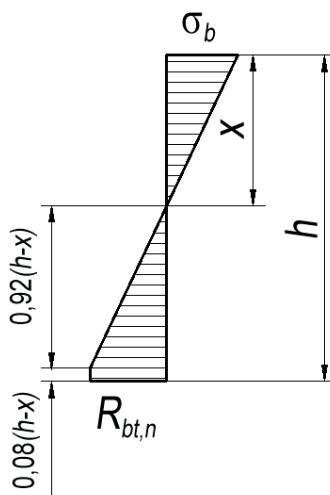


Рис. 6. Расчетная схема при образовании трещины в нормальном сечении элемента из бетона класса В150

Основные положения, изложенные в настоящей статье, использованы при разработке свода правил СП 311.1325800.2017 «Бетонные и железобетонные конструкции из высокопрочных бетонов. Правила проектирования».

Библиографический список

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
2. *Каприелов С. С., Шейнфельд А. В., Кардумян Г. С., Киселева Ю. А., Пригоженко О. В.* Уникальные бетоны и технологии в практике современного строительства // Междунар. симпозиум «Проблемы современного бетона и железобетона: матер. Международ. Симпозиума, ч. 2. Минск, 2007. С. 105-120.
3. *Каприелов С. С., Шейнфельд А. В., Аль-Омаис Д., Зайцев А. С.* Высокопрочные бетоны в конструкции фундаментов высотного комплекса «ОКО» в ММДЦ «Москва-Сити» // Промышленное и гражданское строительство, 2017. №3. С. 53-57.
4. *Давидюк А. Н., Несветаев Г. В.* Эффективные бетоны для современного высотного строительства. М.: ООО НИПКЦ. Восход — А, 2010.
5. EN 1992-1-1 (2004): Eurocode 2: Design of concrete structures. — Part 1-1: General rules and rules for buildings.
6. CEB-FIP Model Code 1990 Design Code/CEB Bulletin No. 213/214 —: International Federation for Structural Concrete (fib), 1993.
7. fib Model Code for Concrete Structures 2010: International Federation for Structural Concrete (fib). 2013.
8. ACI 318-14: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary/American Concrete Institute, 2014.
9. ISO 22965-2:2007 Concrete. — Part 2: Specification of constituent materials, production of concrete and compliance of concrete — International Organization for Standardization, 2007.
10. *Müller H. S., Anders I., Breiner R. and Vogel M.* Concrete: treatment of types and properties in fib Model Code 2010. Structural Concrete. 2013, № 14: Pp. 320-334.
11. *Lee J., Lim K., Yoo D., Lim N.* Deformation Characteristics of Ultrahigh-Strength Concrete under Unrestrained and Restrained States // Advances in Materials Science and Engineering. — Vol. 2017, Article ID 3679323.
12. *Карпенко Н. И., Зайцев Ю. В., Окольников Г. Э., Андрианов А. А., Погосян А. В.* Экспериментальное определение параметров механики разрушения высокопрочных бетонов // Academia. Архитектура и строительство, 2010. №3. С. 53-558.
13. *Пушенко А. С.* Высокопрочный бетон в условиях воздействия высоких температур при пожаре. Дисс. ... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 2008.
14. *Трекин Н. Н., Кодыш Э. Н.* Перспективы применения высокопрочных бетонов в конструкциях зданий и сооружений // Вестник МГСУ, 2011. — №2. С. 39-43.
15. fib Bulletin No. 42 Constitutive modelling for high strength/High performance concrete. State-of-art report/International Federation for Structural Concrete (fib). 2013.

Авторы:

Тахир Абдурахманович МУХАМЕДИЕВ, д-р техн. наук, главный научный сотрудник лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Takhir MUKHAMEDIYEV, Doctor of Engineering, Chief Researcher of the Laboratory of Corrosion and Durability of Concrete and Reinforced Concrete Structures of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: takhir50@rambler.ru

тел.: +7 (499) 174-76-95

Дмитрий Владимирович КУЗЕВАНОВ, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории железобетонных конструкций и контроля качества НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Dmitry KUZEVANOV, Ph. D. in Engineering, Senior Researcher of the Laboratory of Reinforced Concrete Structures and Quality Control of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: kuzevanovd@gmail.com

тел.: +7 (903) 772-17-49

ПЕРЕСМОТР СВОДА ПРАВИЛ СП 63.13330.2012 «БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ»

THE REVISION OF THE CODE OF RULES SP 63.13330.2012 «CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES. THE MAIN PROVISIONS»

Т. А. МУХАМЕДИЕВ, д-р техн. наук

С. А. ЗЕНИН, канд. техн. наук

В статье приводятся сведения о проекте пересмотренного свода правил СП 63.13330. Изменения внесены в некоторые указания разделов, касающихся области применения свода правил, нормативных ссылок, терминов и определений, требований к бетонным и железобетонным конструкциям, к материалам для бетонных и железобетонных конструкций, расчетам железобетонных конструкций по предельным состояниям первой и второй группы и конструктивных требований. Кроме того, внесены уточнения в указания Приложений В, Д и включены два новых приложения, содержащие правила проектирования механических соединений арматуры.

Ключевые слова:

Бетонные и железобетонные конструкции, конструирование, пересмотр, расчет, свод правил

The article presents information on the draft revision of the code of practice SP 63.13330. In developing the draft revision of the code of practice was made some changes in certain indications of current edition. Changes were made to some instructions in the sections on the scope of the regulations, normative references, terms and definitions, requirements for concrete and reinforced concrete structures, materials for concrete and concrete structures, concrete design limit states of the first and second groups and design requirements. In addition, amended the guidelines of appendices C, D and included two new annexes containing rules for the design of mechanical connections of reinforcement.

Key words:

Calculation, concrete and reinforced concrete, code of practice, design, revision

В 2017 году институтом НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» в рамках мероприятий по совершенствованию технического регулирования в строительной сфере был выполнен пересмотр СП 63.13330.2012 [3].

Пересмотр свода правил СП 63.13330.2012 выполнен в соответствии с пунктом 6 статьи 4 Федерального закона № 384-ФЗ [6], которым установлено, что своды правил, входящие в перечень обязательных для применения, подлежат контрольной проверке и в необходимых случаях — пересмотру или актуализации не реже чем через каждые пять лет.

Действующий свод правил СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» представляет собой актуализированную редакцию СНиП 52-01-2003 [2] и является основным нормативным документом, устанавливающим требования по расчету и проектированию бетонных и железобетонных конструкций для зданий и сооружений различного назначения.

Согласно Постановлению Правительства РФ № 1521 [5] СП 63.13330.2012 включен в перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона ФЗ-№384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Как известно, СП 63.13330.2012 распространяется на проектирование бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений различного назначения, эксплуатируемых в климатических условиях России, в среде с неагрессивной степенью воздействия, при статическом действии нагрузки.

Свод правил устанавливает требования к проектированию бетонных и железобетонных конструкций, изготавливаемых из тяжелого, мелкозернистого, легкого, ячеистого и напрягающего бетонов.

В ходе пересмотра СП 63.13330.2012 были откорректированы, уточнены или дополнены его отдельные положения, расчетные методики и указания по конструированию. Далее перечислены наиболее существенные изменения, внесенные в отдельные разделы действующей редакции СП.

Раздел, касающийся указания области применения свода правил, уточнен в части перечня конструкций, на которые не распространяются требования свода правил. В частности, из перечня удалено упоминание специфических конструкций. Дополнительно в раздел введено указание, что проектирование приведенных в перечне не охватываемых сводом правил конструкций выполняют по соответствующим нормативным документам.

Раздел, содержащий перечень ссылочных нормативных документов, откорректирован с учетом изменений в нормативной базе (введение в действие новых норм, актуализация или пересмотр уже утвержденных норм).

В раздел, содержащий термины и их определения, внесены следующие изменения:

- удалены пункты 3.7 и 3.9, касающиеся дисперсно-армированных конструкций и сталежелезобетонных конструкций, на которые не распространяются указания СП;
- введен термин «механическое соединение арматуры» и дано его определение: соединение, состоящее из соединительной муфты и двух арматурных стержней, воспринимающее усилия сжатия и растяжения;
- уточнено определение термина «рабочая высота сечения» — это расстояние от сжатой грани элемента до центра тяжести растянутой или наименее сжатой продольной арматуры;
- введен термин «соединительная муфта» и дано его определение: устройство с необходимыми дополнительными элементами для механического соединения арматурных стержней с целью обеспечения передачи усилия с одного стержня на другой.

В разделе, содержащем требования к расчету бетонных и железобетонных конструкций, уточнены нагрузки, на действие которых следует проводить расчет по предельным состояниям второй группы (п. 5.1.1). Кроме того, в подраздел 5.1 внесен отдельный пункт, касающийся расчета и конструирования конструкций с полимерной арматурой с учетом указаний специальных норм [4].

В раздел, содержащий сведения о материалах для бетонных и железобетонных конструкций, внесен ряд уточнений и корректировок. В частности, расширен параметрический ряд классов тяжелых бетонов по прочности на осевое растяжение (таблица 6.2 СП). Марки бетонов по морозостойкости (таблица 6.3 СП) приведены в соответствие действующим стандартам [1]: введены марки по морозостойкости по первому и второму базовым методам F1 и F2 соответственно. Уточнены правила назначения марок бетона по морозостойкости и водонепроницаемости. Также уточнены правила учета влияния длительности действия статической нагрузки на прочностные характеристики бетона (п. 6.1.12а). В разделе 6.2 расширены классы сталей для канатов — добавлены классы K1800 и K1900 (п. 6.2.4, таблицы 6.13 и 6.14 СП). Исключен пункт 6.2.9, касающийся характеристик фибробетона, так как на конструкции из фибробетона требования СП не распространяются.

В раздел свода правил, содержащий основные расчетные методики железобетонных конструкций, внесен ряд уточнений.

В подразделе 8.1 уточнены расчетные зависимости для учета влияния сжимающих и растягивающих напряжений при расчете изгибаемых и внецентренно сжатых или растянутых конструкций по полосе между наклонными сечениями и по наклонным сечениям (п. 8.1.34).

В частности указано, что для изгибаемых конструкций без предварительного напряжения арматуры значения коэффициента φ_n принимаются равными 1, а для остальных случаев включены зависимости для вычисления средних сжимающих $\sigma_{ср}$ и растягивающих σ_t напряжений в бетоне от воздействия продольных сил, используемые при определении коэффициента φ_n :

- для изгибаемых конструкций:

$$\sigma_{cp} = \frac{N}{A_{red}};$$

- для внецентренно сжатых конструкций:

$$\sigma_{cp} = \frac{N}{A + A_{sc} \cdot \frac{R_{sc}}{R_b}},$$

- для внецентренно растянутых конструкций:

$$\sigma_t = \frac{N}{A + A_s \cdot \frac{R_s}{R_b}},$$

где A — площадь всего бетона в поперечном сечении конструкции;

A_{sc} — площадь сечения сжатой арматуры;

A_s — площадь сечения растянутой арматуры.

Также в подразделе 8.1 помещены дополнительные пояснения в правила расчета конструкций на продавливание при совместном действии сосредоточенных силы и изгибающих моментов. Уточнено, что значение сосредоточенной силы следует принимать за вычетом сил, действующих в пределах основания пирамиды продавливания в противоположном направлении (п. 8.1.46). Дополнительно приведены требования по ограничению изгибающих моментов в условиях прочности плит на продавливание при совместном действии сосредоточенных силы и изгибающих моментов в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

В подразделе 8.2, касающемся расчетов элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы, уточнены зависимости:

- для определения положения нейтральной оси внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов (формула 8.153):

$$y_n = \frac{I_{b0} + \alpha_{s1} I'_{s0} + \alpha_{s2} I_{s0}}{S_{b0} + \alpha_{s1} S'_{s0} - \alpha_{s2} S_{s0}};$$

- для вычисления коэффициента, учитывающего неравномерное распределение деформаций растянутой арматуры между трещинами при определении кривизны железобетонных элементов на основе нелинейной деформационной модели (формула 8.161):

$$\Psi_{sj} = \frac{1}{1 + 0,8 \frac{\varepsilon_{sj,crk}}{\varepsilon_{sj}}}.$$

В раздел, касающийся конструктивных требований к бетонным и железобетонным конструкциям, внесены следующие изменения. Раздел дополнен конструктивными

требованиями к балкам и изгибаемым плитам толщиной более 700 мм, которые сегодня часто применяются в конструктивных системах зданий и сооружений. Указаны требования по количеству и размещению конструктивной продольной и поперечной арматуры по сечению таких элементов, по назначению шагов и диаметров конструктивной арматуры. Уточнены конструктивные требования к защитному слою бетона (п. 10.3.2) в части установки конструктивной арматуры в виде сеток; указания по минимальному проценту армирования бетонных и железобетонных конструкций (п. 10.3.6); уточнены существующие и введены дополнительные требования по анкеровке арматуры (п. 10.3.21). Для исключения дублирования обозначений коэффициентов α , используемых в расчетах длин анкеровки и нахлестки, в пункте 10.3.25 изменено обозначение коэффициента, учитывающего влияние на длину анкеровки напряженного состояния бетона и арматуры и конструктивного решения элемента в зоне анкеровки.

В раздел, содержащий требования к изготовлению, возведению и эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций, внесены корректировки, учитывающие требования действующих и актуализированных стандартов, отраженные в разделе 2 «Нормативные ссылки» СП. Удален последний абзац п. 11.1.1, касающийся технологии подбора составов фибробетонов. Введен новый пункт 11.2.9, касающийся требований к механическим соединениям арматуры.

В проект СП включены новые приложения: Приложение К «Требования к правилам проектирования и конструирования железобетонных конструкций с механическими соединениями арматуры» и Приложение Л «Расчет соединительных муфт опрессованных механических соединений». В этих приложениях приведены указания по проектированию механических (муфтовых) соединений арматуры, а также указания по расчету муфт опрессованных механических соединений арматуры.

Приложение В, касающееся расчета конструктивных систем зданий и сооружений, дополнено требованием по обеспечению не менее чем двукратного запаса по устойчивости формы (п. В. 9).

В Приложении Д, содержащем указания по расчету колонн круглого и кольцевого сечений, уточнены правила определения площади сжатой зоны круглого сечения колонн.

Приложение И «Расчет сборно-монолитных конструкций» исключено в связи с разработкой специального свода правил по проектированию сборно-монолитных конструкций.

Проект пересмотра СП 63.13330.2012 прошел общественные обсуждения и экспертизу.

Представляется, что СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003» в пересмотренной редакции будет способствовать более качественному проектированию бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений.

Библиографический список

1. ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости. Основные требования.
2. СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
3. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.
4. СП 295.1325800.2017 Конструкции бетонные армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования.
5. Постановление Правительства РФ от 26 декабря 2014 г. № 1521 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ-№ 384 Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»».
6. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ.

Авторы:

Тахир Абдурахманович МУХАМЕДИЕВ, д-р техн. наук, главный научный сотрудник лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Takhir MUKHAMEDIYEV, Doctor of Engineering, Chief Researcher of the Laboratory of Corrosion and Durability of Concrete and Reinforced Concrete Structures of NIIZHB named after A. A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: takhir50@rambler.ru

тел.: +7 (499) 174-76-95

Сергей Алексеевич ЗЕНИН, канд. техн. наук, заведующий лабораторией теории железобетона и конструктивных систем НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Sergey ZENIN, Ph. D. in Engineering, Head of the Laboratory of the Theory of reinforced concrete and constructive systems of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: lab01@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-75-17

РАЗРАБОТКА ПОСОБИЯ К СВОДУ ПРАВИЛ 28.13330.2017 «СНИП 2.03.11-85 ЗАЩИТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ»

DEVELOPMENT OF THE MANUAL TO THE CODE OF RULES 28.13330.2017 «PROTECTION OF BUILDING STRUCTURES FROM CORROSION»

В. Ф. СТЕПАНОВА, д-р техн. наук

Н. К. РОЗЕНТАЛЬ, д-р техн. наук

Г. В. ЧЕХНИЙ, канд. техн. наук

Рассматриваются изменения, осуществленные при разработке Посо- бия к СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии» в области защиты бетон- ных и железобетонных конструкций от коррозии. Учтены изменения в стан- дартах, происшедшие в период с 1989 по 2017 гг. Учтен опыт применения СП 28.13330.2012 производственными и проектными организациями. Приве- дены примеры оценки агрессивного воздействия сред, создания конструкций из коррозионностойких бетонов, выбора оптимальных мер защиты.

The article reviews the changes made during the development of the Manual to Code of Practice CP 28.13330.2017 «SNiP 2.03.11-85 Protection of building structures against corrosion» in the field of protection of concrete and reinforced concrete structures from corrosion. Changes in the standards that occurred between 1989 and 2017 are taken into account. The experience of application of CP 28.13330.2012 by production and design organizations is taken into account. Examples of assessing the corrosive effects of media, creating structures of corrosion-resistant concrete, choosing the best protective measures are given.

Ключевые слова:

Агрессивная среда, водонепроницае- мость, диффузионная проницаемость для хлоридов, защита от коррозии, коррозия, морозостойкость, строи- тельные конструкции, сульфатостой- кость

Key words:

Aggressive environment, building construction, cold resistance, corrosion, corrosion protection, diffusion permeability for chloride, impermeability to water, sulphate resistance

Пособие по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций разработано к СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии». По сравнению с Пособием к СНиП 2.03.11-85, изданным в 1989 г., новая редакция Пособия доработана с учетом актуализации СП. 28.13330.2017.

Новая редакция Пособия разработана на основе анализа и обобщения теоретических и экспериментальных исследований, натурных обследований, проведенных в последние годы, с учетом накопленного опыта эксплуатации зданий и сооружений в агрессивных средах [1-4].

При составлении Пособия использованы материалы отечественных нормативных и научно-технических документов: СП 72.13330.2016 «СНиП 3.04.03-85 Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии» и СП 229.1325800.2014 «Железобетонные конструкции подземных сооружений и коммуникаций. Защита от коррозии», ГОСТ 31384 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования», ГОСТ 31383 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний», ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 «Бетон. Общие технические условия» и другие.

Пособие составлено в развитие СП 28.13330.2017 с целью проектирования защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций как вновь возводимых, так и реконструируемых зданий и сооружений, подвергающихся химическому, биологическому или физико-химическому воздействию агрессивных природных и производственных сред в промышленном, гидротехническом, энергетическом, транспортном, водохозяйственном, сельскохозяйственном, жилищно-гражданском и других областях строительства. Пособие распространяется на бетонные и железобетонные конструкции, эксплуатирующиеся в агрессивных средах с температурой от минус 70 °С до плюс 50 °С.

Пособие не распространяется на проектирование защиты бетонных и железобетонных конструкций от коррозии, вызванной радиоактивными веществами, защиты зданий и сооружений, подвергающихся интенсивному тепловому воздействию, воздействию жидких сред с высокими температурами и давлениями, а также на конструкции из специальных бетонов (полимербетонов, бетонополимеров, кислотостойких, жаростойких бетонов). Полимербетоны и кислотостойкие бетоны рассматриваются в Пособии только как материалы для защиты от коррозии поверхностей бетонных и железобетонных конструкций.

Для облегчения пользования при проектировании и увязки с СП 28.13330.2017 в пунктах и таблицах Пособия в скобках указаны соответствующие номера пунктов и таблиц СП 28.13330.2017. Это означает, что данный пункт или данная таблица Пособия повторяет или развивает указанный пункт или таблицу СП 28.13330.2017.

СП 28.13330 является элементом доказательной базы, обеспечивающим требования Технического регламента о безопасности зданий и сооружений, разработанно-

го в целях реализации Федерального закона «О техническом регулировании». Свод правил входит в Перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». В связи с этим из СП 28.13330.2017 исключены все ссылки на нормативные документы добровольного применения, что затрудняет пользование стандартом. Настоящее Пособие разработано с пояснениями и с указанием всех необходимых ссылок.

Пособие содержит общие требования по защите от коррозии бетонных и железобетонных конструкций, классификацию степени агрессивного воздействия газовых, твердых и жидких сред, требования к бетону, подвергающемуся периодическому замораживанию и оттаиванию при увлажнении пресными и минерализованными, в том числе морскими водами, растворами противогололедных реагентов. Даны меры защиты бетона от коррозии, вызываемой взаимодействием щелочей цемента с реакционноспособным диоксидом кремния заполнителя, указаны способы защиты от коррозионного воздействия грибов и бактерий. Приведены меры по первичной и вторичной защите от коррозии бетонных и железобетонных конструкций, защите надземных и подземных железобетонных конструкций, свай, ограждающих конструкций, меры защиты железобетонных конструкций от электрокоррозии.

Опыт применения СП 28.13330 показал, что наиболее часто у проектировщиков возникают вопросы по оценке агрессивности среды по отношению к бетону и железобетону.

На примере твердых сред рассмотрим оценку агрессивности среды. Твердые среды агрессивны по отношению к железобетону только в присутствии жидкой влаги (конденсата, атмосферных осадков).

Степень воздействия твердых сред определяется наличием в них агрессивных соединений, их гигроскопичностью, растворимостью, а также влажностью среды (таблицы «Классификация агрессивных твердых сред», «Характеристика твердых сред (солей, оксидов, гидроксидов, органических соединений), аэрозолей и пыли»). Гигроскопичность зависит от равновесной упругости водяного пара над кристаллогидратами солей. Высокогигроскопичные соли имеют низкую упругость пара. В среде с относительной влажностью, при которой упругость водяных паров в воздухе выше равновесной, происходит поглощение солью влаги из воздуха и образование на поверхности конструкций концентрированного солевого раствора, способного оказать коррозионное воздействие.

К малорастворимым относятся соли с растворимостью менее 2 г/л, к хорошо растворимым — более 2 г/л. К малогигроскопичным относятся соли, имеющие равновесную относительную влажность 60% и более при температуре 20 °С, а к гигроскопичным — менее 60%. Присутствие нерастворимых веществ не влияет на агрессивность среды. В табл. 1 Пособия дана упругость паров воды над насыщенными водными рас-

творами некоторых хорошо растворимых солей при температуре 20 °С.

Таблица 1

Упругость паров воды над насыщенными водными растворами хорошо растворимых солей при 20 °С (Пособие)

Формула раствора соли	Давление паров воды		Равновесная относительная влажность, %	Растворимость в 100 г воды при 20 °С	Гигроскопичность
	Па	мм рт. ст.			
ZnCl ₂	233,3	1,75	10	367,0	Гигроскопичные
CaCl₂	819,9	6,15	35	74,5	
Zn(NO ₃) ₂	981,2	7,36	42	118,8	»
NH ₄ NO ₃	1565,2	11,74	67	192,0	»
NaNO ₃	1803,8	13,53	77	87,5	Малогигроскопичные
NaCl	1817,2	13,63	78	35,9	
NH ₄ Cl	1855,8	13,92	79	37,5	То же
Na ₂ SO ₄	1893,2	14,20	81	19,2	»
(NH ₄) ₂ SO ₄	1895,8	14,22	81	76,3	»
KCl	2005,2	15,04	86	34,4	»
CuSO ₄	2086,5	15,65	89	76,4	»
ZnSO ₄	2123,8	15,93	91	54,1	»
KNO ₃	2167,8	16,26	93	31,6	»
K ₂ SO ₄	2306,5	17,30	99	11,1	»
CaSO ₄	-	-	-	0,2	»

Примечание — При значениях относительной влажности воздуха, больших равновесной, на поверхности образуется конденсат.

Для пояснения вышеизложенного материала в Пособии приведен пример оценки агрессивного воздействия хлорида кальция при проектировании фермы производственного здания (температура в межферменном пространстве 18 °С, относительная влажность воздуха 60%).

Упругость водяного пара над насыщенным раствором хлорида кальция равна 819,9 Па (6,15 мм рт. ст.). Равновесная упругость водяного пара над водой при температуре 20 °С равна 17,4 мм. Равновесная относительная влажность при температуре 20 °С составит $(6,15 \times 100) : 17,4 = 35\%$. При относительной влажности воздуха более 35% насыщенный раствор хлорида кальция поглощает воду из атмосферы; хлорид кальция является гигроскопичной солью.

Растворимость хлорида кальция составляет 745 г/л. Таким образом, хлорид кальция является гигроскопичной, хорошо растворимой солью.

В помещении с нормальным влажностным режимом хорошо растворимые гигроскопичные твердые среды по отношению к железобетону являются среднеагрессивными согласно таблице «Классификация агрессивных твердых сред».

Для железобетонных конструкций, подвергающихся действию жидких агрессив-

ных сред, агрессивность сред следует определять отдельно для бетона и стальной арматуры и назначать комплекс мер первичной и вторичной защиты, обеспечивающих защиту от коррозии бетона и арматуры.

Степень агрессивного воздействия жидкой неорганической среды, в том числе хлоридов, по отношению к бетону определяется по таблице «Степень агрессивного воздействия жидких неорганических сред на бетон». Для стальной арматуры в жидких хлоридных средах требования к защитному слою бетона назначаются по таблице «Максимально допустимая концентрация хлоридов в условиях воздействия жидких хлоридных сред на стальную арматуру железобетонных конструкций в открытом водоеме и в грунте». В таблицах значения показателей агрессивности жидких сред меняются ступенчато. Вблизи граничных значений показателей при оценке степени агрессивного воздействия среды допускается не учитывать отклонения от нормируемых величин в пределах +10%.

Для оценки агрессивности грунтовых вод необходимо знать:

- химический анализ воды;
- характеристику условий контакта воды и бетона (свободное омывание, напор);
- коэффициент фильтрации грунта;
- наличие испаряющих поверхностей конструкций;
- температурные условия работы конструкций;
- предполагаемую проницаемость бетона;
- вид цемента, намечаемого к применению.

Пробы должны характеризовать все водоносные горизонты, воды которых будут контактировать с проектируемыми конструкциями. При этом должна быть учтена возможность подъема уровня грунтовых вод в процессе эксплуатации проектируемых сооружений, попадания в грунт технологических растворов и изменения гидротехнической обстановки после возведения сооружений.

При изменении химического состава воды в зависимости от времени года следует учитывать наибольшую агрессивность, наблюдающуюся в течение года.

При наличии нескольких результатов химического анализа из одного и того же водоносного горизонта, скважины или водоема оценка агрессивности проводится по усредненным показателям химических анализов при условии, что отклонения единичных показателей от среднего значения не превышают 25%. При большем отклонении от средних значений оценка агрессивности определяется по наиболее неблагоприятному анализу.

Следует отметить, что Пособие к СП 28.13330.2017 разработано с учетом принятых в РФ принципов назначения требований к бетону конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах [1, 2, 5, 6]. В отечественных нормах учитывается проницаемость бетона, от которой зависит скорость проникания компонентов агрессивной среды в бетон, и реакционная способность компонентов бетона (возможность

или невозможность химического взаимодействия с агрессивной средой).

Для пояснения изложенного материала в Пособии приведен пример оценки степени агрессивного воздействия грунтовых вод по отношению к железобетонным фундаментам, расположенным в уровне грунтовых вод и в зоне капиллярного подсоса. Коэффициент фильтрации грунтов в районе строительства $K_{\phi} = 0,12$ м/сут. Химический анализ грунтовой воды: бикарбонатная щелочность HCO_3^- — 3,8 мг-экв/л; водородный показатель pH — 6,6; агрессивная уголекислота $\text{CO}_{2\text{agr}}$ — 12 мг/л; содержание ионов, мг/дм³: Mg^{2+} — 1718; Ca^{2+} — 461; $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ — 2968; Cl^- — 3546; SO_4^{2-} — 4604; суммарное содержание солей по сухому остатку — 14768 мг/л.

Для оценки агрессивности среды по отношению к бетону записывают данные в табл. 2 и сопоставляют их с показателями таблиц «Степень агрессивного воздействия жидких неорганических сред на бетон» и «Степень агрессивного воздействия жидких сульфатных сред, содержащих бикарбонаты, для бетонов марок по водонепроницаемости W4-W8» для грунта с коэффициентом фильтрации более 0,1 м/сут. Из табл. 2 Пособия видно, что, варьируя проницаемостью бетона и видом цемента, можно исключить опасность коррозии бетона в данных условиях.

Анализ показывает, что в приведенном выше примере наибольшую опасность коррозии вызывают хлориды. Требования по защите от хлоридов приведены в таблице «Максимально допустимая концентрация хлоридов в условиях воздействия жидких хлоридных сред на стальную арматуру железобетонных конструкций в открытом водоеме и в грунте». Для защиты стальной арматуры требуется применить бетон особо низкой проницаемости [1, 7]. При использовании такого бетона среда по остальным показателям является неагрессивной к бетону. Если защита от хлоридов не обеспечивается первичными мерами, следует применить вторичную защиту, например, в виде пропитки защитного слоя уплотняющими составами.

В Пособии приведены примеры создания конструкций из коррозионностойких бетонов и выбора оптимальных мер защиты. Например, требуется назначить требования к бетону для опор причального сооружения в Баренцевом море в районе г. Мурманска. Опоры причала в нижней части находятся под водой, выше — в зоне переменного горизонта и в зоне всплеска волн, ещё выше — в зоне воздействия брызг морской воды. Наиболее подвержена повреждению от морозного воздействия средняя часть, находящаяся в зоне переменного горизонта и всплеска волн [8, 9].

В Пособии указано, что коррозионная стойкость и стойкость к морозному воздействию конструкций, подвергающихся действию морской воды, должна обеспечиваться преимущественно первичной защитой (выбором цементов и добавок, снижением проницаемости бетона, увеличением толщины защитного слоя, защитой арматуры антикоррозионными покрытиями, применением композитной арматуры) или вторичной, или электрохимической защитой.

Таблица 2

Оценка степени агрессивного воздействия среды на бетон (таблица 2 Пособия)

Химический анализ воды		Вид цемента	Степень агрессивного воздействия на бетон проницаемостью			Оценка агрессивности по таблице	Дополнительные данные
			W4	W6	W8		
Показатель	Содержание		Неагрессивная				
Бикарбонатная щелочность	3,8 мг-экв/дм ³	Любой	Неагрессивная				
Водородный показатель pH	6,6	Любой	Неагрессивная				
Агрессивная углекислота, CO _{2,агр}	12 мг/дм ³	Любой	Неагрессивная				
Магnezиальные соли Mg ²⁺	17184604	Любой	Слабая	Неагрессивная			
Едкие щелочи Na ⁺ + K ⁺	2968 мг/дм ³	Любой	Неагрессивная				
Суммарное содержание солей хлоридов, сульфатов, едких щелочей (сухой остаток)	14768 мг/дм ³	Любой	В отсутствии испаряющей поверхности, среда к бетону неагрессивна			В. 3 (В. 3)	Для элементов фундаментов, расположенных на уровне грунтовых вод
Сульфаты SO ₄ ²⁻ (при 3,8 мг-экв/дм ³ HCO ₃ ⁻)	4606 мг/дм ³	Портландцемент группы I по таблице В. 5 (В. 5)	Сильная	Сильная	Сильная		Для элементов фундаментов, расположенных в уровне грунтовых вод. Для бетонов W4, W6, W8 концентрация сульфатов в таблице В. 4 (В. 4) умножается соответственно на 1,0, 1,3 и 1,7
		Портландцемент с содержанием в клинкере C ₃ S не более 65%, C ₂ A — не более 7%, C ₃ A+C ₄ AF — не более 22% и шлакопортландцемент	Средняя	Неагрессивная		В. 4 (В. 4)	
Хлориды Cl ⁻	4604 мг/дм ³	Любой	Неагрессивная			Г. 1 (Г. 1)	Защита от хлоридов может быть обеспечена уплотняющей пропиткой бетона

Применение стальной арматуры с защитным антикоррозионным покрытием в агрессивных средах допускается при наличии экспериментального подтверждения коррозионной стойкости стальной арматуры с защитным покрытием или композитной полимерной арматуры, отвечающей требованиям соответствующей нормативной документации.

По СП 131.13330 находим, что для г. Мурманска температура воздуха наиболее холодной пятидневки равна минус 27 °С. По таблице «Требования к морозостойкости бетона конструкций, работающих в условиях знакопеременных температур» для бетона, насыщенного морской водой (п. 1, а), при расчётной зимней температуре минус 27 °С обеспеченностью 0,92 находим марку бетона по морозостойкости F₂₃₀₀.

Для сооружений первого (повышенного) уровня ответственности и для конструкций со сроком эксплуатации 100 лет степень агрессивного воздействия должна быть повышена на одну ступень. С учетом этого марка бетона по морозостойкости должна быть принята равной F₂₄₅₀. Подобная марка бетона по морозостойкости была принята при строительстве Кислогубской приливной электростанции. После 50 лет эксплуатации железобетонные конструкции станции не имеют морозного повреждения бетона.

Для обеспечения сохранения стальной арматуры следует варьировать требованиями по диффузионной проницаемости бетона для хлоридов и толщиной защитного слоя бетона.

По таблице «Максимально допустимая концентрация хлоридов в условиях воздействия жидких хлоридных сред на стальную арматуру железобетонных конструкций в открытом водоеме и в грунте» находим: толщина защитного слоя должна быть не менее 50 мм, диффузионная проницаемость для хлоридов — не более $5 \cdot 10^{-13}$ м²/с, что эквивалентно марке бетона по водонепроницаемости W10-W14.

Требования по защите от коррозии к тяжелому бетону распространяются на легкие бетоны, если по коррозионным характеристикам и морозостойкости они соответствуют требованиям СП 28.13330.2017.

Пособием допускается применение конструкционных легких бетонов в несущих конструкциях, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах, при условии соответствия конструкционных легких бетонов требованиям норм по коррозионной стойкости, предъявляемым к плотным тяжелым бетонам, а именно, виду вяжущего, проницаемости, способности пассивировать стальную арматуру. Пассивирующая способность бетона на пористых заполнителях может быть снижена вследствие гидравлической активности самого заполнителя (связывание гидроксида кальция Ca(OH)₂ активными составляющими SiO₂ и Al₂O₃), что приводит к понижению pH жидкой фазы бетона.

Гидравлическая активность заполнителя зависит от химического состава и крупности зерен заполнителя. Определяющим в химическом составе заполнителя является содержание активных алюминатов (в расчете на Al₂O₃) и диоксида кремния SiO₂. Наибольшей активностью обладают мелкие фракции пористого заполнителя с разме-

ром частиц 0,3 мм и менее. Гидравлическая активность мелкого пористого заполнителя устанавливается ускоренным методом, приведенным в приложении С Пособия. Мелкий пористый заполнитель по гидравлической активности подразделяется на три группы в соответствии с табл. 3 (таблицей 6 Пособия).

Для обеспечения первичного (на стадии изготовления и твердения) пассивирующего действия бетона, изготовленного с применением мелкого заполнителя со средней и сильной гидравлической активностью, следует рассчитать минимальное количество цемента по формуле

$$Ц = K \sum \Pi a 100 / (0,43 \alpha C_3S + 0,11 \beta C_2S), \quad (1)$$

где K – коэффициент запаса, равный 1,25; Π – количество отдельных фракций активных заполнителей, кг/м³ бетона; a – количество СаО, которое может быть связано 1 кг заполнителя различных фракций, кг/кг; α и β – степень гидратации алита и белита к моменту окончания термообработки бетона (принимается соответственно 0,8 и 0,6); C_3S , C_2S – содержание соответственно алита и белита в составе цемента, % (C_2S учитывается при содержании свыше 25%).

Таблица 3

Группы заполнителей по гидравлической активности и минимальный допустимый расход цемента в бетоне (таблица 6 Пособия)

<i>Группа заполнителей по гидравлической активности</i>	<i>Характеристика гидравлической активности мелкого пористого заполнителя</i>	<i>Количество СаО, мг, связанное 1 г заполнителя в процессе термообработки*</i>	<i>Рекомендуемые виды цемента</i>	<i>Минимальное содержание алита в клинкере портландцемента, %</i>	<i>Минимально допустимый расход цемента, кг/м³</i>
I	Слабоактивные	Свыше 40 до 50	Все цементы, отвечающие требованиям стандартов	-	220
II	Среднеактивные	Свыше 50 до 75	Портландцемент. Шлакопортландцемент. Пуццолановый, напрягающий цемент	40	250
III	Сильноактивные	Свыше 75	Портландцемент	60	300

К вышеизложенному материалу в Пособии приводится расчет минимального расхода цемента, необходимого для пассивации стальной арматуры при использовании пористого песка.

Например, в 1 м³ бетона содержится 354 кг пористого песка. Гидравлическая активность (средняя по фракциям), определенная по приложению С, составила 120 мг/г, т.е. 1 кг пористого песка связывает 0,12 кг СаО. Количество С₃S в цементе 62%, С₂S – 17%. Расчет по формуле (1) показывает, что минимальный необходимый для пассивации стальной арматуры расход цемента равен $C = 100 \cdot 1,25 \cdot 354 \cdot 0,12 : (0,43 \cdot 0,8 \cdot 62) = 249$ кг. При принятых в расчете параметрах такое содержание цемента обеспечит первичную пассивность арматурной стали в бетоне.

При проектировании защиты от коррозии железобетонных конструкций выбор конструктивных решений, средств и способов защиты в зависимости от вида, степени и условий агрессивного воздействия должен проводиться на основе оценки технико-экономической целесообразности их применения в конкретных условиях строительства и эксплуатации. При сравнении рекомендуемых вариантов защиты следует учитывать периодичность возобновления мер вторичной защиты конструкций, наличие промышленного выпуска и порядок поставки коррозионностойких материалов для конкретных объектов строительства. Основной технической задачей при этом является учет функционального назначения производственных зданий и сооружений при обеспечении нормальной эксплуатации размещаемого технологического оборудования и машин в течение проектного срока службы и соответствующих условий производственной среды для работающих. Срок службы защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций с учетом необходимого периодического восстановления должен соответствовать проектному сроку эксплуатации здания или сооружения. Жизненный цикл конструкций должен отвечать требованиям ГОСТ Р ИСО 14040 — ГОСТ Р ИСО 14045.

Библиографический список

1. *Розенталь Н. К.* Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости. М.: ФГУП ЦПП, 2006.
2. *Розенталь Н. К., Степанова В. Ф., Чехний Г. В.* Бетоны высокой коррозионной стойкости и нормирование их характеристик // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века.* 2017. № 3–4. С. 218–219.
3. *Шейнфельд А. В.* Органоминеральные модификаторы как фактор, повышающий долговечность железобетонных конструкций // *Бетон и железобетон.* 2014. № 3. С. 16–21.
4. *Штарк И., Вихт Б.* Долговечность бетона. Киев. Оранта. 2004.
5. *Москвин В. М.* Коррозия бетона. М.: Госстройиздат, 1952.

6. Москвин В. М., Иванов Ф. М., Алексеев С. Н., Гузев Е. А. Коррозия бетона и железобетона. Методы их защиты. М.: Стройиздат, 1980.

7. Розенталь Н. К., Степанова В. Ф., Чехний Г. В. Хлориды в бетоне и их влияние на развитие коррозии стальной арматуры // ПГС. 2017. № 1. С. 92–96.

8. Розенталь Н. К., Чехний Г. В. Как защитить ГТС от коррозии бетона. // Морские порты. 2016. № 1 (1452). С. 26–28.

9. Розенталь Н. К., Чехний Г. В., Паршина И. М., Орехов С. А. Коррозия бетонных и железобетонных конструкций в пресных и морских водах // Вестник «НИЦ «Строительство». 2017. № 1 (12). С. 43–53.

Авторы:

Валентина Федоровна СТЕПАНОВА, д-р техн. наук, проф., заведующая лабораторией коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Valentina STEPANOVA, Doctor of Engineering, Full Prof., Head of Laboratory corrosion and durability of structural concrete, NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: vfstepanova@mail.ru

Николай Константинович РОЗЕНТАЛЬ, д-р техн. наук, заведующий сектором лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Nikolay ROSENTAL, Doctor of Engineering, Head of sector of Laboratory corrosion and durability of structural concrete, NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: rosental08@mail.ru

Галина Васильевна ЧЕХНИЙ, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Galina CHEHNIY, Ph. D. in Engineering, Leading researcher of Laboratory of corrosion and durability of structural concrete, NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: chehniy@mail.ru

АКТУАЛИЗАЦИЯ СВОДА ПРАВИЛ 28.13330.2017 «ЗАЩИТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ»

ACTUALIZATION OF CODE OF RULES 28.13330.2017 «PROTECTION OF BUILDING STRUCTURES FROM CORROSION»

В. Ф. СТЕПАНОВА, д-р техн. наук

Н. К. РОЗЕНТАЛЬ, д-р техн. наук

Г. В. ЧЕХНИЙ, канд. техн. наук

В актуализированной редакции СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» даны изменения ряда положений прежнего свода правил. Учтены изменения в стандартах, произошедшие в период с 2012 по 2017 г. Учтен опыт применения СП 28.13330.2012 производственными и проектными организациями. Введены дополнительно таблицы по защите конструкций от биологической коррозии. Более подробно изложен ряд пунктов.

In the updated edition of SP 28.13330.2016 «Corrosion protection of building structures» certain provisions of the SP 28.13330.2012 are modified. Changes in standards from 2012 to 2016 years have taken. The experience of application of SP 28.13330.2012 by industrial and design organizations was taken into account. Additional table to protect structures from biological corrosion introduced. A number of items are outlined in more detail.

Ключевые слова:

Агрессивная среда, водонепроницаемость, диффузионная проницаемость для хлоридов, защита от коррозии, коррозия, морозостойкость, строительные конструкции, сульфатостойкость

Key words:

Aggressive environment, building construction, cold resistance, corrosion, corrosion protection, diffusion permeability for chloride, impermeability to water, sulphate resistance

Постановлением Правительства Российской Федерации утверждён Перечень национальных стандартов, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». В перечень включен свод правил СП

28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии». Выполняемая в настоящее время актуализация СП 28.13330 предусмотрена планом ФАУ ФЦС на 2017 г. При актуализации учтены замечания и предложения к СП 28.13330, поступившие от проектных и производственных организаций за 2011-2017 гг., в том числе в период работы над актуализацией СП. Учтены рекомендации, сделанные ФАУ ФЦС в завершающем периоде работы над документом.

При актуализации СП 28.13330 сохранена прежняя структура документа, учтены изменения в смежных нормативных документах, произошедшие с момента ввода в действие СП 28.13330.2012, а также результаты исследований последних лет [1-5]. В тексте СП сделаны исправления и уточнения, касающиеся:

- требований при назначении предельно допустимой ширины раскрытия трещин и толщины защитного слоя бетона в хлоридных средах;
- понятия «Зона влажности» в соответствии с СП 50.13330 «Тепловая защита зданий»; требования при назначении зон влажности,
- общих технических требований к антикоррозионной защите строительных конструкций, армированных композитной полимерной арматурой, и конструкций, подверженных биовоздействиям;
- положений в части влияния шага металлических колонн и ферм в агрессивных средах на коррозионную стойкость конструкций;
- пожарно-технических требований к строительным конструкциям; устранены противоречия в своде правил с этими требованиями;
- переработки и дополнения таблиц «Виды цемента для бетона в агрессивных условиях», «Классификация сред эксплуатации», «Максимально допустимая концентрация хлоридов в условиях воздействия жидких хлоридных сред на стальную арматуру железобетонных конструкций в открытом водоеме и в грунте»;
- внесения изменений в таблицу «Требования к бетону конструкций, работающих в условиях знакопеременных температур» в части определения расчетной зимней температуры наружного воздуха и уточнения марок бетона по морозостойкости;
- новых видов и классов арматурной стали;
- дополнений по применению в агрессивных средах стальной арматуры с защитным антикоррозионным покрытием.

Введены изменения и дополнения в отдельные разделы СП.

В разделе «Область применения» указано, что СП распространяется как на вновь возводимые, так и на реконструируемые здания и сооружения. С учётом СП 63.13330 указано, что требования распространяются на защиту от коррозии конструкций зданий и сооружений при воздействии агрессивных сред с температурой от минус 70 до плюс 50 °С.

Переработан раздел «Нормативные ссылки». В соответствии с требованиями ФАУ ФЦС в данном разделе, как и во всем тексте свода правил, оставлены ссылки лишь на стандарты и своды правил, включенные в перечень документов, обязатель-

ных для применения, остальные — исключены. Дополнительно включены некоторые своды правил, например СП 41.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений», СП 121.13330.2012 «Аэродромы».

В раздел «Термины и определения» введены дополнительно термины: гидроизоляционные проникающие смеси, зона переменного уровня, ряд терминов, касающихся биоповреждений, и др.

Существенной доработке подвергся раздел «Бетонные и железобетонные конструкции». Указано, что морозостойкость бетона должна обеспечиваться мерами первичной защиты. Это не исключает мер, связанных с гидроизоляцией конструкций. В этом случае согласно таблице «Требования к морозостойкости бетона конструкций, работающих в условиях знакопеременных температур» изменяется воздействие влаги на бетон и требования к бетону по морозостойкости понижаются. Гидроизоляция бетонных и железобетонных конструкций и герметизация (стыков, зазоров, швов и т. п.) должна осуществляться в соответствии с нормативными документами по гидроизоляции.

Уточнен и дополнен раздел «Степень агрессивного воздействия сред». Согласно новой редакции, внешние агрессивные среды и воздействия подразделяются в зависимости от физического состояния на газовые, жидкие и твердые, от интенсивности воздействия на бетонные и железобетонные конструкции — на неагрессивные, слабоагрессивные, среднеагрессивные и сильноагрессивные. По характеру воздействия на бетон среды подразделяются на:

- химические (сульфатная, магнезиальная, кислотная, щелочная и т. п.);
- биологически активные (химическое воздействие продуктов метаболизма грибов, бактерий);
- оказывающие физическое воздействие — действие корней растений, гифов грибов, обрастание водорослями, лишайниками и т. п., действие отрицательных температур (переменное замораживание и оттаивание).

Указаны процессы внутреннего взаимодействия компонентов бетона: действие щелочей на реакционноспособный кремнезем и доломиты заполнителя; образование этtringита и таумасита в поздние сроки.

Влажностный режим помещений (сухой, нормальный, влажный, мокрый) устанавливается в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха по СП 50.13330 с учётом максимального значения относительной влажности в определённом температурном диапазоне. Зона влажности (сухая, нормальная, влажная) устанавливается по Приложению В СП 50.13330.

Степень агрессивного воздействия устанавливается по отношению к конкретному незащищенному от коррозии бетону. В таблице «Среды эксплуатации» среды проиндексированы по возрастанию агрессивности. Указано, что при одновременном воздействии различных агрессивных сред степень воздействия среды на бетон (железобетон) определяется по наиболее агрессивной.

При выборе способа защиты указаны мероприятия по защите от коррозии на стадии строительства и реконструкции и на стадии эксплуатации зданий и сооружений.

Скорректированы требования к материалам и конструкциям. Требования по обеспечению коррозионной стойкости бетона для каждого условия эксплуатации должны включать разрешенные виды и марки (классы) составляющих бетона, необходимый объем вовлеченного воздуха или газа (для бетонов с требованиями по морозостойкости), проектную марку бетона по водонепроницаемости и/или максимальный допускаемый коэффициент диффузии хлоридов или углекислого газа.

В описание требований к заполнителям внесены дополнения с указанием, что максимально допустимое содержание водорастворимых хлоридов не должно превышать 0,10% в щебне и гравии и 0,15% в песке. Заполнители, содержащие доломит и доломитизированный известняк, допускается применять лишь в случае, если опытным путем доказано отсутствие повреждения бетона от расширения (реакции взаимодействия карбоната магния со щелочами цемента и химических добавок).

Подраздел о добавках в бетон переработан и дополнен. Для повышения стойкости бетона железобетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, следует использовать добавки, в том числе:

- для снижения проницаемости бетона в агрессивных средах — пластифицирующие и водоредуцирующие добавки, в том числе в сочетании с активными минеральными добавками; расширяющие добавки;
- в условиях капиллярного подсоса жидких агрессивных сред — гидрофобизирующие добавки, в том числе в сочетании с пластифицирующими и водоредуцирующими добавками;
- для повышения стойкости бетона в агрессивных сульфатных и хлоридных средах — активные минеральные добавки в сочетании с пластифицирующими и водоредуцирующими добавками, расширяющие добавки;
- для повышения морозостойкости бетона — воздухововлекающие и газообразующие, в том числе в сочетании с пластифицирующими и водоредуцирующими добавками;
- при воздействии углекислого газа (карбонизации), а также хлоридов — ингибиторы коррозии стальной арматуры, в том числе в сочетании с пластифицирующими, водоредуцирующими добавками;
- при воздействии биологических коррозионно-активных сред — биоциды, в том числе в сочетании с пластифицирующими, водоредуцирующими добавками.

Впервые введен подраздел «Вода». Для затворения бетонной смеси и увлажнения твердеющего бетона следует применять воду, не ухудшающую физико-механические и коррозионные свойства бетона. Применение регенерированной и комбинированной (смешанной) воды для бетонов конструкций, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах, допускается при наличии экспериментального подтверждения коррозионной стойкости бетона.

Впервые требования к арматуре выделены в самостоятельный подраздел «Арматура» и дополнены следующими положениями:

- «...В предварительно напряженных железобетонных конструкциях, эксплуатируемых в среднеагрессивных и сильноагрессивных средах, в качестве напрягаемой арматуры допускается применение термомеханически упрочненного арматурного проката, выдерживающего испытания на стойкость против коррозионного растрескивания в течение не менее 100 ч.

В агрессивных средах допускается применение стальной арматуры с защитным антикоррозионным покрытием при наличии экспериментального подтверждения коррозионной стойкости стальной арматуры с защитным покрытием или композитной полимерной арматуры, отвечающей требованиям соответствующей нормативной документации»;

- «...При использовании 7-проволочных канатов торцы конструкций должны быть заглушены или напрягаемые арматурные элементы должны иметь специальное защитное покрытие.

Следует предусматривать защиту анкерных устройств преднапряженной арматуры и защиту инъектированием преднапряженной арматуры в каналах»;

- «На поверхности стержней арматуры конструкций без предварительного напряжения допустимо наличие равномерного налета ржавчины толщиной не более 150 мкм. При толщине слоя продуктов поверхностной коррозии от 150 до 300 мкм следует предусматривать их удаление механическими и/или химическими методами, например, преобразователями ржавчины на щелочной основе. При толщине слоя ржавчины более 300 мкм арматура должна быть очищена механически до полного удаления продуктов коррозии и подвергнута контрольным испытаниям на растяжение на соответствие механических характеристик требованиям нормативного документа на данный вид арматуры».

Впервые введен подраздел «Бетон». Внесены следующие дополнения:

- «Бетоны конструкций зданий и сооружений, подвергающихся воздействию воды и знакопеременных температур, марок по морозостойкости более F1200 (F2100) следует изготавливать с применением воздухововлекающих или газообразующих добавок, а также комплексных добавок на их основе. Объем вовлеченного воздуха (газа) в бетонной смеси для изготовления железобетонных конструкций и изделий должен соответствовать требованиям, нормативных документов на бетоны конкретных видов»;

- «Для композитной полимерной арматуры толщина защитного слоя и ширина раскрытия трещин назначается из условия обеспечения совместной работы арматуры с бетоном...

Толщину защитного слоя бетона и допускаемую ширину раскрытия трещин для конструкций мостов и труб, гидротехнических сооружений следует назначать согласно требованиям СП 35.13330, СП 41.13330.

Толщину защитного слоя бетона для конструкций аэродромов следует назначать согласно требованиям СП 121.13330»;

- «Коррозионная стойкость и стойкость к морозному воздействию конструкций, подвергающихся действию морской воды, должна обеспечиваться первичной (применением сульфатостойких цементов и добавок, повышающих сульфатостойкость и морозостойкость бетона, снижением проницаемости бетона, увеличением толщины защитного слоя, защитой арматуры антикоррозионными покрытиями) или вторичной, или электрохимической защитой».

В раздел «Требования к защите от коррозии стальных закладных деталей и соединительных элементов» внесены уточнения и дополнения. Указано, что значения минимальной толщины металлических покрытий назначаются в зависимости от метода нанесения в соответствии с нормативной документацией на каждый вид покрытия:

- гальваническим методом — 30 мкм;
- методом горячего цинкования — 50 мкм;
- методом холодного цинкования — 60 мкм;
- методом газотермического напыления — 100 мкм;
- методом термодиффузионного напыления — 25 мкм».

Подраздел «Требования к защите от коррозии поверхности бетонных и железобетонных конструкций» приведен в соответствии СП 72.13330.2016.

Внесены уточнения в следующей редакции: «При проектировании защиты поверхности конструкций следует предусматривать:

- ...обработку гидроизоляционными проникающими смесями — для повышения водонепроницаемости бетонов и стойкости к воздействию техногенных или иных агрессивных сред;
- гидрофобизацию — при периодическом увлажнении водой или атмосферными осадками в отсутствии напора воды, при образовании конденсата, в качестве подготовки поверхности перед нанесением грунтовочного слоя под лакокрасочные покрытия;
- тонкослойные полимерцементные защитные покрытия — при действии газобразных сред и периодическом воздействии жидких сред, при периодическом увлажнении водой и атмосферными осадками, при образовании конденсата;
- толстослойные полимерцементные покрытия — при действии жидких сред».

Внесены уточняющие формулировки и дополнения в Приложения А, Б, В, И, К, Л, М, Н, П, Р, С, Т, У, Ф, Х, Ц, Ч, Щ. Отдельно следует остановиться на Приложениях А, Г, Д, Е, Ж.

Приложение А. Принятая из EN 206 таблица А. 1 «Классификация сред эксплуатации» дает качественную характеристику агрессивного воздействия среды на бетонные и железобетонные конструкции. Указанные в ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 количественные характеристики агрессивности сред, поддерживающие таблицу А. 1,

по ряду показателей не совпадают с оценками агрессивности, имеющимися в СП 28.13330, и поэтому не могли быть использованы.

Таблица А. 1 сохранена как справочная и дополнена, поскольку с нею связана полезная для проектных и производственных организаций таблица Д. 1 «Виды цемента для бетона в агрессивных условиях», которая скорректирована и дополнена с учетом действующих ГОСТ 31108, ГОСТ 10178 и ГОСТ 26622.

Приложение Г. Из таблиц Г. 1 и Г. 2 редакции СП 28.13330.2012 составлена одна таблица Г. 1 с уточнениями и дополнениями.

Таблица Г. 1 – Максимально допустимая концентрация хлоридов в жидких хлоридных средах в отношении воздействия на стальную арматуру железобетонных конструкций в открытом водоеме и в грунте

Толщина защитного слоя бетона, мм	Максимальная допустимая концентрация хлоридов в жидкой среде, мг/дм ³ , для бетона с коэффициентом диффузии, см ² /с (марками по водонепроницаемости)		
	Менее $5 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-8}$ (W6 — W8)	Менее $1 \cdot 10^{-8}$ до $5 \cdot 10^{-9}$ (W10 — W14)	Менее $5 \cdot 10^{-9}$ (W16 — W20)
Зона переменного уровня воды и капиллярного подсоса в открытом водоеме или в грунте с коэффициентом фильтрации 0,1 м/сут и более			
20	500	1300	4100
30	700	1850	8300
50	1000	2700	18000
Зона переменного уровня воды и капиллярного подсоса в грунте с коэффициентом фильтрации менее 0,1 м/сут			
20	1150	3000	5000
30	1400	3700	9500
50	1750	4700	20000
Примечания			
1 При указанных толщинах защитного слоя и проницаемости бетона среда является агрессивной; если концентрации хлоридов превышают указанные в таблице; требуется вторичная защита.			
2 В условиях полного и постоянного погружения содержание хлоридов не нормируется.			

Приложение Д. Таблица Д. 1 редакции 2012 года связывала классы прочности бетона с индексами сред эксплуатации, т. е. с видом агрессивной среды и со степенью агрессивного воздействия, что не соответствует принятым в РФ принципам назначения требований к бетону конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах [6-8]. В отечественных нормах учитывается проницаемость бетона, от которой зависит скорость проникания компонентов агрессивной среды в бетон и реакционная способность исходных материалов для бетона (возможность или невозможность химического взаимодействия с компонентами агрессивной среды).

Принятые в таблице Д. 1 редакции 2012 года классы прочности бетона (по аналогии с EN 206) не соответствуют номенклатуре бетонов по этому показателю, принятой в ГОСТ 26633.

Рекомендация таблицы Д. 1 редакции 2012 года применять в сульфатных средах сульфатостойкий цемент недостаточна. Исследованиями показано, что при различной концентрации сульфатов в среде высокая сульфатостойкость бетона может быть достигнута и другими мерами — применением природных и техногенных активных минеральных добавок, например, микрокремнезема, снижением проницаемости бетона, что позволяет в большинстве случаев не использовать дефицитный сульфатостойкий портландцемент [1, 7, 9].

Значения величин в таблице Д. 1 редакции 2012 года были даны лишь для бетона на цементе класса СЕМ I.

Запросы проектных организаций показали, что проектировщики воспринимали таблицы А. 1 и Д. 1 редакции 2012 года как:

- рекомендацию принимать класс прочности бетона как характеристику, достаточную для назначения меры защиты от коррозии;
- требование использовать в фундаментах бетон класса не ниже В30;
- возможность рекомендовать в условиях замораживания и оттаивания бетона класс бетона по прочности не ниже В37 независимо от требуемой марки по морозостойкости;
- требование применять для наружных стен класс бетона по прочности не менее В37.

С учетом сказанного таблица Д. 1 редакции 2012 г. исключена из СП 28.13330.2017.

Таблица Е. 1 уточнена и дополнена. Дополнительно введен косвенный показатель проницаемости бетона — водопоглощение.

Таблицы Ж. 1 и Ж. 2 отредактированы в части уточнения характеристик режимов эксплуатации конструкций, определения расчетной зимней температуры наружного воздуха и уточнения марок бетона по морозостойкости. Введены уточнения в назначение марок по морозостойкости к бетонам для сооружений различных видов строительства. Например, в таблице Ж. 1 «Марки бетона по морозостойкости для конструкций сооружений водоснабжения, мостов и труб, аэродромов, автомобильных дорог и гидротехнических сооружений при воздействии пресной воды следует назначать согласно требованиям соответствующих нормативных документов СП 31.13330, СП 35.13330, СП 121.13330, СП 34.13330, СП 41.13330; при воздействии минерализованной воды (в том числе морской воды) — по настоящему своду правил».

В таблицах Ж. 3 и Ж. 4 классы арматуры приведены в соответствие СП 63.13330, уточнены значения допустимой ширины раскрытия трещин.

Актуализированный Свод правил является основополагающим документом, поэтому регламентированные в нем характеристики материалов, требования по защите конструкций от коррозии должны быть использованы в других нормативных документах, касающихся вопросов проектирования защиты строительных конструкций от коррозии. К ним относятся нормативные документы для проектирования зданий

и сооружений с различными условиями эксплуатации: при воздействии агрессивных сред, сейсмических воздействиях, при повышенных температурах, в подземных конструкциях и сооружениях, находящихся в контакте с агрессивными грунтами и подземными водами, и т. д.

Применение свода правил позволит:

- повысить достоверность оценки степени агрессивного воздействия среды на строительные конструкции, что создаст основу для более обоснованного назначения мер защиты от коррозии;
- назначать эффективные меры защиты строительных конструкций с учётом опыта антикоррозионной защиты и срока эксплуатации конструкций;
- в ряде случаев существенно упростить и сделать менее затратными меры защиты от коррозии, в том числе за счёт применения современных эффективных материалов;
- увеличить межремонтные сроки эксплуатации строительных конструкций;
- улучшить экологию окружающей среды;
- повысить безопасность зданий и сооружений.

Таблица Е. 1 — Показатели проницаемости бетона

Категория проницаемости бетона	Нормальная	Пониженная	Низкая	Особо низкая	
				W10-W14	W16-W20
Марка бетона по водонепроницаемости	W4	W6	W8	W10-W14	W16-W20
Коэффициент фильтрации, см/с	Свыше $2 \cdot 10^{-9}$ до $7 \cdot 10^{-9}$	Свыше $6 \cdot 10^{-10}$ до $2 \cdot 10^{-9}$	Свыше $1 \cdot 10^{-10}$ до $6 \cdot 10^{-10}$	Свыше $5 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-10}$	Менее $5 \cdot 10^{-11}$
Коэффициент диффузии для хлоридов, см ² /с	-	Менее $5 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-8}$		Менее $1 \cdot 10^{-8}$ до $5 \cdot 10^{-9}$	Менее $5 \cdot 10^{-9}$
Водоцементное отношение, не более	0,6	0,55	0,45	0,35	0,3
Водопоглощение по массе, %	Свыше 4,7 до 5,7	Свыше 4,2 до 4,7	Свыше 3,7 до 4,2	Свыше 3,0 до 3,7	Менее 3,0

Таблица Ж. 1 — Требования к морозостойкости бетона конструкций, работающих в условиях знакопеременных температур

Условия работы конструкций		Марка бетона по морозостойкости*, не ниже
Характеристика режима	Расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С	
1 Попеременное замораживание и оттаивание: а) в насыщенном состоянии при действии морской воды, минерализованных, в том числе надмерзлотных вод, противогололедных реагентов	Ниже –40	F ₂ 450
	Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. –5 и выше	F ₂ 300 F ₂ 200 F ₂ 100
б) в насыщенном состоянии при действии пресных вод	Ниже –40	F ₁ 400
	Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. –5 и выше	F ₁ 300 F ₁ 200 F ₁ 150
в) в условиях эпизодического увлажнения (например, надземные конструкции, подвергающиеся атмосферным воздействиям)	Ниже –40	F ₁ 300
	Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. – 5 и выше	F ₁ 200 F ₁ 150 F ₁ 100
г) в условиях воздушно-влажного состояния, в отсутствие эпизодического увлажнения (например, конструкции, подвергающиеся воздействию окружающего воздуха, но защищенные от воздействия атмосферных осадков)	Ниже –40	F ₁ 200
	Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. –5 и выше	F ₁ 100 F ₁ 75 F ₁ 50
2 Одноразовое в течение года воздействие температуры ниже, °С, в водонасыщенном состоянии (например, конструкции, находящиеся в грунте или под водой)	Ниже –40	F ₁ 200
	Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. –5 и выше	F ₁ 150 F ₁ 100 F ₁ 75
Примечания		
1. При консервации незавершенного строительства, а также в период строительства следует обеспечить защиту от увлажнения или теплоизоляцию конструкций, например, обваловкой фундаментных конструкций грунтом.		
2. Для конструкций, части которых находятся в различных влажностных условиях, например, опоры ЛЭП, колонны, стойки и т. п., марку бетона по морозостойкости назначают как для наиболее подверженного увлажнению и замораживанию участка конструкции.		
3. Марки бетона по морозостойкости для конструкций сооружений водоснабжения, мостов и труб, аэродромов, автомобильных дорог и гидротехнических сооружений при воздействии пресной воды следует назначать согласно требованиям соответствующих нормативных документов СП 31.13330, СП 35.13330, СП 121.13330, СП 34.13330, СП 41.13330; при воздействии минерализованной воды (в том числе морской воды) — по настоящему своду правил.		
4. Расчетная зимняя температура наружного воздуха принимается согласно СП 131.13330 как температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92.		

Библиографический список

1. Розенталь Н. К., Чехний Г. В., Любарская Г. В. Бетоны с водоредуцирующими и уплотняющими добавками в сульфатных и хлоридных средах // Цемент и его применение. 2011. № 1. С. 106–110.
2. Розенталь Н. К., Степанова В. Ф., Чехний Г. В. О максимально допустимом содержании хлоридов в бетоне // Строительные материалы, 2017. Январь — февраль. С. 1–4.
3. Степанова В. Ф., Степанов А. Ю., Жирков Е. П. Арматура композитная полимерная. М.: ООО «Бумажник», 2013.
4. Шейнфельд А. В. Органоминеральные модификаторы как фактор, повышающий долговечность железобетонных конструкций // Бетон и железобетон. 2014. №3. С. 16-21.
5. Новые модифицированные бетоны. М.: ООО «Типография «Парадиз». 2010.
6. Москвин В. М. Коррозия бетона М.: Госстройиздат, 1952.
7. Москвин В. М., Иванов Ф. М., Алексеев С. Н., Гузев Е. А. Коррозия бетона и железобетона. Методы их защиты/М.:Стройиздат, 1980.
8. Розенталь Н. К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости. М.:ФГУП ЦПП, 2006.
9. Штарк И., Вихт Б. Долговечность бетона. Киев: Оранта, 2004.

Авторы:

Валентина Федоровна СТЕПАНОВА, д-р техн. наук, проф., заведующая лабораторией коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Valentina STEPANOVA, Doctor of Engineering, Full Prof., Head of Laboratory corrosion and durability of structural concrete, NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: vfstepanova@mail.ru

Николай Константинович РОЗЕНТАЛЬ, д-р техн. наук, заведующий сектором лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Nikolay ROSENTAL, Doctor of Engineering, Head of sector of Laboratory corrosion and durability of structural concrete, NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: rosental08@mail.ru

Галина Васильевна ЧЕХНИЙ, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Galina CHEHNIY, Ph. D. in Engineering, Leading researcher of Laboratory of corrosion and durability of structural concrete, NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: chehniy@mail.ru

ПАРАМЕТРЫ НАПРЯГАЮЩЕГО БЕТОНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ОГРАНИЧЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ

PARAMETERS OF THE SELF-STRESSING CONCRETE DEPENDING ON THE DEGREE OF RESTRICTION OF DEFORMATIONS

Л. А. ТИТОВА, канд. техн. наук

М. Ю. ТИТОВ, канд. техн. наук

М. И. БЕЙЛИНА

Представлены результаты исследования основных параметров напрягающих бетонов в зависимости от степени ограничения деформации расширения, коэффициента армирования и вида армирования.

The article presents the results of the study of the main parameters of the self-stressing concrete depending on the degree of restriction of expansion deformation, the coefficient of reinforcement and the type of reinforcement.

Ключевые слова:

Дисперсное армирование, коэффициент армирования, напрягающий бетон, самонапряжение, усадка

Key words:

Coefficient of reinforcement, shrinkage dispersed reinforcement, self-tension, tensioning concrete

В мировой практике строительства в настоящее время для объектов городского хозяйства все шире используются подземные сооружения, которые стали неотъемлемой частью крупного города.

Значительную часть подземных сооружений составляют объекты подземной урбанистики, так как высокая стоимость земли в зонах платной застройки крупных городов делает подземное пространство более экономичным и перспективным.

При рассмотрении железобетонных конструкций, работающих в подземной части зданий и сооружений в условиях воздействия природных и промышленных сред, необходимо проектировать, изготавливать и применять конструкции повышенной долговечности, повышенной водонепроницаемости и трещиностойкости. Всем этим требованиям отвечает напрягающий бетон, который обладает такими свойствами как по-

вышенная прочность при сжатии (до 50 МПа) и растяжении (до 4,4 МПа), самоупрочнение (S_p от 0,6 до 4,0 МПа), водонепроницаемость (W до 20 атг), морозостойкость (до F_1500) и компенсация усадочных деформаций.

Нормативные документы (ГОСТ 32803, ГОСТ Р56727, СП 63.13330, СП 70.13330) представляют основные показатели напрягающего бетона при однородном ограничении его деформации и коэффициента армирования стальной арматуры $\mu = 1\%$.

В то же время из практики применения предварительно напряженных конструкций известно, что наиболее выгодное условие работы предварительно напряженного железобетона создается при двух- и трехосном предварительном напряжении. Осуществление такого объемного предварительного напряжения конструкции механическими способами связано с большими технологическими трудностями. Одним из путей решения этой задачи является создание самоупрочненного железобетона, в котором предварительное напряжение достигается в результате расширения самого бетона, приготовленного на специальном расширяющем вяжущем (напрягающем цементе, или вяжущем, полученным из портландцемента и расширяющей добавки) и без применения механических устройств или электропрогрева для натяжения арматуры. Это существенно упрощает технологию предварительно напряженного железобетона, снижает его трудоемкость и стоимость.

Величина самоупрочнения при одно- и двухосном ограничении расширения не идентичны, и закономерности двухосного самоупрочнения требуют самостоятельного изучения.

Кроме того, известно, что коэффициент армирования или жесткость упругого сопротивления деформациям расширения бетона являются значимым параметром, обуславливающим величину самоупрочнения.

Бетоны с большим свободным расширением, вплоть до разрушения, при двухосном ограничении деформаций дают наибольшие показатели самоупрочнения, которые невозможно достичь при одноосном ограничении расширения. Для эффективного использования энергии активно расширяющихся бетонов целесообразно выполнять армирование и в том направлении, по которому расширение не ограничено упругим препятствием, т. е. применять двухосное армирование.

В настоящей работе проведено исследование по определению основных параметров напрягающего бетона в зависимости от условий ограничения деформаций расширения и коэффициента армирования. В эксперименте использован напрягающий цемент ОАО «Подольск цемент» НЦ-20, гранитный щебень фракции 5-10 мм и песок с модулем крупности 2,64.

Исследованы три состава бетона, различающиеся величинами свободного расширения, прочности и коэффициентами армирования. Результаты исследования представлены в табл. 1 и на рис. 1 и 2.

Таблица 1

Самонапряжение бетона на НЦ при одно- и двухосном ограничении деформаций расширения с учетом потерь от усадки

№ состава НЦ	Свободное расширение, %	Прочность, МПа	Коэффициент армирования	Самонапряжение в момент стабилизации расширения, МПа		Самонапряжение после проявления усадки, МПа		Потеря самонапряжения от усадки, %	
				Одноосное	Двухосное	Одноосное	Двухосное	Одноосное	Двухосное
1	0,2	62,2	0,13	0,37	0,17	0,28	0,08	24,3	52,9
			0,3	0,51	0,37	0,31	0,23	39,2	37,8
			0,5	0,57	0,54	0,24	0,30	57,9	44,4
			0,8	0,64	0,68	0,11	0,13	82,8	80,9
			1,0	0,67	0,73	0,07	0,17	89,6	76,7
			2,0	0,73	0,89	0,06	0,12	91,8	86,5
			3,0	0,77	0,99	0,04	0,07	94,8	92,9
2	1,7	51,6	0,13	0,76	0,42	0,63	0,37	17,1	11,9
			0,3	1,05	0,80	0,77	0,58	26,7	27,5
			0,5	1,19	1,08	0,73	0,72	38,7	33,3
			0,8	1,33	1,38	0,59	0,77	55,6	44,2
			1,0	1,38	1,52	0,47	0,67	65,9	55,9
			2,0	1,52	1,92	0,43	0,73	71,7	62,0
			3,0	1,59	2,11	0,37	0,52	76,7	75,4
3	3,2	48,6	0,13	0,96	1,18	0,81	1,11	15,6	5,9
			0,3	1,33	1,83	1,00	1,43	24,8	21,9
			0,5	1,50	2,32	0,98	1,38	34,7	40,5
			0,8	1,68	2,72	0,85	1,33	49,4	51,1
			1,0	1,75	2,93	0,71	1,18	59,4	59,7
			2,0	1,92	3,44	0,66	1,14	65,6	66,9
			3,0	2,01	3,70	0,45	1,12	77,6	69,7

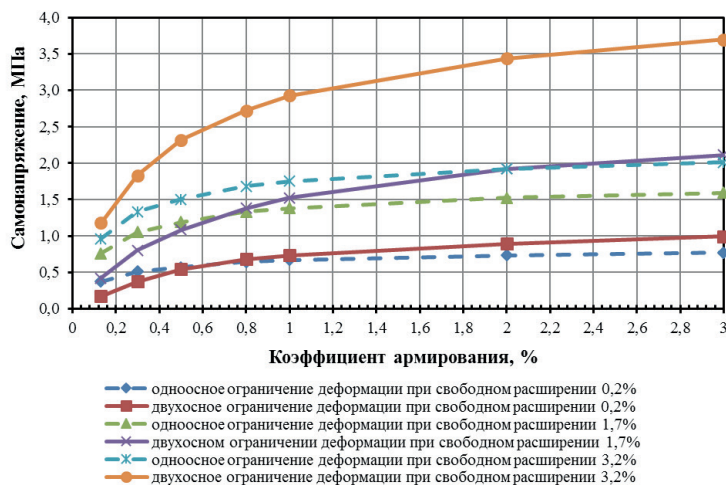


Рис. 1. Зависимость максимально достигнутого самонапряжения при различных коэффициентах армирования

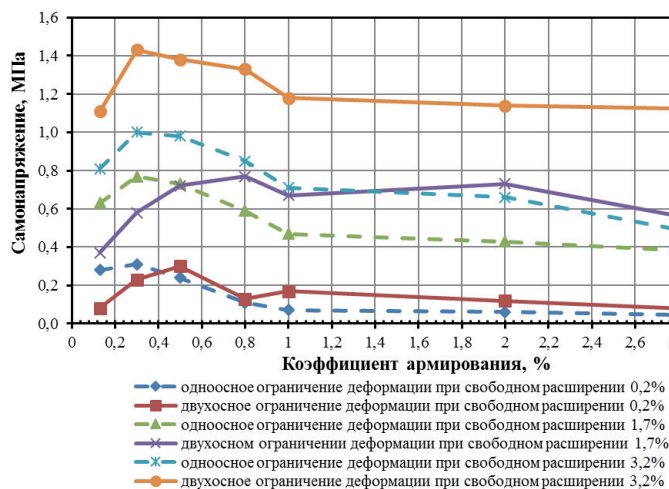


Рис. 2. Зависимость потерь самоупругения от усадки при различных коэффициентах армирования

Получены экспериментальные данные, показывающие развитие во времени процессов свободного и связанного расширения и достигнутого самоупругения с учетом проявления усадки.

Эксперименты показали, что при невысоких значениях свободного расширения прочность и самоупругение при одноосном ограничении деформаций незначительно превышают эти показатели при двухосном ограничении.

В исследованиях установлено, что по мере увеличения μ одноосное самоупругение бетона на НЦ не может постоянно возрастать и что есть определенный предел значения μ , свыше которого S_p начинает уменьшаться.

Характер возрастания кривой (S_p — μ) при двухосном армировании, в отличие от одноосного, зависит от энергоактивности напрягающего бетона;

Для каждой энергетической характеристики напрягающего бетона существует область оптимальных значений μ , при которых после проявления потерь от усадки величина самоупругения изменяется в незначительных пределах. При использовании более активных составов напрягающего бетона по энергии самоупругения, область таких значений имеет более широкие пределы, особенно при двух- и трехосном ограничении деформаций расширения.

Предельное значение коэффициента армирования, при котором сохраняется самоупругение после проявления потерь от усадки при двухосном самоупругении, значительно превышает эту величину, имеющую место при одноосном армировании;

Усадка бетона на НЦ при двухосном самоупругении значительно снижается по сравнению с одноосным самоупругением. При двух- и трехосном ограничении деформаций расширения имеют место минимальные потери самоупругения от усадки бетона, особенно при использовании активных составов напрягающего бетона по свободному расширению.

Потери двухосного самоуплотнения бетона на НЦ от усадки при повторном его увлажнении полностью восстанавливаются.

Необходимо иметь в виду, что в подземных конструкциях при воздействии влаги увлажнение происходит с наружной стороны и при недостаточно плотном поверхностном слое и воздействии агрессивной среды может привести к разрушению конструкций, поэтому целесообразно находить пути связывания свободных деформаций поверхностного слоя бетонных конструкций.

Введение в бетон базальтовой или полиакриловой фибры позволяет в несколько раз снизить проницаемость бетона.

Необходимо отметить, что роль дисперсного армирования не ограничивается повышением прочностных характеристик. Даже если прочность материала на растяжение существенно не возрастает, положительный эффект растяжения проявляется в том, что значительно увеличивается энергия, требующаяся для разрушения, так как волокна, релаксируя и перераспределяя напряжения, немного повышают растяжимость.

Дисперсное армирование волокнами в напрягающих бетонах играет важную, свойственную только такому бетону роль. Связывая деформации расширения в поверхностном слое, волокна способствуют образованию более плотной структуры, в то время как в обычных бетонах дисперсное армирование, как правило, повышает пористость.

Оценка основных нормируемых параметров композиционного напрягающего бетона проводилась как для бетона с компенсированной усадкой, так и для напрягающего (ГОСТ 302803-2014) с использованием в качестве вяжущего как напрягающих цементов, так и портландцементов по ГОСТ 30515-2013 и расширяющей добавки по ТУ 5743-023-46854090-98.

В описываемом исследовании использовали базальтовую, стальную и полиакриловую фибру.

Основные показатели напрягающего бетона без добавления фибры и с фиброй представлены в табл. 2. Следует отметить, что до 14 сут образцы твердели в воде, с 14 до 28 сут — в воздушно-сухих условиях, а далее опять были помещены в воду до 56 сут.

В процессе воздушного твердения произошла усадка бетона, которая полностью компенсировалась после погружения бетонных образцов в воду.

Как показали результаты исследования, усадка образцов с добавлением фибры на 4 ... 6% меньше, чем у контрольных образцов без фибры.

Введение фибры позволяет увеличить водонепроницаемость с W14 до W20.

Таблица 2

Основные показатели напрягающего бетона без добавления фибры и с фиброй

№№ п/п	Контролируемые параметры, возраст образцов, сут	Вид бетона			С добавлением стальной анкерной фибры
		контрольный, без фибры	с базальтовой фиброй	с полиакриловой фиброй	
1	Самонапряжение, МПа:				
	1	0,60	0,30	0,10	0,10
	3	0,80	0,60	0,55	0,20
	7	0,90	0,75	0,75	0,40
	14	1,10	0,85	0,87	0,50
	28	0,60	0,50	0,50	0,30
	36	0,80	0,60	0,60	0,19
56	0,90	0,75	0,75	0,20	
2	Свободное расширение, %				
	1	–	–	–	
	3	0,09	0,08	0,07	0,03
	7	0,10	0,09	0,10	0,05
	14	0,15	0,10	0,15	0,06
	28	0,05	0,09	0,15	0,04
	36	0,10	0,11	0,16	0,05
56	0,15	0,13	0,17	0,06	
3	Прочность на сжатие, МПа				
	1	4,9	2,5	4,0	23,3
	7	18,7	17,2	18,0	38,1
	28	39,3	32,3	32,0	>50,0
4	Объемная масса, г/см ³				
	1	2372	2361	2300	2434
	7	2374	2374	2355	2430
28	2338	2347	2300	2435	
5	Водонепроницаемость, W	14	20	16	18

Для расширения областей применения напрягающего бетона проводилась оценка физико-механических показателей бетона с различными видами фибры.

В соответствии с ГОСТ 10180-2012 и ГОСТ 24452-80 произведены испытания напрягающего бетона с фиброй и без фибры на растяжение при изгибе и раскалывании, а также определен модуль упругости бетона. Результаты определения представлены в табл. 3.

Физико-механические свойства бетона

№№ n/n	№№ состава	Прочностные показатели			Деформативные показатели		Примечания
		Прочность на сжатие, МПа	Разрушающая нагрузка, кН/Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Разрушающая нагрузка, кН/Прочность при раскалывании, МПа	Модуль упругости, МПа × 10 ³	Потеря самонапряжения после проявления усадки, %	
1	Контрольный без фибры (серия 0-1)	>50,0	15,3/4,2	52,8/3,0	36,5	61	Бетон с компенсированной усадкой с ПЦ + РД
	С добавкой базальтовой фибры (0,68%)	41,5	16,7/4,6	60,1/3,4	38,5	36	
	С добавкой стальной анкерной фибры (5,5%)	>50,0	19,0/5,2	56,5/3,2	40,5	42	
	С добавкой полиакриловой фибры (0,7%)	44,8	17,6/4,9	53,9/3,0	33,3	47	
2	Напрягающий бетон (серия 0-3) контрольный без добавки	39,3	15,3/4,2	44,7/2,5	35,4	50	Напрягающий бетон с ПЦ-10
	С добавкой базальтовой фибры (1,2%)	32,0	18,4/5,1	47,0/2,6	36,4	41	
	С добавкой полиакриловой фибры (0,93%)	32,0	15,3/4,2	52,8/3,0	21,1	42	
3	Контрольный напрягающий бетон (серия 04)	44,5	7,1/2,0	44,7/2,6	37,8	46	Напрягающий бетон с ПЦ + РД
	С добавкой стальной анкерной фибры (0,5%)	>50,0	9,2/2,5	52,9/3,0	39,0	40	

Как показал анализ полученных данных, добавка фиброволокна увеличивает прочность бетона на растяжение при изгибе и раскалывании, а также позволяет увеличить модуль упругости бетона. Значения потерь самонапряжения от усадки у образцов с фиброй значительно ниже по сравнению с контрольными образцами (без фибры).

Испытание на истираемость бетона с компенсированной усадкой и напрягающего проводили в соответствии с ГОСТ 13087 на образцах размером 70 × 70 × 70 мм.

Результаты исследований представлены в табл. 4.

Анализ данных показал, что средняя величина истираемости бетона с компенсированной усадкой и напрягающего составила 0,40 ... 0,41 г/см². Введение базальтовой, стальной и полиакриловой фибры позволяет снизить истираемость до 0,39 г/см² (на 3 ... 5%). Следует еще раз отметить, что по сравнению с истираемостью обычного бетона истираемость напрягающего бетона более чем в 2 раза ниже.

Таблица 4

Результаты испытания напрягающего бетона на истираемость

№№ n/n	Вид образцов	№ образца	Масса образца, г		Разница в массе, г	Площадь истирания, см ²	Истираемость образца, г/см ²	К истираемости
			до истирания	после 4 циклов истирания				
1	Контрольные образцы из бетона с компенсированной усадкой. Серия 0-3 (вяжущее — НЦ)	1	816	796	20	48,5	0,41	0,40
		2	807	787	20	48,7	0,41	
		3	809	788	19	48,5	0,39	
2	Контрольные образцы из напрягающего бетона. Серия 0-4 (вяжущее — ПЦ+РД)	1	803	785	22	50,1	0,44	0,41
		2	805	786	21	49,9	0,42	
		3	806	784	18	50,2	0,36	
3	Бетон серии 0-4 с добавкой стальной анкерной фибры	1	840	821	19	48,7	0,39	0,39
		2	719	700	19	48,5	0,39	
		3	740	720	20	50,0	0,40	
4	Бетон с компенсированной усадкой серии 0-3 с добавкой базальтовой фибры	1	803	783	20	49,9	0,40	0,39
		2	805	784	19	50,2	0,38	
		3	798	779	20	49,9	0,40	
5	Бетон с компенсированной усадкой серии 0-3 с полиакриловой фиброй	1	795	774	19	48,7	0,39	0,39
		2	810	790	20	50,1	0,40	
		3	791	772	19	48,7	0,39	
6	Контрольные образцы из обычного бетона с использованием тех же материалов класса В25	1	802,6	760,0	42,6	48,5	0,88	0,83
		2	794,8	753,5	41,3	50,1	0,82	
		3	799,0	759,0	40,0	49,9	0,80	

В результате проведенных исследований определены основные физико-механические и деформативные параметры напрягающих бетонов с различными видами армиро-

вания. Такой высокоэффективный напрягающий бетон может быть применен для возведения монолитных и сборно-монолитных водонепроницаемых конструкций и сооружений, где необходимы компенсация усадки, повышенная трещиностойкость и стойкость к агрессивным воздействиям. Такие бетоны могут быть использованы при возведении:

- ограждающих конструкций подземной и надземной частей зданий и сооружений;
- массивных и протяженных конструкций;
- емкостных сооружений различного назначения;
- спортивных сооружений;
- тоннелей и переходов, в том числе метрополитенов;
- конструкций, эксплуатируемых в некоторых агрессивных средах;
- подземных инженерных коммуникаций.

Экономический эффект может быть получен при проектировании, возведении и эксплуатации таких конструкций.

Библиографический список

1. *Титова Л. А, Титов М. Ю.* Повышение долговечности бетона с применением расширяющих добавок./Сб. докл. конференции «Долговечность и защита конструкции от коррозии». 25-27 мая 1999 г. Материалы международной конференции. Москва. С. 260-263.

2. *Звездов А. И.* Железобетонные конструкции из бетонов на расширяющих цементах. Дисс. ... д-ра техн. наук. М. 1997.

3. *Титова Л. А, Бейлина М. И., Титов М. Ю.* Расширяющие добавки для повышения долговечности конструкций. // Монтажные и специальные работы в строительстве, 2004. — № 1. — С. 11-13.

4. *Титова Л. А.* Эффективная гидроизоляция для подземных сооружений./Сб. Материалы инновационных технологий, изысканий, проектирования и строительства в условиях крайнего Севера. 8-10 августа 2012 г. — Якутск: ЯПТНИС. — С. 224-228.

5. *Титов М. Ю.* Эффективность применения расширяющих добавок для водонепроницаемых конструкций./Сб. тр. конф. МГСУ «Бетон и железобетон — взгляд в будущее», 2014. — . С. 63-70.

Авторы:

Лариса Анатольевна ТИТОВА, канд. техн. наук, заместитель заведующего лабораторией самонапряженных конструкций и напрягающих бетонов НИИЖБ им. А. А. Гвоздева, АО «НИЦ «Строительство», Москва

Larisa TITOVA, Ph. D. in Engineering, Deputy Head of the Laboratory of self-stressing designs and self-stressing concretes of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: niizhb-7@yandex.ru

тел.: +7 (499) 174-71-80

Михаил Юрьевич ТИТОВ, канд. техн. наук, заведующий лабораторией само-напряженных конструкций и напрягающих бетонов НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Mikhail TITOV, Ph. D. in Engineering, Head of the Laboratory of self-stressing designs and self-stressing concretes of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: mtitov@cstroy.ru

тел.: +7 (499) 174-75-79

Мая Исааковна БЕЙЛИНА, старший научный сотрудник лаборатории само-напряженных конструкций и напрягающих бетонов НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Maya BEILINA, Senior Researcher of the Laboratory of self-stressing designs and self-stressing concretes of NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: niizhb-7@yandex.ru

тел.: +7 (499) 174-71-81

МЕХАНИЧЕСКИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОВРЕМЕННЫХ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СЕМИПРОВОЛОЧНЫХ КАНАТОВ ДИАМЕТРАМИ 9,0... 15,7 ММ

MECHANICAL AND RELAXATION PROPERTIES OF NATIONAL MODERN HIGH-STRENGTH LOW-RELAXATION 7-WIRE STRANDS WITH DIAMETERS 9,0... 15,7 MM

Е. А. ЧЕРНЫГОВ

Дан обзор нормативной документации на канаты, приведены актуальные сведения о механических и реологических свойствах современных видов арматурных канатов, применяемых в предварительно напряженных железобетонных конструкциях в России. По результатам проведенных исследований подготовлены предложения по корректировке и дополнению отдельных положений действующих норм проектирования с целью более рационального применения канатов в железобетонных конструкциях.

Ключевые слова:

Арматурные канаты, механические свойства, релаксация

In the article we have conduct both review of normative documents on strands and actual dates about mechanical and relaxation properties of modern types PC-strands, which are used in prestressed concrete structures in Russia today. According to the results of the research, proposals have been prepared for the adjustment and addition of separate provisions of the current design standards in order to improve the rational use of strands in reinforced concrete structures.

Key words:

Mechanical properties, PC strands, relaxation

В настоящее время в строительстве основным конструкционным материалом является монолитный железобетон, который широко применяется в гражданском, дорожном и других видах строительства. Объем его применения растет вследствие более рационального применения и вытеснения устаревших систем сборного железобетона [1]. Особое значение имеет применение монолитного бетона при строительстве мостов, защитных оболочек атомных реакторов, паркингов, торговых центров из-за наличия больших пролетов и обеспечения повышенной надежности таких сооружений. Опыт строительства и эксплуатация показывает, что применение преднапряженных конструкций в подобных объектах экономически наиболее целесообразно.

Основным видом напрягаемой арматуры, которая широко используется в преднапряженных конструкциях, являются высокопрочные арматурные канаты. Канаты для успешного применения в железобетонных конструкциях должны обладать высокими прочностными характеристиками, а также надлежащими эксплуатационными свойствами: низкой релаксацией напрягаемой арматуры, высокой стойкостью против коррозионного растрескивания, способностью выдерживать многократно повторяющиеся нагрузки и др.

Применение арматурных канатов в железобетонных конструкциях определяется современным уровнем развития нормативной документации на сами арматурные канаты, а также своевременной актуализацией норм, сводов правил по проектированию и другой документацией по применению в железобетонных конструкциях.

Анализ действующих Сводов правил показал, что в нормативных документах по проектированию конструкций отсутствуют нормативные и расчетные значения сопротивлений растяжению современных высокопрочных канатов по действующим в нашей стране ГОСТам на канаты, что является серьезным сдерживающим фактором применения современных канатов.

Принимая во внимание указанное, в Центре № 3 (Лаборатория арматуры) НИИЖБ им А. А. Гвоздева (АО «НИЦ «Строительство») были проведены исследования механических и реологических свойств высокопрочных семипроволочных арматурных канатов диаметрами 9,0... 15,7 мм для преднапряженных железобетонных конструкций.

В нашей стране на арматурные канаты действует два нормативных документа — ГОСТ 13840 [3] и ГОСТ Р 53772-2010 [2]. Первый из них был разработан в 70-х годах прошлого века и с незначительными изменениями до последнего времени являлся основным нормативным документом, устанавливающим требования к арматурным канатам. Относительно недавно, в 2011 г. вышел новый стандарт — ГОСТ Р 53772-2010 «Канаты стальные арматурные семипроволочные стабилизированные», который нормирует механические и эксплуатационные свойства семипроволочных канатов и отражает современный уровень развития производства как в России, так и в зарубежных странах и требования которого гармонизированы с требованиями Европейского стандарта на арматурные канаты prEN 10138 [6].

Сравнение нормативных документов отечественных ГОСТ и зарубежных стандартов, в частности, Евронорм prEN 10138, под который приводятся все национальные стандарты Европейских стран, показывает, что по Евронормам значительно шире сорта-

мент канатов по сравнению с отечественными ГОСТами и включает в себя требования к двух-, трех-, семипроволочным арматурным канатам, семипроволочным канатам, свитым из проволоки периодического профиля, а также к пластически обжатым канатам.

Сегодня арматурные канаты диаметрами 9... 15,7 мм по ГОСТ Р 53772-2010 в рамках одной прочностной группы изготавливают трех видов с двумя площадями поперечного сечения (рис. 1). Так, например, канат номинальным диаметром 15,2 мм может изготавливаться из круглой гладкой проволоки и из проволоки периодического профиля и имеет площадь поперечного сечения 139 мм², при этом пластически обжатый канат номинальным диаметром 15,2 мм имеет площадь поперечного сечения 165 мм², т. е. на 18% больше чем канат из круглой гладкой проволоки аналогичного диаметра. Широкая градация по сортаменту, группам прочности, а также по площади поперечного сечения дает проектировщику большие возможности выбора арматурных канатов и позволяет более рационально рассчитывать железобетонные конструкции.

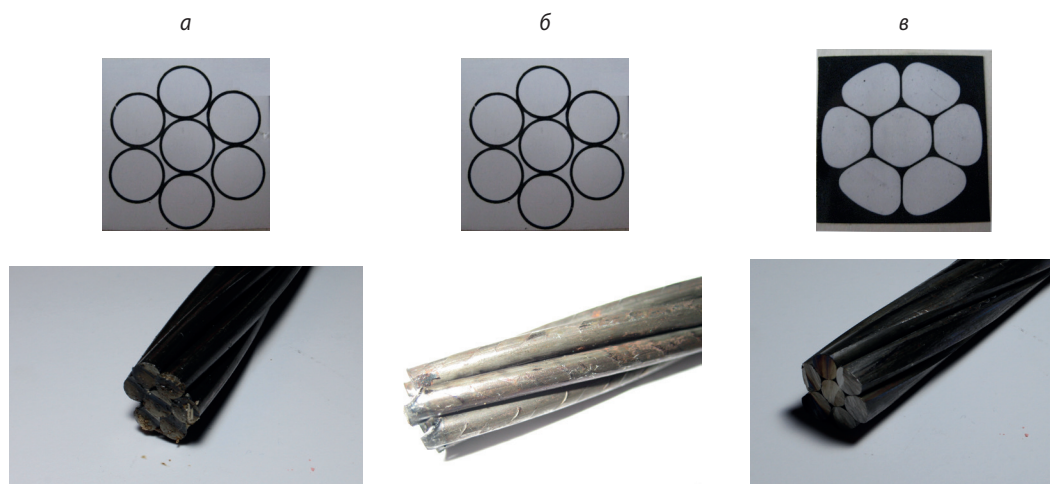


Рис. 1. Внешний вид арматурных канатов: а — поперечное сечение обычного каната из гладкой проволоки (7-проволочный); б — канат из проволоки периодического профиля; в — поперечное сечение пластически обжатого каната

Основным фактором, который играет большую роль в железобетонных конструкциях, является усилие обжатия, передаваемое с арматуры на бетон, так как оно позволяет значительно повысить несущую способность ж.-б. элемента, повысить жесткость конструкции, а также уменьшить сечение ж.-б. элементов. В процессе строительства и эксплуатации усилие обжатия уменьшается под действием многочисленных факторов, однако значительные потери вызваны реологическими процессами в канатах. Для снижения этих потерь целесообразно применять стабилизированные канаты, которые, в отличие от обычных, обладают более высоким пределом упругости, а также низкими потерями от релаксации.

Сравнение механических свойств арматурных канатов, выпускаемых в России по ГОСТ 13840, и канатов по ГОСТ Р 53772-2010 (далее по тексту — ГОСТ Р) показы-

вает, что по ГОСТ Р выпускаются только стабилизированные арматурные канаты, которые имеют предел текучести $\sigma_{0,2}$ и временное сопротивление σ_b на 10-15%, а предел упругости σ_{el} или $\sigma_{0,01}$ — на 25-30% выше, чем у канатов, подверженных только отпуску (табл. 1).

Потери напряжения от релаксации при $\sigma_{sp} = 0,7 \sigma_b$ в стабилизированных канатах не превышают 2,5% от σ_{sp} вместо 7-10% у канатов, прошедших только отпуск по ГОСТ 13840.

Преимущества стабилизированных канатов можно показать на основе сравнения данных испытаний отечественных и стабилизированных арматурных канатов, выполненных в лаборатории арматуры НИИЖБ, механические свойства которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Механические свойства арматурных канатов

Номинальный диаметр, мм	Прочностные свойства, Н/мм ²			Полное относительное удлинение, δ_n (Agt), %
	$\sigma_{0,1}$	$\sigma_{0,2}$	σ_b	
Канаты, прошедшие только низкотемпературный отпуск*				
6	1654-1704	1695-1750	1789-1851	3,6-6,72
	1680	1715	1818	4,74
9	1575-1585	1617-1650	1768-1826	3,0-4,28
	1580	1629	1790	3,63
12	1486-1667	1563-1714	1722-1898	3,48-4,5
	1561	1591	1778	4,27
15	1446-1555	1494-1608	1696-1788	4,2-5,9
	1478	1521	1716	5,0
Стабилизированные канаты**				
9	1626-1653	1672-1684	1857-1864	4,2-4,7
	1644	1679	1861	4,48
12	1592-1605	1619-1632	1813-1847	4,6-5,1
	1598	1624	1825	4,8
15	1521-1605	1557-1632	1768-1847	4,17-6,63
	1561	1592	1800	4,89
Примечание:				
• * данные за 2000-2007 г.				
• ** данные по испытанию канатов ОАО «Северсталь-метиз» (Череповецкий завод) за 2008 г.				

Как видно из табл. 1, при сохранении пластических свойств прочностные свойства стабилизированных канатов значительно повысились, однако главным достижением стало значительное снижение потерь напряжения от релаксации. Экспериментальные исследования релаксации напряжений канатов, подверженных только низкотемпературному отпуску, показали, что снижение напряжений составляет от 4 до 8%. А в стабилизированных канатах даже при высоких прочностных свойствах значения падения напряжений от релаксации не превышают 2%, что ниже нормируемого мак-

симального значения, равного 2,5% по prEN 10138, ГОСТ Р 53772-2010 и требований ГОСТ 13840 для стабилизированных канатов (канатов с отпуском под напряжением).

Сегодня арматурные канаты выпускают все промышленно развитые страны мира, такие как США, Россия, Китай, Япония, Германия, Австрия, Италия и многие другие. Среди ведущих производителей канатов можно отметить:

- Voestalpine Austria Draht (Австрия);
- NedriSpansaal BV (два завода в Германии и Голландии);
- Sumitomo Steel Wire Corporation (Япония) а также ряд других т.к. D&D (Венгрия), «SHANGHAI SHENJA METAL CO. LTD» и «SUMIDEN WIRE PRODUCTS CORPORATION» (Китай) и др.

В России в настоящее время имеется три основных производителя арматурных канатов: Белорецкий металлургический завод (ПАО «Мечел»), ОАО Магнитогорский метизно-калибровочный завод (ОАО «ММК-МЕТИЗ») и ОАО «Северсталь-Метиз» (г. Череповец).

Существующее развитие технологии изготовления высокопрочных арматурных канатов позволяет при наличии оборудования для производства проволоки и машин для свивки канатов, а также подката с требуемыми характеристиками выпускать практически любую продукцию. При широкой номенклатуре арматурных канатов на производстве стараются производить продукцию «под объект» или наиболее часто применяемые сортаменты, чтобы необходимая продукция не залеживалась на складах, а сразу поставлялась на строительную площадку.

Исследования свойств современных арматурных канатов, выпускаемых отечественными предприятиями, были проведены в НИИЖБ для наиболее востребованных арматурных канатов, которые в максимальной степени применялись для предварительно напряженных конструкций в России, в частности, были проведены исследования семипроволочных высокопрочных канатов по ГОСТ 13840 с условным диаметром 9,0, 12,0, 15,0, а также канатов по ГОСТ Р 53772-2010 с номинальным диаметром 15,2, 15,7 из круглой гладкой проволоки, канатов номинальным диаметром 9,6 из проволоки периодического профиля, а также пластически обжатых канатов.

Исследования механических и реологических свойств проводили на образцах арматурных канатов на 15 образцах каждого диаметра, отобранных от различных партий за период с 2008 по 2017 г. включительно. Испытания образцов канатов выполнены в соответствии с методикой нормативных стандартов при испытании на растяжение — по методике ГОСТ 1200 [4] и релаксацию напряжений — по методике ГОСТ 28334 [5].

По каждому контролируемому показателю механических свойств канатов X_i определяли его значение для всех 15 образцов и по полученным результатам испытания — среднее арифметическое значение (\bar{X}_{15}).

Для прочностных свойств канатов (σ_B и $\sigma_{0,1}$) дополнительно определяли среднее квадратическое отклонение (S_{15}) результатов контроля.

Для прочностных характеристик (σ_B и $\sigma_{0,1}$) определяли условие

$$X_{\min} = \bar{X}_{15} - 2,33S_{15}, \quad (1)$$

где X_{\min} — нормируемое значение контролируемой характеристики по таблице ГОСТ;

2,33 — значение квантиля для $n = 15$ при уровне ошибки 5% (доверительная вероятность $P = 0,95$) с односторонней обеспеченностью 95%.

Результаты проведенных исследований механических свойств арматурных канатов по ГОСТ 13840 и ГОСТ Р 53772-2010 приведены табл. 2 и 3. Также были исследованы другие арматурные канаты по ГОСТ Р 53772-2010 — пластически обжатый канат номинальным диаметром 15,2 мм класса прочности 1860 (нормированное значение временного сопротивления), механические свойства которого приведены в табл. 4, и семипроволочный канат номинальным диаметром 9,3 мм класса прочности 1770, механические свойства которого приведены в табл. 5.

Таблица 2

Механические свойства арматурных канатов по ГОСТ 13840

Условное обозначение каната	Статистические показатели	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	Agt (δ_{\max}), %
9К7-1500-П-С ГОСТ 13840	\bar{X}	1753	1940	6,10
	S	30,62	37,1	0,90
	$\bar{X}_{15} - 2,33 S_{15}$	1681,66	1853,56	-
	v	1,75	1,90	-
12К7-1500-П-С ГОСТ 13840	\bar{X}	1669	1876	7,35
	S	55,89	57,12	0,84
	$\bar{X}_{15} - 2,33 S_{15}$	1539	1743	-
	v	3,34	3,04	-
15К7-1410-П-С ГОСТ 13840	\bar{X}	1600	1814	7,21
	S	42,22	48,19	0,21
	$\bar{X}_{15} - 2,33 S_{15}$	1501,63	1701,72	-
	v	2,63	2,65	-
Примечания: $\sigma_{0,2}$ — условный предел текучести; σ_B — временное сопротивление; Agt (δ_{\max}) — относительное удлинение образца при максимальной нагрузке				

Таблица 3

Механические свойства арматурных канатов по ГОСТ Р 53772-2010

Условное обозначение каната	Статистические показатели	$\sigma_{0,1}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	$Agt(\delta_{max})$, %
К7Т-9,6-1860- ГОСТ Р 53772-2010	\bar{X}	1756	1958	5,43
	S	16,08	12,98	0,34
	$\bar{X}_{15} - 2,33 S_{15}$	1718,53	1927,76	-
	v	0,91	0,66	-
К7-15,2-1860-ГОСТ Р 53772-2010	\bar{X}	1761	1961	6,64
	S	22,09	33,62	1,59
	$\bar{X}_{15} - 2,33 S_{15}$	1709,53	1882,67	-
	v	1,25	1,71	-
К7-15,7-1860-ГОСТ Р 53772-2010	\bar{X}	17,38	19,30	5,73
	S	19,70	29,78	0,71
	$\bar{X}_{15} - 2,33 S_{15}$	1692,10	1860,61	-
	v	1,13	1,54	-
Примечания: $\sigma_{0,1}$ — условный предел текучести; σ_b — временное сопротивление; $Agt(\delta_{max})$ — относительное удлинение образца при максимальной нагрузке				

Таблица 4

Механические свойства пластически обжатого каната номинальным диаметром 15,2 мм класса прочности 1860 по ГОСТ Р 53772-2010

$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_R , Н/мм ²	$Agt(\delta_{max})$, %
1664...1710	1894...1933	6,29...7,1
Примечания: $\sigma_{0,1}$ — условный предел текучести; σ_b — временное сопротивление; $Agt(\delta_{max})$ — относительное удлинение образца при максимальной нагрузке		

Таблица 5

Механические свойства пластически обжатого каната номинальным диаметром 9,3 мм класса прочности 1770 по ГОСТ Р 53772-2010

$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_R , Н/мм ²	$Agt(\delta_{max})$, %
1744...1749	1972...1973	6,6...6,9
Примечания: $\sigma_{0,1}$ — условный предел текучести; σ_b — временное сопротивление; $Agt(\delta_{max})$ — относительное удлинение образца при максимальной нагрузке		

Проведенные исследования механических и реологических свойств арматурных канатов показали, что геометрические характеристики и механические свойства арматурных канатов по ГОСТ 13840 и по ГОСТ Р 53772-2010 соответствуют требованиям нормативной документации. Арматурные канаты обладают высокими пластическими свойствами, которые значительно превышают нормируемые значения. Исследования релаксации напряжений в арматурных канатах показали, что канаты соответствуют требованиям по релаксации напряжений для стабилизированных канатов, и фактические значения релаксации напряжений не превышают нормируемый максимум, равный 2,5%. Для современных железобетонных конструкций следует применять канаты по ГОСТ Р 53772-2010, поскольку этот стандарт включает более широкий сортамент, большую градацию по группам прочности и виду изготовления, а также нормирует требования к испытаниям канатов на стойкость против коррозионного растрескивания, выносливость и растяжения с изгибом, что позволяет более рационально проектировать железобетонные конструкции. ГОСТ 13840 значительно устарел и не отражает современные требования, предъявляемые сегодня к арматурным канатам.

По результатам работ были внесены предложения по определению нормативных значений сопротивления растяжению арматурных канатов для расчета предварительно напряженных конструкций, в частности, по корректировке отдельных положений СП 63.13330.2012:

1. Откорректировать отдельные положения п. 6.2.4 СП 63.13330.2012 и абзац *«Для предварительно напряженных железобетонных конструкций следует предусматривать:*

в качестве напрягаемой арматуры:

горячекатаную и термомеханически упрочненную периодического профиля классов А600, А800 и А1000;

холоднодеформированную периодического профиля классов от В_р1200 до В_р1600; канатную 7-проволочную (К7) классов К1400, К1500, К1600, К1700;»

следует изложить в редакции

«Для предварительно напряженных железобетонных конструкций следует предусматривать:

в качестве напрягаемой арматуры:

горячекатаную и термомеханически упрочненную периодического профиля классов А600, А800 и А1000;

холоднодеформированную периодического профиля классов от В_р1200 до В_р1600; канатную 7-проволочную (К7, К7Т) классов К1400...К1920; (К7О) классов К1600...

К1650».

2. Таблицу 6.13 из СП 63.13330.2012 изложить в редакции:

Таблица 6.13

<i>Класс арматуры</i>	<i>Номинальный диаметр арматуры, мм</i>	<i>Нормативные значения сопротивления растяжению $R_{s,n}$ и расчетные значения сопротивления растяжению для предельных состояний второй группы $R_{s,ser}$, МПа</i>
A240	6-40	240
A400	6-40	400
A500	10-40	500
A600	10-40	600
A800	10-32	800
A1000	10-32	1000
B500	3-16	500
B _p 500	3-5	500
B _p 1200	8	1200
B _p 1300	7	1300
B _p 1400	4; 5; 6	1400
B _p 1500	3	1500
B _p 1600	3-5	1600
K1400	15	1400
K1500	6-18	1500
K1550	6,9-18	1550
K1600	15,2	1600
K1650	6-15,7	1650
K1700	6-9	1700
K1740	9; 9,3	1740
K1840	6,9	1840
K1920	6,9	1920

3. Таблицу 6.14 из СП 63.13330.2012 изложить в редакции:

Таблица 6.14

<i>Класс арматуры</i>	<i>Значения расчетного сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа</i>	
	<i>растяжению R_s</i>	<i>сжатию R_{sc}</i>
A240	210	210
A400	350	350
A500	435	435 (400)
A600	520	470 (400)
A800	695	500 (400)
A1000	870	500 (400)
B500	435	415 (380)
B _p 500	415	390 (360)
B _p 1200	1050	500 (400)
B _p 1300	1130	500 (400)
B _p 1400	1215	500 (400)
B _p 1500	1300	500 (400)
B _p 1600	1390	500 (400)

Класс арматуры	Значения расчетного сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа	
	растяжению R_s	сжатию R_{sc}
К1400	1215	500 (400)
К1500	1300	500 (400)
К1550	1345	500 (400)
К1600	1390	500 (400)
К1650	1435	500 (400)
К1700	1475	500 (400)
К1740	1510	500 (400)
К1840	1600	500 (400)
К1920	1670	500 (400)

Примечание — Значения R_{sc} в скобках используют только при расчете на кратковременное действие нагрузки.

Библиографический список

1. *Войлоков И. А.* История конструкций. Преднапряженный бетон // Бетон и сухие смеси, 2009. № 1/Б (82). С. 5-8.
2. ГОСТ Р 53772-2011. Канаты стальные арматурные семипроволочные стабилизированные. Технические условия.
3. ГОСТ 13840-68*. Канаты стальные арматурные 1х7. Технические условия.
4. ГОСТ 12004-81. Сталь арматурная. методы испытания на растяжение.
5. ГОСТ 28334-89 Проволока и канаты стальные для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций. Метод испытания на релаксацию при постоянной деформации.
6. European Standard. prEN10138, Prestressing steels. Part 1 — General requirements., Part 3 — Strands.

Автор

Евгений Александрович ЧЕРНЫГОВ, научный сотрудник центра новых видов арматуры, сварки и армирования железобетона НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Evgeniy CHERNYGOV, Researcher of center of new types of reinforcement, welding and reinforcement of concrete, NIIZB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: labarm@rambler.ru

тел.: +7 (499) 174-76-96, +7 (499) 174-74-94

НОВЫЙ СВОД ПРАВИЛ 130.13330 «ПРОИЗВОДСТВО СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ИЗДЕЛИЙ» ВЗАМЕН СНиП 3.09.01-85

THE CODE OF RULES 130.13330 «PRECAST CONCRETE PRODUCTION» WAS DEVELOPED IN PLACE OF SNIP 3.09.01-85

В. С. ШИРОКОВ, канд. техн. наук

С. А. ПОДМАЗОВА, канд. техн. наук

Д. С. ЛИТВАК

М. В. ГЛУШКОВА

В 1985 г. вышел СНиП 3.09.01-85 «Производство сборных железобетонных конструкций и изделий», в котором были представлены основные технологические требования к производству сборного железобетона. В настоящее время в связи с развитием новых технологий и отказом от устаревших технологий, а также в связи со значительными изменениями, произошедшими в нормативно-документальных базах выполнена актуализация СНиП 3.09.01-85 с учетом новых тенденций в технологии производства сборного железобетона.

Разработанный в 2017 г. документ получил название СП 130.13330. «Производство сборных железобетонных конструкций и изделий». Этот СП устанавливает основные технические и технологические принципы производственных процессов изготовления железобетонных конструкций, используемых при строительстве различных объектов.

In 1985 SNIP 3.09.01-85 "Precast concrete production" was published, where the main technological requirements for the production of precast reinforced concrete were presented. At present, due to the development of new technologies and the abandonment of obsolete ones, and also due to significant changes that have occurred in regulatory and documentary databases, SNiP 3.09.01-85 was updated with new trends in precast concrete production technology.

The document, developed in 2017, was named Code of Practice 130.13330 «Precast concrete production». This Code establishes the basic technical and technological principles of manufacturing processes for the manufacture of reinforced concrete structures used in the reconstruction of various facilities.

CP 130.13330 consists of twelve sections and three annexes, specifying the rules for the production of prefabricated reinforced concrete products from heavy prestressing concrete and the

СП 130.13330 состоит из 12 разделов и 3 приложений, с указанием правил производства изделий сборного железобетона из тяжелого напрягающего бетона и изготовления железобетонных безнапорных труб.

of reinforced concrete non-pressure pipes.

Ключевые слова:

Бетон, железобетон, сборный железобетон, СНиП 3.09.01-85, СП 130.13330

Key words:

Concrete, precast, production, SNiP 3.09.01-85, SP 130.13330

В СССР была создана крупнейшая в мире промышленность сборного железобетона, проектная производительность которой к 1989 г. достигла 180 млн м³ в год, в том числе по территории современной Российской Федерации — около 100 млн м³. За тридцать лет с 1955 по 1985 г. объем применения сборного железобетона увеличился в 25 раз. Значительное внимание было уделено развитию предварительно напряженных и легкобетонных конструкций.

Росла концентрация производства. В 1960 г. предприятия мощностью менее 55 тыс. м³ в год производили 86% всего сборного железобетона, к 1965 г. на их долю приходилось уже только 45%, а в 1990 г. — 20% годового объема производства. Значительная трудоемкость монолитного строительства зданий (недостаток, сохраняющийся в отечественном монолитном строительстве и поныне) сделала неизбежным развитие сборного строительства. Переход от монолитных конструкций к сборным снижал трудоемкость возведения объектов до 50%, а сроки строительства сокращались в несколько раз, особенно в зимний период. За 11 лет, с 1954 по 1965 г. производство сборного железобетона выросло в 20 раз. На 1 млн руб. строительно-монтажных работ объем применения сборного железобетона вырос в 7 раз. Темпы роста были невиданными в сравнении с любой другой отраслью промышленности. В общем объеме применения железобетона в строительстве доля сборных конструкций достигала 80%.

В России около 80% общего объема выпуска железобетона составляют различные виды плоских и линейных конструкций (панели стен, плиты покрытий и перекрытий, перегородки, площадки и др.).

По уровню технических и экономических показателей бетон и железобетон по-прежнему остаются основными конструкционными материалами, занимая приоритетные места в общей структуре мирового производства строительной продукции.

Для дальнейшего развития бетона и железобетона необходимы шаги по укреплению его доминирующего положения на рынке, что также расширит возможности привлечения средств строительных компаний для финансирования научных исследований в этой области.

В свое время основные технологические требования производства сборного железобетона были сформулированы и представлены в СНиП 3.09.01-85 «Производство сборных железобетонных конструкций и изделий». Однако ввиду необходимости

обновления нормативной базы каждые 10 лет созрела необходимость актуализации редакции СНиП 3.09.01 1985 г. с учетом новых тенденций в технологии сборного железобетона.

Вновь разработанный в 2017 г. СП распространяется на производство сборных железобетонных конструкций и изделий из тяжелого, мелкозернистого, легкого и напрягающего бетона для гражданского, промышленного, сельскохозяйственного, транспортного, гидротехнического и других видов строительства. В СП устанавливаются основные технические и технологические принципы производственных процессов изготовления железобетонных конструкций, используемых при строительстве различных объектов. СП охватывает в основном все существующие технологии по изготовлению строительных изделий и обязывает организации-изготовителей осуществлять выпуск продукции в соответствии с требованиями нормативной документации. Приводятся требования по всем технологическим переделам производственного процесса: по составляющим (сырьевым материалам) и их складированию, по арматуре для изделий, по приготовлению бетонных смесей, режимам формования бетона изделий и режимам тепловой обработке, распалубке, транспортированию и хранению изделий, системе контроля качества, по безопасности производства и по охране окружающей среды. Разделы достаточно полно отражают требования, подлежащие соблюдению при выполнении тех или иных технологических операций для получения продукции требуемого качества.

Основной перечень разделов новой редакции СП практически корреспондируется с редакцией СНиП 3.09.01-85, однако информационное наполнение разделов выполнено с учетом требований действующих нормативных документов актуализированных редакций.

В СП с позиций сегодняшнего времени расширен перечень разделов редакции СНиП 3.09.01-85 и представлены новые разделы. В частности, в раздел «Нормативные ссылки» расширяет и обновляет нормативную базу, связанную с производством сборных железобетонных изделий, включен важный раздел по предварительно напряженной арматуре и конструкциям на ее основе.

Так, например, взамен Приложения 1 (Рекомендуемое) «Применение химических добавок при производстве сборных железобетонных конструкций и изделий» в новой редакции СП в разделе 5 «Составляющие бетона изделий, их складирование и хранение» в п. 5.3 представлены общие технологические требования по назначению химических добавок для бетона изделий сборного железобетона. Основное назначение применения химических добавок — повысить эффективность производства сборного железобетона.

Классификация добавок по основному эффекту действия в бетоне должна быть указана в ТУ на добавку, разработанные производителем. Выбор добавки определяется по основному эффекту действия и по результатам ее испытаний при подборе со-

ставов бетона, прошедшего тепловую обработку, аналогичную тепловой обработке заданной технологии производства.

Также в разделе 5 для армирования конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивного воздействия окружающей среды, обозначено применение полимерной композитной арматуры, отвечающей требованиям ГОСТ 31938, а для дисперсного армирования бетона при соответствующем обосновании допускается применение неметаллической фибры.

Название раздела «Приготовление бетонных смесей. Общие требования» изменено на «Приготовление бетона», и качественные характеристики бетонной смеси рассматриваются в совокупности с качественными характеристиками бетона и, соответственно, приводится ссылка на два нормативных документа — ГОСТ 7473 и ГОСТ 26633, так как бетонные смеси являются промежуточной стадией бетона. Качественные характеристики, такие как удобоукладываемость, плотность, пористость, расслаиваемость бетонной смеси, указываются в ГОСТ 7473. Основные технические характеристики, такие как средняя плотность, прочность на сжатие, прочность на растяжение при изгибе, пористость, морозостойкость, водонепроницаемость, истираемость бетона, указываются в соответствии с ГОСТ 26633. В данном разделе представлена концепция подбора состава тяжелого и мелкозернистого бетона, разработанная в ГОСТ 27006. Задание на подбор состава бетона изделий должно содержать все нормируемые показатели качества бетона в соответствии с требованиями стандартов на изделия, для которых предназначен бетон, и в том числе:

- класс бетона по прочности на сжатие и другие виды напряженного состояния, если они нормируются;
- проектный возраст;
- отпускную прочность бетона изделий;
- передаточную прочность преднапряженных изделий;
- марки бетона по морозостойкости, водонепроницаемости, истираемости и другие нормируемые показатели качества, если они предусмотрены в нормативно-технической документации,

и требуемые технологические показатели качества бетонной смеси в соответствии с требованиями технологии производства сборного железобетона.

Рабочий состав бетона назначают по номинальному составу с учетом результатов приемочного контроля качества составляющих бетона.

Основные критерии оценки несущей способности и жизненного цикла железобетонных изделий и конструкций оценивается по уровню качественных характеристик бетона.

Включен важный раздел по предварительно напряженной арматуре и изделиям на ее основе. В разделе 8 «Формование изделий» подробно описаны способы натяжения арматуры при изготовлении предварительно напряженных конструкций. Указаны

рекомендуемые и максимально допустимые параметры температуры и время электронагрева при электрохимическом способе натяжения арматуры.

Раздел 8.4 «Укладка и уплотнение бетонных смесей» — здесь оценка уплотнения бетонной смеси при формовании изделий производится не на основании коэффициента выхода бетонной смеси в зависимости от подвижности, а на основе обеспечения фактической плотности тяжелого бетона.

Отмечена важность обеспечения прочности бетона изделий; в случае же несоответствия величины передаточной или отпускной прочности бетона изделий требуемым значениям, указанным в рабочих чертежах и технологической карте, номинальный производственный состав бетона следует откорректировать для получения заданных значений передаточной или отпускной, а также проектной прочности бетона изделий.

Для бетона изделий следует назначать цементы I или II группы эффективности при пропаривании и состав бетона, который обеспечивает при режиме тепловой обработки определенной технологии — заданную прочность.

В СП даны рекомендации по методам тепловой обработки и указания о том, что применение определенных режимов тепловой обработки позволяет ускорить гидратацию и твердение бетона.

Максимальная температура в камере в период изотермического прогрева изделий из тяжелого, мелкозернистого и легкого конструкционного бетона, изготовленного без химических добавок, не должна превышать 80 °С. При тепловой обработке изделий из конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона температуру среды в период изотермического прогрева следует повышать до 90 °С. При тепловой обработке изделий из тяжелого напрягающего бетона максимальная температура среды не должна превышать 60-70 °С при использовании цемента НЦ-10 и не более 50 °С при использовании цемента НЦ-20 и НЦ-40. При приготовлении бетона изделий с водоредуцирующими/пластифицирующими добавками с эффектом ускорения твердения температура изотермического прогрева не должна превышать 60 °С.

Внесено корректирование скорости подъема температуры среды в камере для предварительно-напряженных изделий, изготавливаемых на стендах и в силовых формах, а также бетона изделий, изготавливаемых в кассетных установках. При тепловой обработке изделий в кассетных установках следует обеспечивать равномерный нагрев изделий. Температура в нагревательных отсеках должна составлять 70-80 °С. При этом следует назначить подъем температуры со скоростью 20-30 °С/ч и изотермический прогрев, разделенный на два периода: с подачей пара (тепла) в тепловой отсек и термосным выдерживанием без подачи пара (тепла); длительность этих периодов необходимо определять в зависимости от вида, класса бетона по прочности и толщины изделий. При использовании предварительного разогрева бетонных смесей паром или электроэнергией температура смеси допускается, как правило, не более 30 °С.

Подробно представлена система контроля качества бетона изделий сборного железобетона:

а) разрушающим методом — по контрольным образцам бетона. Прочность бетона изделий определяют по контрольным образцам бетона в соответствии с требованиями ГОСТ 10180. Режимы твердения образцов бетона следует назначать для контроля прочности в соответствии с режимом тепловой обработки изделий, изготавливаемых по определенной технологии;

б) неразрушающим методом. Передаточную прочность бетона следует определять непосредственно в изделиях с помощью неразрушающих методов контроля — ультразвукового по ГОСТ 17624 или механических методов по ГОСТ 22690.

В разработанном СП описан способ определения прочности предварительно-напряженных многпустотных плит перекрытий, изготовленных методом безопалубочного формования по кернам, в том числе дан пример выпиливания кернов (рисунок).

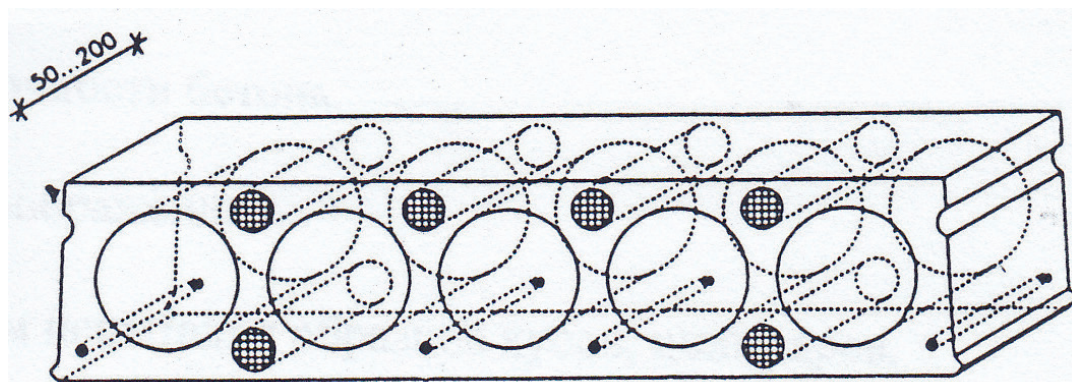


Рис. Пример выпиливания кернов

Контроль качества бетона изделий по кернам производится для оценки фактической прочности и плотности бетона в момент отпуска натяжения канатов и в возрасте 28 сут.

С целью комплексной оценки изделий требуемым показателям качества, таким как прочность, жесткость и трещиностойкость следует проводить испытания нагружением, по результатам которых определяются фактические значения разрушающих нагрузок, прогибов и ширины раскрытия трещин при контрольных нагрузках. Контрольные испытания нагружением проводятся перед началом серийного производства изделий, при внесении конструктивных изменений в рабочую документацию или при изменении технологии изготовления, а также периодически в процессе производства в соответствии с ГОСТ 13015. Порядок подготовки и проведения испытаний, а также правила оценки результатов испытаний регламентированы ГОСТ 8829.

В процессе производства предварительно напряженных стропильных и подстропильных ферм и балок, плит покрытий и перекрытий пролетом 12 м и более, ригелей

и балок пролетом 9 м и более, подкрановых балок, опор ЛЭП и др. следует проводить периодические испытания нагружением для проверки их прочности, жесткости и трещиностойкости.

Исключено приложение по напорным виброгидропрессованным трубам как неактуальное, но введено производство безнапорных железобетонных труб с применением современных и эффективных технологий на базе станкового формования изделий. Включен раздел по изделиям из напрягающего бетона.

Помимо указанного, в СП отражены новые, апробированные на практике эффективные технологии и оборудование, которые позволяют повысить производительность труда, снизить энергоемкость и себестоимость изделий, например, литьевая технология самоуплотняющегося бетона, высокомеханизированная технология изготовления стеновых панелей.

Составление СП велось на основе изучения научно-технических и конструкторских разработок технологий и учета практического опыта работы предприятий сборного железобетона по внедрению новейших технологий и оборудования. На всех стадиях разработки СП использованы результаты как научных достижений, так и практического внедрения и стабильного использования технических новшеств, что имеет первостепенное значение для выбора наиболее эффективного и экономичного решения.

По сути, СП не только рекомендует применять новейшие достижения в строительной индустрии сборного железобетона, но и дает информацию по существующим технологиям и методам производства железобетонных конструкций. Содержание СП достаточно полно отражает всю необходимую палитру требований к производственному процессу выпуска строительных конструкций и имеет прикладную направленность.

Ожидаемая эффективность от применения СП на предприятиях сборного железобетона выразится в необходимости внедрения современных технологий, а также в повышении надежности работы строительных изделий, улучшении их качества, конкурентоспособности, в повышении производительности и улучшении условий труда работников.

Библиографический список

1. СНиП 3.09.01-85. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий.
2. СП 130.13330. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. Актуализированная редакция СНиП 3.09.01-85.
3. Михайлов К. В., Волков Ю. С. Сборный железобетон: история и перспективы // Строительные материалы, 2006. — № 1. — С. 7-9.

Авторы:

Владимир Степанович ШИРОКОВ, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Vladimir SHIROKOV, Ph. D in Engineering, leading researcher, NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

Светлана Александровна ПОДМАЗОВА, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории тонкостенных и пространственных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Svetlana PODMAZOVA, Ph. D. in Engineering, leading researcher, Thin-walled & space structures Laboratory, NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

Даниил Сергеевич ЛИТВАК, мл. науч. сотрудник лаборатории тонкостенных и пространственных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Daniil LITVAK, junior researcher, Thin-walled & space structures Laboratory NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

Марина Вячеславовна ГЛУШКОВА, вед. инженер лаборатории тонкостенных и пространственных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Marina GLUSHKOVA, leading engineer, Thin-walled & space structures Laboratory NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC Research Center of Construction, Moscow

СРЕДНЕВЕКОВЬЕ: РЕЛИГИОЗНОЕ И НАУЧНОЕ ЗНАНИЕ

THE MIDDLE AGES: RELIGIOUS AND SCIENTIFIC KNOWLEDGE

Н. А. МИНКИНА, д-р филос. наук, проф.

М. М. КОВАЛЬЗОН, доц.

Показано что средневековая наука и философия разработали принципы научного метода, и это нашло свое выражение прежде всего в схоластике. Дискуссия реалистов и номиналистов о природе понятий внесла существенный вклад в развитие рационального познания. А идея двойственной истины дала право и обоснование научному знанию. Образование университетов способствовало оформлению науки как социального института.

The authors show that medieval science and philosophy developed the principles of the scientific method, which was expressed primarily in scholasticism. The discussion of realists and nominalists on the nature of concepts has made the significant contribution to the development of rational knowledge. And the idea of a dual truth gave the right and justification of scientific knowledge. Development of universities contributed to the formation of science as a social institution.

Ключевые слова:

Научный метод, рациональное познание, Средневековье, схоластик.

Key words:

Middle Ages, rational cognition, scholasticism, scientific method

Наибольшее влияние на философию и научное знание эпохи Средневековья оказали христианство и философия Античности. Если рассмотреть философски сущность христианства, то его онтология — это идея творения (креационизм) мира Богом из ничего, что свидетельствует о всемогуществе Бога. Гносеология — идея откровения. Истина постигается не с помощью разума, а через божественное откровение. По существу философия Средневековья — это синтез христианства и Античности. Три фундаментальные научные программы получило Средневековье в наследство от Античности: атомизм Левкиппа — Демокрита, математическая программа Пифагора и Платона и, наконец, наибольшее влияние оказал на средневековую науку Аристотель.

Обычно историки науки выделяют три периода в развитии науки Средневековья. Если охарактеризовать в целом все эти три этапа, то нельзя не заметить, что для каждого из них и в целом для Средневековья характерно развитие логического мышления, в форме которого и существует научное знание.

Средневековая наука предложила целый ряд интерпретаций и уточнений в области математики, оптики, физики, механики. Кроме того, в это время был разработан целый ряд понятий и методов, которые способствовали созданию механики нового времени.

Первый период связан с распространением христианства, которое пришло на смену различным языческим представлениям. В V-IV вв. до н. э. была составлена священная книга древних евреев, которая в III-II вв. до н. э. была переведена на греческий и стала называться Библией, а точнее — Ветхий Завет (Завет — договор, который был предложен Богом Израилю). Во II в. был составлен Новый Завет. Первым памятником Нового Завета является «Откровение Иоанна Богослова», или Апокалипсис. Апокалипсис (откровение — с греч.). Основное содержание Апокалипсиса составляют пророчества и видения, открывшиеся автору через Бога. Мир ожидают войны, ужасы, массовая гибель людей и т. п. Незадолго до второго пришествия Христа должен появиться Антихрист. В Апокалипсисе он изображается в виде семиглавого и семирогого зверя, названного 666. Как доказано исследованиями, под этим числом зашифровано имя императора Нерона, который был известен своими гонениями на христиан.

Именно здесь мы впервые встречаемся с именем Иисуса Христа. Само слово Христос означает в переводе с еврейского *мессия* — помазанник Божий. Кроме того, в Новый Завет вошли Послания пяти апостолов. Апостол — посол, посланник. В Новом Завете апостолами называют 12 ближайших учеников Иисуса. Апостолы — это сподвижники и первые пропагандисты учения Иисуса Христа. Всего в Новом Завете 21 послание. Сюда же входит и Послание апостола Павла, который, согласно этим документам, лично не знал Иисуса Христа. Здесь же мы находим четыре Евангелия (в переводе с древнегреческого — Благие вести) — от Матфея, от Марка, от Луки и от Иоанна. И наконец, Деяния святых апостолов, описывающие их деятельность после смерти Иисуса Христа. Деятельность эта заключалась в распространении христианства.

Государственной религией христианство стало при императоре Константине (285–337). В 325 г. он созвал первый Вселенский собор. Константин оповестил епископов разных стран, предоставил им средства передвижения, выделил материальные средства для проведения Собора. Сам открыл заседание, произнес торжественную речь в честь христианства, дал делегатам торжественный обед, провел в их честь блестящий парад своей гвардии. Он был властным и жестоким человеком, не останавливавшимся даже перед убийством своих близких родственников (зятя Лициния, его

одиннадцатилетнего сына, своего тестя Максимиана, своего сына Криспа, своей жены Фавсты). Однако это не помешало церкви возвести его в ранг святого.

В это время была распространена точка зрения о несовместимости веры и разума. Раннехристианский писатель Квинт Тертуллиан (160-220 гг.) писал: христианское откровение упраздняет «мудрость мира сего» (эта идея в послании апостола Павла). «Сын божий был распят, не стыдимся этого, хотя это и постыдно; сын божий умер — вполне верим этому, потому что это нелепо. И погребенный воскрес; это верно, потому что это невозможно» («О теле Христовом»). В такой форме христианский апологет провозгласил несовместимость веры и разума. Сила веры прямо пропорциональна нелепости ее положений с точки зрения нормального человеческого разума.

Еще несколько слов об отцах церкви. Этот период называется патристика. Патристика (от *patres* — лат. *отцы церкви*). Это разработка библейского послания и философствование в вере. Отцами церкви первоначально называли епископов христианских общин. Позднее — тех епископов, которые создавали Богословие. Среди авторитетнейших отцов церкви можно назвать Св. Амвросия, который обосновал концепцию церкви и государства, Св. Иеронима, который перевел Библию на латынь и создал институт монашества, Св. Августина, папу Григория Великого, обосновавшего концепцию семи смертных грехов. Все они, с его точки зрения, произошли от корня всякого зла — гордости: тщеславие, зависть, гнев, уныние, скупость, чревоугодие, расточительность.

Считается, что для избавления от этих грехов понадобилось семь даров божественной благодати (благодать — особая сила для преодоления греховности). Григорий Нисский — заложил основы экзегетики — богословской дисциплины, занимающейся истолкованием библейских текстов, и прежде всего — Библии. Считается, что текст Библии многогранен, полон тайн, символов. Она содержит разгадки всех тайн мироздания и путей спасения. Лютер и Кальвин считали, что тексты надо понимать буквально. Они положили начало ортодоксальному направлению в теологии и философии. Либеральная теология отказалась от буквального понимания библейских текстов. Так, немецкий протестантский теолог и философ Рудольф Бультман предложил демифологизировать библейские тексты, то есть согласовать их с представлениями современного человека. Пауль Тиллих предложил интерпретировать Библию экзистенциально, в категориях человеческого существования, чтобы она была понятна современному человеку.

Августин Блаженный по-новому взглянул на возможности познания. Он считал, что есть вещи, которые могут быть познаны при помощи разума. Этим занимается философия. Но есть еще религиозное откровение. С его помощью постигается знание о божественном бытии. Это знание можно получить только через веру. Только сверхъестественное озарение дает истину.

Таким образом, Августин провозгласил *гармонию веры и разума*, однако приоритет он отдает вере. «Верь, чтобы понимать!», т. е. вера предшествует пониманию. Такой двойственный подход он экстраполирует и на понимание человека. Человек — это малый мир (микрокосм). Он соединяет в себе природу материальных тел (растений и животных) и, кроме того, обладает *разумной душой и свободой воли*. Воля является сущностью души. Душа человека нематериальна, бессмертна и свободна в своих решениях. Она имеет начало и не имеет конца. Это самостоятельная духовная субстанция, не имеющая ничего общего с телесно-биологическими функциями. Душа не занимает пространства. Однако Августин оставляет вопрос о том, как душа соединяется с пространственным телом. Основные функции души: *мысль, память, воля*.

Научное знание этой эпохи функционировало как предметное содержание новой системы образования, оформлявшейся в западном христианском мире. Для системы образования особо важными являлись формы членения и классификации наличного знания. Античность оставила различные способы организации знания. Наиболее известными среди них были аристотелевский и платоновско-стоический принципы членения философии, а также классификация так называемых свободных искусств. Свободные искусства — это такие формы знания, которые являются достоянием свободного человека. Они противопоставляются механическому, или рабским искусствам, являющимся уделом несвободных людей. Трудно установить первые истоки такой классификации человеческого познания. Вероятно, они совпадают с начальными попытками разработать более или менее стройную систему обучения.

Основная заслуга в классификации свободных искусств принадлежит римскому ученому-энциклопедисту Варрону (116-27 гг. до н. э.), который включал в их число девять главных наук: грамматику, риторику, диалектику, арифметику, геометрию, астрономию, музыку, медицину и архитектуру.

Окончательное оформление система свободных искусств получает у Марциана Капеллы (V в.) приблизительно в 420 г. Марциан Капелла принимает систему Варрона, но опускает медицину и архитектуру. Отныне речь идет уже только о семи свободных искусствах. В его произведении «Сатирикон, или о бракосочетании Филологии и Меркурия» излагаются семь свободных искусств, начиная с грамматики, составляющей основу всех знаний. Затем в приведенном порядке излагаются риторика, логика (диалектика), арифметика, геометрия, астрономия и музыка.

Семь свободных искусств довольно естественно распадаются на две части: грамматику, риторику и диалектику, с одной стороны, и арифметику, геометрию, астрономию и музыку — с другой. Это и есть знаменитые «тривиум» и «квадривиум». Когда впервые было осуществлено такое разделение наук на две группы, нельзя установить точно. Но Боэций (ок. 480-524) уже употребляет название «квадривиум». Именно Боэцию принадлежит идея создания переводов и комментариев по всем

семи свободным искусствам, призванным стать основой системы образования. Им написаны трактаты по арифметике и музыке. Большую роль в создании дела средневекового образования сыграла также переводческая деятельность Боэция. Им были переведены четыре первые книги «Начал» Эвклида, сделан перевод и комментарий к «Категориям» Аристотеля и «Введению» Порфирия.

Создание системы христианского образования продолжил друг Боэция Кассиодор (ок. 487 — ок. 575). В 540 г. он отказался от государственной деятельности и удалился в монастырь в Виварии. Там им был написан трактат «Руководство к божественной и мирской словесности», который также часто называют «Об искусствах и научных дисциплинах». Этот трактат в течение долгого времени использовался в качестве учебника в монастырских и соборных школах. Первой обязанностью монахов он считал не физический труд, а заботу о своем умственном и духовном развитии. Кассиодор намеревался создать в Риме академию для изучения богословских наук. Но, как он сам говорит во введении к сочинению «Об изучении наук божественных и человеческих», войны и прочие смуты, вызванные нашествием Юстиниана на Италию, не позволили этого, и он заменил свой план созданием большой библиотеки в монастыре. К работе в библиотеке он активно привлекал монахов. Особенно поощрял он работу переписчиков (по его терминологии, «антиквариев»). Он говорил, что своим трудом они «борются тростником и чернилами против коварных козней дьявола и наносят ему столько ран, сколько слов господних они переписывают». Характерно, что он не запрещает и изучение светских наук, но ставит их на второе место и советует овладеть только их основами. Малоспособным к научным занятиям он рекомендует садоводство, земледелие и рыболовство.

Кассиодор разрабатывает план полного курса обучения свободным искусствам, предназначенный для подготовки клириков. Опираясь на разделение наук, которое восходит через Марциана Капеллу и Боэция к греко-римской педагогической традиции, он также различает тривиум и квадривиум. Сама эта классификация не несет в себе ничего нового, однако та форма, которую придал ей Кассиодор, стала формой фундаментальной организации знания. Он провел элементарное упорядочение классического античного знания и культуры с целью поставить их на службу религиозному научению и церковным потребностям. По твердому убеждению Кассиодора, свободные искусства должны стать составной частью христианских дисциплин и самой монастырской культуры, ибо для образования клириков требуется хорошее знание античных писателей и знание наук. Точное понимание Писания связано с обладанием начальными знаниями. Именно поэтому, принимая предложенное Августином решение проблемы отношения между языческой культурой и христианской традицией, Кассиодор обрисовывает подход, в полной мере соответствующий историческому характеру общества, в котором интеллектуальная жизнь становится исключительной функцией церковников.

Таким образом, уже в VI в. оформляются каноны церковного обучения в монастырских и соборных школах. Стремление интегрировать идеи греко-римской культуры в ткань христианской идеологии на деле превращается в процесс пассивного принятия системы понятий, уцелевших после крушения общества, которое их породило. В большей мере это относится к философскому комплексу идей античного общества, в меньшей — к системе позитивного знания. Постепенно осуществляется полная христианизация культурной жизни.

В немалой степени этому способствует и тот факт, что в VII в. церковь становится единственным социальным институтом, который в условиях все большего раздробления политической и административной власти, упадка городов и аграризации общества продолжает осуществлять объединительную функцию. Монастыри становятся главной обителью сохраняющейся учености и прибежищем культуры. Церковное начальство относилось достаточно подозрительно к светским наукам. Однако именно церковные деятели как наиболее образованные люди своего времени явились первыми распространителями научных знаний в средневековой Европе

Второй период — среднее Средневековье (его также называют высоким Средневековьем) — *время образования европейских университетов*. Средневековые университеты были замечательны тем, что в них была выработана система европейского образования, которая, по существу, сохранилась до наших дней. Лекции, экзамены, диспуты, университетские должности и звания, диссертации — все это идет из средневековых университетов. Даже деление научных работ на главы и подглавы (прямо связанное с канонами схоластики) имеют тот же источник. В качестве примера можно назвать университеты Оксфордский, Парижский, Кембриджский, Неапольский, Пражский, Венский и др. Главная задача была подготовить образованных людей в сфере духовенства.

Фома Аквинский (1225/26-1274) — систематизатор схоластики Средневековья. Схоластика происходит от греческого слова *scholasticos*, что означает *школьный*. Это средневековая так называемая «школьная философия». Схоласты стремились рационально обосновать и систематизировать христианское вероучение. Фома Аквинский оказал такое влияние на последующую философию и науку, что в 1879 г. Папа Римский Лев XIII издал энциклику, в которой философия Фомы Аквинского объявлялась единственно истинной и обязательной для преподавания во всех католических учебных заведениях. В чем секрет? Если говорить о философской позиции Фомы, то он точно следует за Аристотелем. Более того, Фома Аквинский так поднял Аристотеля, что вплоть до Возрождения его имя было вне критики. Подвергать сомнению взгляды Аристотеля было равнозначно богохульству. Затем, вплоть до XVII в. особенно сильным становится влияние Платона. Сегодня служители католической церкви должны безоговорочно принимать взгляды Фомы.

Основные его работы — «Сумма теологии» и «Сумма философии», иногда обозначаемая «Сумма против язычников». В «Сумме философии» Фома пытается утвердить истинность христианской религии доводами, обращенными к читателю, который еще не стал христианином. «Сумма теологии» преследует ту же цель.

Смысл этих работ Фома видит в том, чтобы, как он говорит, «возвестить истину, исповедуемую католическим вероучением». Но для этого он должен прибегнуть к помощи естественного разума, так как язычники не принимают авторитета Священного писания. У них нет *веры*, и поэтому неверующим в Христа надо объяснять, доказывать с помощью разума. Однако разум бессилен в том, что касается бытия Бога. Но разум не противоречит вере. Богословские истины сверхразумны, но не противоразумны. Важно лишь разделить те части вероучения, которые могут быть доказаны с помощью разума, и те, которые не могут.

Фома Аквинский не согласен с утверждением, что Бог может быть познан только с помощью веры. Он сформулировал пять доказательств бытия Бога:

1. Доказательство неподвижного двигателя. Вещи делятся на две группы. Одни только движимы. Другие двигают и, вместе с тем, движимы. Но все, что движется, приводится чем-то в движение. В какой-то точке мы должны прийти к чему-то, что двигает, не будучи само движимо. Этот неподвижный двигатель и есть Бог.

2. Доказательство первопричины. У каждого следствия есть причина. Но причинно-следственные связи не могут быть бесконечны. Должна быть конечная причина.

3. Бог как источник всякой необходимости. Всякая вещь возможна. Она может быть, но может и не быть. Но если все могло бы не быть, то не осталось бы ничего существующего. Следовательно, должно быть нечто, существование чего необходимо.

4. Мы обнаруживаем в мире различные степени совершенства, которые должны иметь свой источник в чем-то абсолютно совершенном. Таким образом, причина благородства и совершенства — Бог.

5. Поскольку мы обнаруживаем, что даже безжизненные вещи служат чему-либо, то должен быть некто, кто устанавливает эти цели. Таким образом, должен быть Бог как конечная цель (телеология).

Фома Аквинский продвинул вперед идею Августина о гармонии веры и разума. Ведь в христианстве традиционно истина рассматривалась как истина божественного откровения. Фома же по существу дает право на существование науке. Он не только логически доказывает бытие Бога, но и считает, что истину постичь можно не только в результате божественного откровения, но и с помощью разума.

И здесь необходимо коснуться вопроса о природе понятий. Наше знание о мире существует в форме понятий, законов, категорий. Понятия — это самая простая форма обобщения чувственного знания. Период средневековья — это время, когда пытались выяснить вопрос о том, как возникают понятия. А ведь понятие — это исходная

категории логики. Вопрос о природе понятий вылился в дискуссию, которая получила название — спор о природе универсалий, т. е. понятий. В результате дискуссии о природе понятий сложились два направления. *Номинализм* — направление, представители которого считали, что реально понятия не существуют. Они считали понятия лишь именами (от лат. *Nome* — имя). Эти имена относятся к множеству сходных единичных вещей. Понятия могут быть также чисто мыслительными образованиями, существующими в уме человека. Реально же существуют лишь единичные вещи.

Реализм — направление, сторонники которого считали, что понятия предшествуют предметам и существуют независимо от них. Суть реализма в том, что понятия или идеи-образы находятся в уме внеприродного бога-творца, а конкретные вещи представляют их несовершенные копии.

Как видим, не правы ни те, ни другие. Номиналисты считают понятия лишь именами. На самом же деле понятия — это результат обобщения чувственных данных, это совокупность существенных свойств предметов, явлений, процессов. Понятно, что неправы и реалисты, поскольку считают, что идеи предшествуют вещам.

Фома считает, что понятия имеют тройное существование. Во-первых, как прообразы материальных предметов; во-вторых, универсалии находятся в мире вещей; в-третьих, универсалии находятся в человеческом разуме, где они образуются в качестве понятий. Таким образом, универсалии существуют до вещей, в вещах и после вещей.

Познание начинается с чувственного опыта, а затем — интеллектуальное. При этом понятия, образуемые человеческим интеллектом, истинны в той мере, в какой соответствуют вещам природы. Сами же вещи истинны в той мере, в какой они соответствуют своим понятиям в интеллекте Бога.

Несомненное влияние на развитие знания в этот период оказали крестовые походы. Благодаря крестовым походам значительно расширился культурный кругозор Европы. Вследствие частых контактов с арабо-мусульманской культурой, которая находилась в расцвете и во многом опережала европейскую, средневековая культура получила возможности ознакомиться и перенять достижения восточной культуры, в частности, в области медицины, механики, точных наук и философии.

В целом, как видим, культура зрелого Средневековья имела активный, динамичный характер и отличалась расцветом городов, образования, науки и искусств.

Третий период связан со временем, когда светские темы завоевывают все большие области литературы (лирика, роман, городская сатира и т. д.). Но одновременно религиозное мироощущение пронизывает произведения на светские темы. В период зрелого средневековья духовная диктатура церкви не была сломлена. Церковь сохраняла монополию на образованность, она оставалась крупнейшим феодалом. Рядом с ней, однако, еще не в борьбе с ней, выросли многочисленные очаги светской

культуры — в замках и городах. В этой культуре еще не было неверия, антирелигиозности, но в ней уже была нецерковность. Однако, в отличие от умозрительной космоцентричности античной философии и научного знания, средневековые научные знания пытались проникнуть в практическую деятельность и начинают носить прикладной характер. Речь идет об алхимии, которую называют провозвестницей опытной науки. Конечно, алхимия выступала в форме мистицизма. Это были сакральные действия, сопровождающиеся заговорами, молитвами, Но проводившиеся по определенной методике. Что и открыло путь развитию химии как науки.

Аналогичной была ситуация с астрологией. С позиций современной науки астрология является типичным лженаучным учением и разновидностью гадательной магии. При этом наука признаёт, что на определённом этапе своего развития астрология объективно стимулировала развитие наблюдательной астрономии, математики, метеорологии и других областей знания.

В 1975 г. 186 ведущих мировых учёных, в том числе 18 нобелевских лауреатов, выступили с заявлением «Возражения против астрологии», в котором выражали беспокойство по поводу того что средства массовой информации охотно предоставляют свои страницы астрологии и прочим подобным псевдонаукам. Национальный научный фонд (США) относит веру в астрологию к одному из наиболее распространённых среди американцев псевдонаучных заблуждений. В России публичной критикой астрологии как лженауки занимается Комиссия по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований при Президиуме Российской академии наук.

Теоцентризм Средневековья практически исключал возможность существования ученых, занимающихся только наукой. Научные занятия сочетались либо с мистикой, либо со схоластикой. Первых зачастую обвиняли в колдовстве, вторых — в ереси. Однако многие философы-схоласты наряду с богословием занимались изучением естественных наук. Среди них Альберт Великий, внесший существенный вклад в описательное естествознание и занимавшийся алхимией, астрономией, зоологией, минералогией, ботаникой. Канцлер Оксфордского университета Роберт Гроссетест пытался устройство космоса обосновать экспериментальными методами. В круг его интересов входили оптика, геометрия, астрономия.

Одним из наиболее оригинальных ученых был Роджер Бэкон. Он постоянно подчеркивал роль математики для познания и опыт как поставщика фактов. Бэкон выделял два типа опыта: 1) реальный, жизненный опыт, который можно приобрести только в процессе жизни; 2) опыт-доказательство, полученный через внешние чувства. Он касается только материальных предметов. Но существует ещё духовный опыт, утверждал Бэкон, который можно познать только избранным людям через мистическое состояние, через внутреннее озарение. Существует точка зрения, что данная идея предвосхитила собой появление идей об эвристическом озарении и роли интуиции в науке.

Р. Бэкон активно занимался алхимией, астрологией и оптикой; пытался внести в алхимию элементы науки; подразделял алхимию на умозрительную (теоретическую), которая исследует состав и происхождение металлов и минералов, и практическую, занимающуюся вопросами добывания и очистки металлов, приготовления красок и т. п.; считал, что алхимия может принести большую пользу медицине, предвосхитив в некоторой степени идеи Парацельса. Ему принадлежит ряд открытий в теории магнетизма, в физиологии зрения, в оптике.

Таким образом, средневековая философия и наука, и прежде всего — схоластика, установили принципы научного метода. Роберт Гроссетест сформулировал двойной метод разложения и составления, или индукции и дедукции так же ясно, как Ньютон 500 лет спустя. Но этот метод не получил развития, поскольку в период Средневековья рациональная наука не могла быть использована для получения практической выгоды. Важно иметь в виду, что дискуссия реалистов и номиналистов о природе понятий внесла существенный вклад в развитие рационального мышления. Идея двойственной истины дала право и обоснование научному знанию. Образование университетов послужило оформлению науки как социального института.

Библиографический список

1. *Аврелий Августин*. Исповедь Блаженного Августина, епископа Гиппонского. М.: Renaissance, 1991.
2. *Фома Аквинский*. Сумма теологии. Сумма Философии // *Онтология мировой философии*. Т. 1. М., 1969. С. 823-862.
3. *Автономова Н. С.* Рассудок, разум, рациональность. М.: Наука, 1998.
4. *Аристотель*. Метафизика. Соч. В 4 т. Т. 1. М., 1996.
5. *Козлова М. С.* Вера и знание. Проблемы. Границы // *Вопросы философии*. 1991. №2. С. 58-66.
6. *Микешина Л. А.* Философия познания. Полемические главы. М.: Прогресс-Традиции, 2002.

Авторы:

Нелли Абрамовна МИНКИНА, д-р филос. наук, проф., заведующая кафедрой философии АО «НИЦ «Строительство», Москва

Nelli MINKINA, Dr. of Sci. (Philosophy), Full Prof., Head of the Department of Philosophy, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: kaffcenter@mail.ru

тел.: +7 (499) 170-70-94

Мария Матвеевна КОВАЛЬЗОН, доцент кафедры философии гуманитарных факультетов МГУ им. Ломоносова, Москва

Maria KOVALSON, Assistant Professor of Philosophy Department, Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Moscow

e-mail: mkovalzon@mail.ru

тел.: +7 (916) 529-86-93

Уважаемые авторы!

Журнал «Вестник НИЦ «Строительство» принимает для размещения только оригинальные научные статьи согласно тематике журнала, не опубликованные ранее в других печатных изданиях!

Для публикации статьи в журнале ВЕСТНИК необходимо представить на электронную почту редакции vestnikstroy@list.ru следующие материалы (подробно см. сайт журнала: <http://vestnik.cstroy.ru> раздел Авторам – Правила оформления статьи):

1. Название статьи - на русском и английском языках.
2. Индекс УДК.
3. Информация об авторе на русском и английском языках:
 - 3.1. Ф.И.О. автора (полностью).
 - 3.2. Ученая степень, ученое звание, должность, место и адрес работы/место учебы.
 - 3.3. E-mail автора, телефон для связи.
4. Аннотация / Abstract (на русском и английском языках): 150-200 слов.
5. Ключевые слова / Keywords (на русском и английском языках): 5-10 слов или словосочетаний.
6. Введение.
7. Основной раздел.
8. Заключение.
9. Библиографический список, оформленный должным образом (см. сайт журнала: <http://vestnik.cstroy.ru>).
10. Рецензия на статью. Рецензент должен обладать ученой степенью и, желательно, ученым званием по специальности, соответствующей теме статьи.
11. Рисунки и таблицы должны иметь названия и ссылки в тексте.
12. Рисунки предоставляются отдельными файлами в форматах: eps, ai, cdr, jpeg, tiff.
13. Статьи, содержащие формулы, должны, помимо word-файла, дублироваться pdf-файлом, чтобы избежать искажения формул.
14. Рекомендуемый объем статьи – 10-12 страниц текста шрифтом Arial размером 12 пунктов через полтора интервала (32 строки на странице).
15. Число авторов (соавторов) не должно превышать четырех. В обоснованных случаях это число может быть увеличено, но при этом соавторы дополнительно должны представить обоснование с характеристикой содержания/объема работы, выполненной каждым из них.

По вопросам оформления статей и приобретения ВЕСТНИКа обращаться в редакцию журнала по телефонам +7(495) 602-00-70 доб. 1014/1002 или по e-mail: vestnikstroy@list.ru

Возможно также оформить подписку по каталогу Роспечать: подписной индекс 36569; 82868, тел. +7 (495) 921-25-50

УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР

Приглашает вас:

- Повысить квалификацию специалистов и экспертов
- Пройти обучение в аспирантуре
- Подготовить диссертацию
- Защитить диссертацию на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук



ниц строительство
научно-исследовательский центр



ЦНИИСК
ИМ.В.А.КУЧЕРЕНКО



НИИЖБ
ИМ.А.А.ГРОЗДЕВА



НИИОСП
ИМ.Н.М.ПЕРСЕВАНОВА



ОБУЧЕНИЕ В АСПИРАНТУРЕ АО «НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО» ПРОВОДИТСЯ ПО СЛЕДУЮЩИМ ФОРМАМ ОБУЧЕНИЯ:

очная

прикрепление лиц
для подготовки
диссертации
на соискание
ученой степени
кандидата наук *

заочная

* без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

1

АО «НИЦ «Строительство» проводит подготовку специалистов на курсах повышения квалификации по очной и заочной формам:

- разработка индивидуальных программ обучения и учебно-тематических планов
- по уникальным программам АО «НИЦ «Строительство»
- в области инженерных изысканий
- в области проектирования
- в области строительства



2

Преподавательский состав
Учебного центра

- Лекции читают академики, действующие члены и члены-корреспонденты РААСН, лауреаты Премий Правительства РФ, заслуженные деятели науки и техники РФ, доктора и кандидаты технических наук
- Учебный класс рассчитан на обучение до 75 человек одновременно. Оснащен системой кондиционирования и видеонаблюдения



3

Набор в аспирантуру и докторантуру АО «НИЦ «Строительство» проводится по направлению 08.06.01 «Техника и технологии строительства» по направленностям:

- 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения»
- 05.23.02 «Основания и фундаменты, подземные сооружения»
- 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»

4

В АО «НИЦ «Строительство» работает совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук. Защита диссертаций проводится по следующим научным специальностям:

- 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения»
- 05.23.02 «Основания и фундаменты, подземные сооружения»
- 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»



г. Москва,
2-я Институтская ул., д. 6



+7(499) 174-73-84
+7(499) 174-73-80



motorina@cstroy.ru
smirnova@cstroy.ru
cool.opk2012@yandex.ru



www.cstroy.ru

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева
АО «НИЦ «Строительство»



ниц строительство
научно-исследовательский центр



НИИЖБ
ИМ. А.А. ГВОЗДЕВА

90 лет В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ СТРАНЫ!

- техническая помощь:
 - при строительстве различных видов зданий и сооружений с применением бетонов нового поколения
 - по разработке новых технологий и систем качества продукции на строительных объектах
- проектные работы для нового строительства и реконструируемых объектов, экспертиза проектной документации
- научно-техническое сопровождение проектирования и строительства
- разработка альбомов сборных железобетонных элементов, конструктивных решений армирования монолитных железобетонных зданий и сооружений
- контроль качества изготовления арматурных элементов и сборных железобетонных изделий и конструкций на производстве, на объектах при монолитном строительстве, в т.ч. с применением BIM-технологий
- обследования зданий и сооружений, в т.ч. методами неразрушающего контроля

**НИИЖБ ИМ. А.А. ГВОЗДЕВА АО «НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО» ПРЕДЛАГАЕТ
ИСПОЛЬЗОВАТЬ МНОГОЛЕТНИЙ ОПЫТ НАШИХ СПЕЦИАЛИСТОВ
НА ОСНОВЕ ВЗАИМОВЫГОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА!**

Отдел маркетинга НИИЖБ:
тел. +7 (495) 602-00-70 доб. 2300, 2301
эл. почта: niizhb-marketing@cstroy.ru
сайт: www.niizhb-fgup.ru

НИЦ «Строительство» — соорганизатор
Международного форума высотного
и уникального строительства 100+ Forum Russia

Международный форум и выставка
высотного и уникального строительства

100+ FORUM
RUSSIA

5-7 декабря 2018 | Екатеринбург

www.forum-100.ru



НИЦ строительство
научно-исследовательский центр



ЦНИИСК
ИМ. В.А. КУЧЕРЕНКО



НИИЖБ
ИМ. А.А. ГВОЗДЕВА



НИИОСП
ИМ. Н.М. ГЕРСЕВАНОВА

Научное издание

Вестник НИЦ «Строительство»
Вып. 4(19) 2018

Редактор выпуска Савельева М.А.
Компьютерная верстка Магомедова М.Р.

Подписано в печать 22.10.2018. Формат 70×100/16
Бумага мелованная. Офсетная печать.
Тираж 500 экз. Заказ №5384.

Отпечатано в типографии
ООО «Красногорский полиграфический комбинат»
Юридический адрес: 107140, г. Москва, 1-й Красносельский пер., д. 3, офис 17
Фактический адрес: 115093 г. Москва, Партийный переулок д. 1 корп.58, стр.3 пом.7