

Горб А.М., директор ЗАО «СК Конкрит Инжиниринг», советник Российской Академии Естествознания РАЕ, член Международного союза экспертов по строительным материалам и конструкциям RILEM, Британской Ассоциации Бетона CS и Американского Института бетона ACI.

Войлоков И.А., доцент кафедры ТОЭС СПбПУ

ФИБРОБЕТОН — ИСТОРИЯ ВОПРОСА. НОРМАТИВНАЯ БАЗА, ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Gorb A.M., director of “Concrete Engineering”, Member of the International Union of Laboratories and Expert in Construction Materials, Systems and Structures RILEM, UK Concrete Society CS, American Concrete Institute ACI
Voilokov I.A., assistant professor of the Department for Technology, Organisation and Economy of Construction of the St. Petersburg State Polytechnic University

FIBRE-REINFORCED CONCRETE — BACKGROUND, NORMATIVE BASE (PROBLEMS AND SOLUTIONS)

Новые требования по долговечности к такому традиционному виду строительного материала как бетон вынуждают искать новые виды армирования. В качестве армирующего материала в последнее время все более широко применяется дисперсное армирование волокнами. Для их изготовления используются различные материалы: металл, базальт, полипропилен, стекло.

Во всем мире развитие дисперсного армирования как альтернатива стержневому происходило постепенно. И изначально оно рассматривалось в качестве помощи к традиционному. В нашей стране работы, посвященные получению дисперсно-армированных товарных бетонов и растворов с применением волокон, ассоциируют с именем русского инженера В.П. Некрасова.

На заре XX века он провел исследования по применению дисперсного армирования. В качестве фибровой арматуры он использовал отрезки проволоки малых диаметров. Результаты исследований Некрасов подробно изложил в своих работах. Тогда же был получен и первый в мире патент на конструкцию из фибробетона.

Дальнейшее развитие тематики дисперсного армирования было продолжено уже в Советском Союзе в середине прошлого века, о чем свидетельствует заинтересованность наших специалистов в улучшении свойств такого традиционного строительного материала как бетон. Всплеск активности и дальнейшая разработка данной тематики способствовали появлению публикаций и авторских патентов.

Вопрос о качестве и новых возможностях бетона волновал не только наших ученых. В подкрепление к научным разработкам середины 70-х годов (как это было принято в то время) вышло Постановление Совмина СССР «О некоторых мерах по повышению технического уровня производства железобетонных конструкций и более эффективному использованию в строительстве».

New requirements for durability of concrete, a traditional concrete construction material, force the experts to develop new types of reinforcing. Lately, disperse reinforcing with fibres has been applied wider than before. Various materials, such as metal, basalt, polypropylene, glass are used for manufacturing the fibres.

In the whole world, development of disperse reinforcing as an alternative of bar frame reinforcing was gradual. At the beginning, it was considered as a supplement to traditional reinforcing. In our country, research works relating to manufacture of disperse-reinforced commercial concrete and mortars containing fibres are strongly associated with the name of the Russian engineer V.P. Nekrasov.

At the beginning of 20th century, he carried out an investigation relating to the use of disperse reinforcing, with cuts of wires with small diameter used as fibrous reinforcement. Nekrasov described results of these investigations in detail at his works. At that time, the first patent for constructions made of fibre-reinforced concrete was issued.

Further development of disperse reinforcing continued in the Soviet Union in the middle of the last century. This demonstrates the interest of our experts in improving the properties of such traditional construction material as concrete. A burst of activity and further investigation of possibilities in this field promoted appearance of new articles and patents.

A problem of quality and new properties of concrete was of interest not only for Soviet researchers. To support scientific researches of mid-1970s (as it was accepted at that time) the Council of Ministers of the USSR issued a Decree «On some measures to increase a technical level of production of reinforced concrete structures and their more effective use in construction industry».

Thanks to this document, construction sector received a normative basis for implementation of reinforcing fibres as a strengthening admixture to concrete. Later, this enabled to

Благодаря данному документу строители получили базу для внедрения дисперсно-армирующих волокон в качестве упрочняющей добавки для бетона. В дальнейшем это позволило говорить о создании нового высокопрочного материала — фибробетона.

К сожалению, сроки изучения и последующего внедрения новых строительных материалов достаточно длительные. Изначально это связано с нежеланием принимать все новое (мол, и так все хорошо), а также определенными предрассудками по освоению инноваций.

В Советском союзе было много перспективных и передовых разработок, но ученые работали в стол: на внедрение новых передовых материалов могли уйти десятилетия. Определенные трудности во внедрении новых технологий в производстве строительных материалов возникали и при изготовлении бетона, асфальтобетона и железобетона. Даже сегодня во многих наших регионах при изготовлении бетона не используют такие перспективные и давно себя хорошо зарекомендовавшие добавки как поликорбаксилаты и ниткал. Хотя производители бетона могли бы получить от их применения значительную выгоду.

Тем не менее, стоит признать, что и в теоретической части, и в области лабораторных исследований мы добились действительно выдающихся результатов.

Западные производители тем более не дремали. За последнее время проведено значительное количество международных научно-технических симпозиумов, конференций и семинаров, посвященных результатам научных исследований и практическому применению фибробетонных в строительстве США, Великобритании, Канаде, ФРГ и других странах. Только на выставке World of concrete 2006 в Лас-Вегасе автор насчитал порядка 10 производителей синтетической фибры и порядка 5 — металлической. Причем стоит отметить, что указанная выставка демонстрирует не революционные технологии, а то, что применяется повсеместно на Западе. Так сказать, технологии шаговой доступности.

Особое развитие и применение фибробетон получил в Японии. Еще в 1960 г. японская ассоциация по цементу одной из первых специально учредила комитет по изучению фибробетона.

Своей основной задачей Комитет сделал подготовку нормативной документации, руководящих материалов (РТМ). Именно эти документы должны были обеспечить и расширить возможность последующего использования фибры как при производстве бетонов в промышленном секторе и на заводах товарного бетона, дальнейшее исследование характеристик фибробетона, так и изучение конструкций дорожных покрытий и других конструкций из бетона, армированного различного рода волокнами, как стальными так и искусственными.

В 70-е годы XX века исследования приняли систематический характер, и акцентировать внимание стали

state that a new high-duty material, fibre-reinforced concrete, has been created.

Unfortunately, terms of investigation and the following implementation of new construction materials are relatively long. Originally, it comes from a lack of desire to accept something new (in belief that everything is quite well without it), and from certain prejudices relating to innovations.

There were many prospective and advanced research achievements in the Soviet Union, but works by many researchers were never used in practice, and implementation of modern, advanced developments might took several decades. There were also certain problems in implementation of new technologies for production of such construction materials as concrete, asphalt concrete and reinforced concrete. Even today, such prospective and well-proven admixtures as polycarboxylates and nitkal are not applied in production of concrete in many regions of Russia. This take place despite the fact that concrete producers would be capable of generating considerable gains from their application.

Nevertheless, it should be noted that we achieved some really remarkable results both, in laboratory researches, and in theory.

All the more, the Western researches developed their activities. For some time past, considerable number of international scientific and technical symposiums, conferences and seminars have been held, relating to results of research and practical application of fibre-reinforced concrete for construction in the USA, Great Britain, Canada, Germany and other counties. Author of the present article counted about 10 producers of synthetic fibre and of some 5 producers of metal fibre, who took part in the exhibition World of Concrete 2006 in Las-Vegas. It should be stressed, that this exhibition demonstrates not innovative technologies, but methods and practices generally accepted in the West, so to say «convenience technologies».

Fibre-reinforced concrete is most well developed and used in Japan. In 1960 already, the Japanese association of cement was one of the first to create a committee for research of fibre-reinforced concrete.

The core task of the Committee was to prepare normative and instructive documents (instructive and engineering materials, or RTM). These particular documents were aimed at creation and expansion of an opportunity for further application of fibre for production of concrete in industrial sector, at concrete plants, as well as future investigation of fibre-reinforced concrete properties, and also investigation of construction of road carpet and other concrete structures reinforced with fibres of various types, both steel and synthetic.

The researches became systematic in 1970s, and the focus was then put onto practical application of this material. Majority of research works were related to investigation of steel fibre-reinforced concrete.

на практическом внедрении этого материала. Большинство исследований было связано с изучением именно сталефибробетона.

На мировом рынке стальные волокна как материал для промышленного армирования появились в 1973 г. Появление фибры как самостоятельного технологического продукта для армирования стимулировало их исследование и дальнейшее применение для использования в дорожных одеждах и в отделке тоннелей. Благодаря полученным результатам, подтвердились уникальные эксплуатационные свойства сталефибробетона, что позволило увеличить число конструкций из него и использовать его при возведении различных объектов строительства.

Начало 80-х г. прошлого века стало новым этапом в развитии японской школы фибробетона. Специалистами японской ассоциации по тоннелестроению было разработано руководство по проектированию и изготовлению сталефибробетона, предназначенного для отделки тоннелей, для конструкций дорог и гидротехнических сооружений. Японское общество инженеров гражданского строительства подготовило руководство по подбору состава и приготовлению сталефибробетона, а также разработало ряд методов его испытаний. Уже в конце 80-х г.г. количество произведенных и использованных в Японии стальных волокон достигло 10000 т. Нынешний годовой объем производства стальной фибры в России, страны металла и углеводородов, приблизительно равен объему, производимому в Японии 30 лет назад. Хотя определенная часть российского производства стальной фибры все же идет на экспорт.

Также на нашем рынке представлены производители фибры из Бельгии и Германии, Белоруссии и Украины. В странах ближнего зарубежья данные производства налажены практически самостоятельно. За аналог оборудования взяты импортные станки, в качестве сырья в Белоруссии используется некондиционный корд от шинопроизводства, что не всегда соответствует высокому качеству изготовленной из него фибры. Это связано с тем, что используемая при производстве проволока не всегда имеет одинаковую толщину.

Продвижение внедрения дисперсно-армированных бетонов в практику строительства должно быть связано в первую очередь с решением вопросов использования волокнистой (фибровой) арматуры необходимого качества и освоением технологических процессов на действующих заводах строительного комплекса, а также при внедрении данного материала непосредственно на строительных площадках.

В России исследования и разработки по созданию дисперсно-армированных бетонов и конструкций с их применением основываются в значительной мере на фундаментальных исследованиях, относящихся к технологии изготовления, теории, расчету и проектированию железобетонных конструкций.

В их развитие большой вклад внесли известные ученые Ю.М. Баженов, В.Н. Байков, О.Я. Берг,

Steel fibres first appeared in the world market as a material for industrial reinforcement in 1973. Introduction of fibre as an independent technological product for reinforcement stimulated investigation and further application of steel fibres in road carpet and in tunnel lining. Thanks to the results obtained in the research works, unique performance characteristics of steel fibre-reinforced concrete were confirmed. This enabled to increase a range of constructions made of this material and to use it in various building projects.

Early 1980-s were a new stage in development of the Japanese researches in field of fibre-reinforced concrete. Experts of the Japanese Association for Tunnel Engineering created instructions for designing and manufacturing steel fibre-reinforced concrete for tunnel lining, for construction of roads and hydraulic engineering structures. The Japanese Society of Civil Engineers developed instructions for selecting the composition and manufacturing steel fibre-reinforced concrete, and also developed a range of methods for its testing. By late 1980-s, the amount of steel fibre produced and used in Japan reached 10,000 tons. At present time, the annual amount of steel fibre production in Russia, known as a country of metal and hydrocarbons, is nearly the same as the amount manufactured in Japan 30 years ago. However, a certain share of Russian-made steel fibre is exported.

Producers of fibre from Belgium and Germany, Belarus and Ukraine are also present in our market. States of the former Soviet Union, excluding Russia, implemented production of fibre practically independently. Imported machines were taken as an example of equipment. In Belarus, non-standard tyre cord of manufacturing is used as raw material. This is a reason, why quality of fibre manufactured from this material is not always high. It happens, because the wire used in production process is not always of the same thickness.

Development of implementation of disperse-reinforced concrete in the construction practice should be related with solution of the following issues: use of fibrous (fibre) reinforcing of necessary quality, implementation of technologies for production of such concrete at the existing enterprises manufacturing construction materials, and use of this material directly at construction sites.

In Russia, research and development relating to disperse-reinforced concrete and structures built with the use of such concrete are based, to a considerable extent, on fundamental researches that cover technology of manufacturing, theory, calculation and designing reinforced-concrete structures.

Notable contribution into their development was made by outstanding researchers Y.M. Bazhenov, V.N. Baikov, O.Y. Berg, V.M. Bondarenko, A.A. Gvozdev, Y.V. Zaitsev, B.A. Krylov, K.V. Mikhailov, A.V. Nosarev, V.B. Ratinov, B.G. Skramtaev, M.M. Kholmyansky, A.E. Sheikin and others.

Works relating to investigation of glass-reinforced compositions on the basis of cement binding agents were published by K.L. Biryukovich, P.P. Budnikov, M.T. Duleba, M.A. Krasnov, T.G. Markaryan, R.M. Mkhikyan, A.A. Paschenko, V.M. Rudoi, V.P. Serbin.

В.М. Бондаренко, А.А. Гвоздев, Ю.В. Зайцев, Б.А. Крылов, К.В. Михайлов, А.В. Носарев, В.Б. Ратинов, Б.Г. Скрамтаев, М.М. Холмянский, А.Е. Шейкин и др.

Работы, относящиеся к исследованиям стеклоармированных композиций на основе цементных вяжущих, получили свое отражение в трудах К.Л. Бирюковича, П.П. Будникова, М.Т. Дулебы, М.А. Краснова, Т.Г. Маркаряна, Р.М. Мхикяна, А.А. Пащенко, В.М. Рудого, В.П. Сербина.

Большая заслуга в исследованиях сталефибробетонных конструкций принадлежит Г.И. Бердичевскому, И.В. Волкову, Ф.А. Гофштейну, К.М. Королеву, О.В. Коротышевскому, Л.Г. Курбатову, И.А. Лобанову, В.П. Романову, К.В. Талантовой, Г.К. Хайдукову, Г.А. Шикуну, В.В. Шугаеву, Ф.Ц. Янkelовичу.

Значительный вклад в организацию и развитие научно-исследовательских и опытно-промышленных работ в области дисперсно-армированных бетонов внесли Б.А. Крылов, Л.Г. Курбатов, К.В. Михайлов, Д.Л. Орлов, Ф.Н. Рабинович, Г.К. Хайдуков, Ю.В. Пухаренко, А.М. Горб.

Основные проблемы возникающие при применении тех или других видов волокон связаны с тем, что не все искусственные волокна способны противостоять воздействиям среды гидратирующихся цементов, особенно это актуально при решении вопросов дисперсного армирования бетонных материалов.

Как показывает практика, стеклянные волокна обычного состава подвергаются интенсивной коррозии в твердеющем бетоне на портландцементе и практически не вступают в химическое взаимодействие с продуктами гидратации гипсовых вяжущих.

Совсем другая картина в ситуации со стальными волокнами, так они заметно корродируют в композициях на основе гипса, причем те же волокна надежно защищаются от процессов коррозии в гидратирующейся среде цементных вяжущих. Эти обстоятельства должны учитываться при назначении оптимальных составов композиции «бетон-волокно».

При анализе проведенных экспериментов и исследований можно сделать вывод о том, что дисперсное армирование обеспечивает повышение прочности сечений сжатых, растянутых и изгибаемых элементов конструкций, увеличивает их трещиностойкость, ударную вязкость, термическое сопротивление и другие физико-механические показатели.

Благодаря исследованиям и множеству натурных (стендовых) испытаний, у нас много примеров успешного применения дисперсно-армированных бетонов в конструкциях различного назначения: стеновых панелях, плитах покрытий, днищах резервуаров, сваях, трубах, лотках коммуникационных каналов, полах промышленных зданий, дорожных и аэродромных

Steel fibre-reinforced concrete structures were thoroughly investigated by G.I. Berdichevsky, I.V. Volkov, F.A. Gofshstein, K.M. Korolev, O.V. Korotyshevsky, L.G. Kurbatov, I.A. Lobanov, V.P. Romanov, K.V. Talantova, G.K. Khaidukov, G.A. Shikunov, V.V. Shugaev, F.T. Yankelovich.

Considerable contribution into organisation and development of research and pilot works in the field of disperse-reinforced concrete was made by B.A. Krylov, L.G. Kurbatov, K.V. Mikhailov, D.L. Orlov, F.N. Rabinovich, G.K. Khaidukov, Y.V. Pukhareno, A.M. Gorb.

Main problems that can appear with application of one or another type of fibre are related with the fact that not all artificial fibres are capable of withstanding the impacts of the medium of hydrating cement. This is the most important when the problems of disperse reinforcing of concrete materials should be solved.

As the practice shows, glass fibres of standard composition are affected by intensive corrosion in a hardening concrete that contains Portland cement, while they practically do not react with products of hydration of gypsum binders.

The process is totally different with steel fibres, because they significantly corrode in gypsum-based compositions, while the same fibres are well protected against corrosion in hydrating medium of cement binders. These circumstances should be taken into account when an optimal component composition «concrete-fibre» is selected.

Based on analysis of experiments and investigations results, one can make a conclusion that disperse reinforcement ensures the increase in strength of cross sections of compressed, stretched and twisted elements of structures, as well as their cracking resistance, impact strength, thermal resistance and other physical and mechanical properties.

Thanks to investigations and a large number of field (benchmark) tests, we have many examples of successful application of disperse-reinforced concrete in structures of various types, such as wall panels, roof slabs, tank bottoms, piles, tubes, trays of communication ducts, floors of industrial buildings, road and aerodrome carpet, left-in-place form for cast-in-place constructions, and other.

At present, not only traditionally applied vibration molding is used in work with fibre-reinforced concrete, but also such effective methods, as prepacked concreting, shotcreting, bending freshly molded flat slabs, vacuum pressing, pneumo-spraying, rolling, and many others.

As experience confirms, disperse reinforcement enables to reduce materials consumption, cost and labour input for manufacturing concrete structures, if compare with traditional reinforcing solutions. Such results are obtained on account of partial or full rejection from application of traditional mesh or cage reinforcement in structures, as well as thanks to transfer of the process of manufacturing the reinforced concrete mixture directly into a concrete mixer in many cases. Reinforcing fibres can be added to the mixture both, at a plant and at a construction site.

покрытиях, несъемной опалубке для возведения монолитных конструкций и др.

Наряду с традиционно применяемым виброформованием при производстве работ с фибробетоном ныне используют такие эффективные приемы, как раздельная укладка, торкретирование, прогиб свежееотформованных плоских заготовок, вакуум-прессование, пневмонабрызг, роликовая обкатка и многие другие.

Как показывает опыт, благодаря дисперсному армированию удается добиться снижения материалоемкости конструкций, стоимости и трудоемкости изготовления по сравнению с традиционными армирующими решениями. Такие показатели удается получить за счет частичного или полного отказа от необходимости применения в конструкциях традиционных арматурных сеток и каркасов, а также в результате перевода во многих случаях комплекса производства арматурных работ в процессе изготовления армированной бетонной смеси непосредственно в бетоносмеситель. Армирующие фибровые волокна можно добавлять как на заводе, так и непосредственно на строительной площадке.

Глобальные исследования в области технологии и изучения свойств сталефибробетона начинались в НИИЖБ (Москва) в середине 70-х гг. XX века. В то же время они проводились в ЛенЗНИИЭП (Ленинград), а позже и в ЛагНИИС. Не отставали и другие научные центры. Работы по дисперсному армированию проводили ОАО «ЦНИИПромзданий», Ростовский Водоканалпроект, Карагандинский Промстройпроект, ВНИИ-Строммаш, НИИЦемент, Киевский Политехнический институт, МИСИ (МГСУ) им. В.В. Куйбышева, МХТИ (МГХТУ) им. Д.И. Менделеева, ЛИСИ (ГАСУ).

Поэтому сегодня мы можем использовать как зарубежный опыт, который убедительно доказал технико-экономическую эффективность применения сталефибробетона в строительных конструкциях, так и собственный, накопленный и наработанный в достаточно долгий период времени. Таким образом, обобщенный накопленный опыт показывает, что использование дисперсно-армированных бетонов различной плотности и прочности позволяет интенсифицировать процессы, повысить качество и снизить ресурсопотребление при возведении новых, а также реконструкции и реставрации существующих строительных объектов.

На сегодняшний день благодаря проведенной работе НИИЖБ совместно с ЛенЗНИИЭП, МНИИТЭП, ЦНИИПромзданий, ООО «Фибробетон», Центральным банком РФ и другими организациями у нас разработан ряд рекомендательных документов.

Это ВСН 56-97, РТМ-17-01-2002, РТМ-17-02-2003, РТМ-17-03-2005, ВВП-001-01 Банка России. Данная нормативная база позволяет проектировать и применять строительные конструкции из сталефибробетона и стеклофибробетона. Однако прямых норм уровня СНиПа и стандартов для фибробетонов до настоящего времени не было.

Comprehensive research works in the field of technology and investigation of properties of steel fibre-reinforced concrete began in the Moscow State Research Institute of Reinforced Concrete (NIIZhB) in mid-1970s. At the same time, the works were carried out in research institutes «LenZNIIEP» (Leningrad), and later in «LatNIIS» (Latvia). Other research centres also investigated this problem. The works relating to disperse reinforcement were carried out at Central Research Institute of Industrial Buildings («TsNIIPromzdani»), «Vodokanalproekt» (Rostov-na-Donu), «Promstroyproekt» (Karaganda), Central Research Institute of Construction Materials and Mechanical Engineering («VNIISTrommash»), Research Institute of Cement («NIITsement»), Kiev Polytechnical Institute, Moscow Institute of Construction Engineers (MISI, now Moscow State University of Civil Engineering — MGSU) named after V.V. Kuibyshev, D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Leningrad Institute of Construction Engineers (LISI, now St. Petersburg State Architectural and Construction University — GASU).

Therefore, now we can use both, our own, and foreign experience, that proved demonstratively the technical and economical efficiency of application of steel fibre-reinforced concrete in building structures. Thus, the integrated and accumulated experience shows that the use of disperse-reinforced concrete of various density and strength enables to intensify construction processes, improve quality and reduce consumption of resources while erecting new buildings, and while implementing reconstruction and renovation of existing objects.

Thanks to the work carried out by NIIZhB together with «LenZNIIEP» (Leningrad zonal research institute of experimental designing), MNIITEP (Moscow research and project institute of typology and experimental designing), «TsNIIPromzdani»), JSC «Fibrobeton», Central Bank of the RF and other organisations, we have managed to develop a set of recommendation documents.

These documents are VSN 56-07 (Industry Building Code), RTM-17-01-2002 (Instructive and Engineering Materials), RTM-17-02-2003, RTM-17-03-2005, VNP-001-01 (Departmental Norms of Designing) by the Bank of Russia. The given normative basis allows to design and apply structures manufactured from steel fibre-reinforced concrete and glass fibre-reinforced concrete. However, direct norms of Construction Rules and Regulations (SNiP) or State Standards level have not existed up to the present time.

At the end of the 20th and at the beginning of the 21st century, enterprises «Kurganstalmost», NPO «Magfibrostroy», «Severstalmetiz» managed to establish series commercial production of steel fibre. Volume of production enables even now to increase the use of fibre-reinforced concrete in Russian construction sector by several dozens times. At the same time, such growth should not be expected in the near future because of peculiar features of the construction industry. Apart from this, underderrun of the Russian economy by volumes of consumption of steel fibre-reinforced concrete can be explained by



Конец прошлого и начало нынешнего века ознаменовались тем, что на предприятиях ЗАО «Курганстальметиз», ООО НПО «Магфибрастрой», ОАО «Северстальметиз» удалось организовать отечественное серийное промышленное производство стальной фибры в объемах, позволяющих уже сейчас увеличить в десятки раз применение фибробетона в отечественном строительстве. Однако такого увеличения в ближайшее время нельзя ожидать из-за особенностей строительной экономики. Кроме того, отставание России в объемах применения сталефибробетона отчасти объясняется известными кризисными явлениями во всей нашей экономике.

За рубежом постоянно расширялись инвестиции в исследования, разработку и применение фибробетонов, но в отечественной практике финансирование в этом направлении велось по остаточному принципу и бессистемно, независимо от мнения и пожеланий научных организаций.

Опыт таких развитых стран как США, Великобритания, Германия, Франция и Австралия убедительно доказал технико-экономическую эффективность применения сталефибробетона в строительных конструкциях.

Производством стальной фибры занимаются более 20-ти зарубежных фирм и корпораций. Только в Японии 7 крупных фирм выпускает стальную фибру различных форм, профилей, размеров и прочности, в том числе из коррозионностойкой стали. В Германии производится стальная фибра фирмами «Манесман Ханде», «Харекс» и др. Бельгийская фирма «Драмикс» изготавливает фибру из проволоки в виде блок-пластин, склеенных водорастворимым клеем, что облегчает ее интеграцию в бетон матрицу.

К сожалению, до сих пор не были разработаны типовые конструкции из СФБ, которые могли бы широко применять проектировщики.

Немаловажным фактором, влияющим на неостребованность фибробетона в отечественном строительстве, является его относительно более высокая исходная цена по сравнению с обычным бетоном или железобетоном. Этот фактор действует в первую очередь на уровне отношений между заводом-производителем фибробетона или конструкций из него и подрядной организацией-строителем, которая не хочет брать более дорогой материал, не предусмотренный проектировщиками.

Как строительный материал сталефибробетон дает так называемый отложенный экономический эффект. Это происходит за счет более высокой долговечности и износостойкости, эксплуатационной пригодности, увеличения межремонтного ресурса и повышения безопасности сооружений при сейсмических воздействиях и пожарах.

Перечисленные выше факторы наиболее эффективны в узлах и конструкциях многоэтажных и высотных

manifestations of a crisis in the whole Russian economy, to some extent.

In foreign countries, investments into research, development and application of fibre-reinforced concrete were constantly increasing. On the contrary, this direction in Russia was financed without particular system, on leftover principle, which did not depend on opinions or wishes of research organisations.

The experience of such developed countries as the USA, Great Britain, Germany, France and Austria, proves demonstratively the technical and economical efficiency of application of steel fibre-reinforced concrete in building structures.

Steel fibre is manufactured by over 20 foreign companies and corporations. In Japan alone, 7 large companies produce steel fibre of various shape, profile, size and strength including that made of corrosion-resistant steel. In Germany, steel fibre is manufactured by companies «Mannesmann Handel», «Hareks», and others. The Belgian company «Dramix» manufactures fibre from wires in the shape of block-plates glued with water-soluble glue, which facilitates its integration into the matrix of concrete.

Unfortunately, steel fibre-reinforced concrete structures of standard design have not been developed yet. Designers would be capable of using them widely.

One of significant factors, which cause low demand for fibre-reinforced concrete in the Russian construction industry is its relatively high starting price, compared with standard concrete or reinforced concrete. At first instance, this factor plays its role on the level of relations between a factory manufacturing fibre-reinforced concrete or structures made of this material and a construction company acting as a contractor. The contractor normally does not wish to purchase more expensive material, which was not specified by designers.

Steel fibre-reinforced concrete as a construction material gives a so-called deferred economic benefit. The economic effect comes from its higher rates of life time, wear resistance, serviceability, prolongation of overhaul period and increase of safety of structures in case of fire and seismic activity.

The factors listed above are the most efficient in segments and structures of multi-storey and high-rise buildings, especially in buildings and constructions erected in regions with high seismic activity. Disperse fibre reinforcement ensures a dissipation of energy within the volume of a segment, pack of segments or a zone on account of multiply higher energy required for deformation and disintegration, compared with standard concrete.

The problem in this situation is that only an organisation that exploits building or construction is capable of providing a real appraisal; as a rule, such organisation is not to take part in the first stage of the project, when con-

зданий, особенно в зданиях и сооружениях, возводимых в сейсмических районах.

Дисперсное фибровое армирование обеспечивает диссипацию энергии в объеме конструкции, узла или зоны за счет многократно большей энергии деформирования и разрушения по сравнению с обычным бетоном.

Проблема в данной ситуации заключается в том, что реальную оценку можно дать только организация, эксплуатирующая готовое здание или сооружение, но не участвующая, как правило, на первом этапе в выборе конструктивного решения конструкции или сооружения.

Расширение применения фибробетонов в строительстве может быть достигнуто только в результате совместного взаимодействия научных и проектных организаций в согласии с организациями-заказчиками объектов, эксплуатирующими их в дальнейшем.

Сегодня необходимо разработать методику оценки экономической эффективности фибробетонных конструкций, учитывая более высокие физико-механические свойства, долговечность, технологичность, большой межремонтный ресурс и т. п. по сравнению с железобетоном. В целом конструкции из СФБ несомненно дадут больший экономический эффект на эксплуатации всего здания. По мнению автора, различные виды выпускаемой фибры в зависимости от своих как экономических, так и технических параметров должны применяться в разных видах конструкций и в соответствии с разработанной технологией.

Главным препятствием на пути массового промышленного применения сталефибробетона в строительстве до последнего времени являлось отсутствие норм проектирования конструкций из него.

На основе результатов исследований опытного производства и применения сталефибробетонных конструкций НИИЖБ, ЛенЗНИИЭП и ЦНИИП был в 1987 г. разработан первый нормативный документ в этой области — «Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций» (НИИЖБ, Москва, 1987), ориентированный на применение тех видов стальной фибры, которые производились в то время в опытном порядке. Однако фибра была недостаточно высокого качества и выпускалась в малых объемах. Сейчас такая фибра вообще не производится.

В 1997 г. НИИЖБ были разработаны для г. Москвы ВСН 56–97 для проектирования и технологии производства стеклофибробетонных конструкций (НИИЖБ, Москва, 1997).

Большой вклад в научно-исследовательские работы, нормативное обеспечение и практику массового применения сталефибробетона внесли производственные объединения ЗАО «Курганстальмост» и НПО «Маг-

структивные решения для конкретного здания или сооружения должны быть выбраны.

It is possible to increase the volume of consumption of fibre-reinforced concrete in construction sector, only provided that research and design organisations work together with customers which order the construction objects and then manage them.

Currently, it is necessary to develop a method to estimate economic effect from application of structures made of fibre-reinforced concrete, which would take into account higher physical and mechanical properties, as well as longer service life, workability, overhaul period, and other better properties, if compare with standard reinforced concrete. Structures made of steel fibre-reinforced concrete will undoubtedly add a significant economic efficiency of upkeeping the building as a whole. In author's opinion, different types of manufactured fibres should be used in different types of structures in accordance with the developed technologies. The types of fibre differ by their technical and economical parameters.

Up to recently, the main barrier on the way of mass industrial application of steel fibre-reinforced concrete in construction industry has been the absence of normative documents that would set requirements for design of structures built from this material.

Based on results of investigations and pilot production, as well as application of structures made of steel fibre-reinforced concrete, obtained by NIIZhB, LenZNIIEP and TsNIIP, the first regulative document in this sphere was developed in 1987. This document, «Recommendations for designing and manufacturing structures from steel fibre-reinforced concrete» (NIIZhB, Moscow), described requirements for the types of steel fibre that were manufactured at that time by pilot production. However, quality of fibre was not sufficiently high, and volumes of production were low. At present, such fibre is not produced any more.

In 1997, NIIZhB developed departmental construction regulations (VSN 54–97) for design and technology for production of structures made of glass fibre-reinforced concrete (NIIZhB, Moscow, 1997) effective for Moscow.

Industrial corporations CJSC «Kurganstalmost» and Research and Production Centre «Magfibrastroy», who were first to implement industrial production of steel fibre, introduced their large contributions into research and development works, preparation of regulative documents and practice of mass application of steel fibre-reinforced concrete.

At the end of 1990s — beginning of 2000s, industrial corporations CJSC «Kurganstalmost», Research and Production Centre «Magfibrastroy» and CJSC «Severstal-Metiz» established production of steel fibre of three types industrially: milled from slab according to technical specifications TU 0991–125–46854090–2001; cut from thin steel sheet according to TU 0991–123–53832025–2001, and chopped from wire according to

фибрастрой», впервые организовавшие промышленное производство стальной фибры.

В конце 90-х гг. XX в. — начале 2000-х гг. производственными объединениями ЗАО «Кургансталь-Метиз», НПО «Магфибрастрой» и ЗАО «Северсталь-Метиз» организовано устойчивое промышленное производство стальной фибры трех различных видов: фрезерованной из сляба по ТУ0991-125-46854090-2001; резаной из тонкого стального листа по ТУ 0991-123-53832025-2001 и рубленой из проволоки по ТУ 1211-205-46854090-2005. Производимая этими организациями фибра отличается высокими техническими характеристиками, однородностью свойств и технологичностью при применении.

НИИЖБ были разработаны технические условия на все эти виды фибры и сертифицировано ее производство. Для создания возможности опытно-промышленного применения производимой фибры и проектирования конструкций из сталефибробетона НИИЖБ были разработаны руководящие технические материалы (РТМ) по проектированию и применению сталефибробетонных конструкций соответственно для указанных видов фибры. Это позволило организовать опытно-промышленное производство и применение сталефибробетона с упорядочением проектирования и технологии производства.

К сожалению, РТМ не являются юридически нормативными документами уровня СНиПа. Об этом и говорили неоднократно и проектировщики. Кроме того, в действующих до 2004 г. нормативных документах (СНиП 2.03.01-84") фибробетон вообще отсутствовал как узаконенный строительный материал, что создавало дополнительные трудности в его применении.

Большим успехом отечественной науки и практики явилось то, что в новый СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции» фибробетон включен как узаконенный вид железобетона с дисперсным армированием, а приложением к нему была предусмотрена разработка «Свода правил по проектированию железобетонных дисперсно-армированных конструкций», в том числе сталефибробетонных.

Разработанный НИИЖБом свод правил СП-52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции» является значимым этапом в развитии норм проектирования железобетонных конструкций и расширении сферы и объемов строительства из сталефибробетона.

Содержание и построение СП 52-104-2006 аналогично СП 52-101-2003 и СП 52-102-2004. При этом содержание разделов и проектные положения учитывают специфику свойств и работы сталефибробетона в конструкциях.

Самым первым нормативным документом в области проектирования конструкций из дисперсно-армированных бетонов явился СНиП 2.03.03-85 «Армоцементные конструкции», разработанный НИИЖБ и ЛенЗНИИЭП в 1984 г. Основные расчетные и кон-

ТУ 1211-205-46854090-2005. Fibre produced by these enterprises is remarkable for its high technical properties, consistency of properties and well workability when used.

NIIZhB developed technical standards on all these types of fibre and certified their production. In order to create a possibility of test application of manufactured fibre and designing structures made of steel fibre-reinforced concrete, NIIZhB developed instructive and engineering materials setting requirements for designing and application of steel fibre-reinforced concrete structures for corresponding types of fibre. This enabled to implement experimental-industrial production and application of steel fibre-reinforced concrete so that designing and technology of production met to the regulations.

Unfortunately, instructive and engineering materials (RTM) are not legal normative documents on level of Construction Rules and Regulations (SNiP). This was repeatedly stressed by designers as well. Apart from this, in normative documents SNiP 2.03.01-84, which were effective before 2004, fibre-reinforced concrete was not mentioned at all. That created additional obstacles on the way of application of this construction material.

The new standard SNiP 52-01-2003 «Concrete and reinforced concrete structures» describes requirements for fibre-reinforced concrete, as a legal variety of reinforced concrete with disperse reinforcement, and this is a large success of the Russian science and practice. Addendum to SNiP 52-01-2003 envisages that «Rules for designing disperse-reinforced concrete structures» including those made of steel fibre-reinforced concrete should be developed.

A set of rules SP-52-104-2006 «Steel fibre-reinforced concrete structures» developed by NIIZhB is an important stage in development of designing norms for reinforced concrete structures and increase of volumes of construction made of steel fibre-reinforced concrete.

The content and structure of SP-52-104-2006 is similar to SP 52-101-2003 and SP 52-102-2004. At that, the content of chapters and project statements take into account the specific properties and working of steel fibre-reinforced concrete in constructions.

SNiP 2.03.03-85 «Armocement structures» developed by NIIZhB and LenZNIIEP in 1984 was the very first normative document regulating design of structures made of disperse-reinforced concrete. Main calculation and constructive decisions developed by NIIZhB back in 1987 became a basis for the document «Recommendations for designing and manufacturing structures from steel fibre-reinforced concrete», and later the series of aforementioned RTMs.

Taking into account that scientific and technical, constructive and technological, as well as practically tested background, adopted by aforementioned documents, had been well proven, they were taken as a basis of the Set of Rules (SP 52-104-2006). For this document, some modernization was carried out, with a use of practical experience in application of steel fibre-reinforced concrete.

структивные предпосылки были положены в основу проектных положений, разработанных НИИЖБ еще в 1987 г., «Рекомендаций по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций», а позднее серии упомянутых РТМ.

Учитывая апробированность принятых в указанных документах научно-теоретических, конструктивных и технологических, в то же время практически проверенных предпосылок, они приняты за основу и в Своде правил СП 52-104-2006 с определенной модернизацией на базе накопленного опыта применения сталефибробетона.

Цель разработки СП 52-104-2006 является создание узаконенной возможности применения сталефибробетона при проектировании новых и реконструкции существующих конструкций, зданий и сооружений с целью расширения его индустриального применения в строительстве и повышения экономичности строительства и эксплуатации сооружений.

Одновременно введение в действие этого свода правил позволит обеспечить применение качественных строительных материалов, в данном случае фибры, а также обеспечить нужный контроль, надежность и долговечность конструкций. Это обусловливается тем, что СП 52-104-2006 официально предусматривает применение только стальной фибры, указанной в нем, на которую распространяются принятые положения проектирования.

Самое главное, что на фибру других видов и выпускаемую по другим техническим условиям СП 52-104-2006 не распространяется. Это относится и к зарубежной фибре и аналогам из ближнего зарубежья.

Дальнейшим расширением нормативной базы применения сталефибробетона являются разрабатываемые НИИЖБ временные нормы и правила проектирования многофункциональных зданий и зданий-комплексов в г. Москве (МГСН 4.19) и временные рекомендации по технологии и организации строительства многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в г. Москве (МДС 12-23).

Указанные временные нормы впервые содержат положения о применении сталефибробетона в элементах и узлах конструкций каркаса и ограждения зданий.

Нормы МДС 12-23 (по технологии) содержат конкретные указания по оптимальной технологии заводского изготовления и применения сталефибробетона (в том числе по составам, режимам укладки и уплотнения и проч.).

Благодаря проникновению на наш рынок различных фибр-аналогов имеет место практика применения стальной фибры, не имеющей гарантийной технической документации на нее, а также соответствующей документации на проектирование конструкций из фибробетона на ее основе.

The document SP 52-104-2006 was developed with a purpose to create a legal opportunity of applying steel fibre-reinforced concrete in projects for building new and reconstructing the existing buildings and constructions, with a purpose to widen its industrial utilisation in construction sector, to increase economic efficiency of construction and management of buildings.

At the same time, consummation of this Set of Rules should enable to ensure the application of high-quality construction materials, in this case it is fibre, and to ensure the necessary checking, reliability and durability of constructions. This results from a fact that the document SP 52-104-2006 officially allows to use only steel fibre, that is described in the document, and the accepted rules of designing can be applicable only to this fibre's type.

The most important is that conditions of SP 52-104-2006 cannot be applicable to fibre of other types or manufactured according to other technical specifications. Conditions of the document are not applicable to imported either, manufactured in the West or in the countries of the former Soviet Union.

NIIZhB is currently developing temporary norms and rules for multi-purpose buildings and complexes in the city of Moscow (MGSN 4.19) and temporary recommendations for technology and arrangements for construction of multi-purpose high-rising buildings and complexes in the city of Moscow (MDS 12-23), which would further expand a normative basis for application of steel fibre-reinforced concrete.

The aforementioned temporary rules include, for the first ever time, some norms relating to the use of steel fibre-reinforced concrete in elements and construction units in the construction of building's framework and walling.

Norms of MDS 12-23 considering technology contain specific recommendations for optimal technology of manufacturing steel fibre-reinforced concrete at factory and for its application, including recommendations considering compositions, modes of placing and compacting, and other.

As various «no-name» fibre emerges onto the Russian market, there exists a practice of application of steel fibre without guarantee technical documentation, and also without corresponding documents which would describe requirements for designing structures from steel fibre-reinforced concrete that contains such steel fibre.

In future, such practice should be stopped, especially considering a necessity of designing and wide application of critical structures and constructions made of steel fibre-reinforced concrete, with ensured safety, reliability and durability of service.

As a consequence, namely this approach for development enables to put into practice a technical policy

Такую практику в будущем следует исключить, особенно учитывая необходимость проектирования и широкого применения ответственных конструкций и сооружений из сталефибробетона с обеспеченной безопасностью, надежностью и долговечностью эксплуатации.

Как следствие, именно такой подход в развитии является реализацией технической политики повышения качества проектирования и производства в строительной индустрии.

В наши дни апробация такой разновидности товарного бетона как СФБ в российских условиях уже закончена с положительным результатом. Малые объемы потребления СФБ в России в значительной степени объясняются недостаточным пониманием российскими строителями возможностей и преимуществ СФБ, дефицитом нормативной документации, недостатком обоснованной рекламы товарных бетонов и растворов, отсутствием целенаправленной работы по применению СФБ, бетона и раствора в строительстве.

В России технология приготовления и укладки такой разновидности товарного бетона, как сталефибробетон в обычных и в зимних условиях была проверена на строительных площадках. Товарный бетон марки СФБ был с успехом использован на строительстве взлетной полосы аэропорта «Пулково» в Санкт-Петербурге и «Шереметьево» в Москве, пролетных конструкций моста в Челябинске, участке автодороги Барнаул — Бийск, при устройстве временной крепи тоннелей метро на станции «Торговый Центр» (Челябинск), станции «Божова» (Екатеринбург), станции «Парк Победы» (Москва), участка автодороги Москва — Лобня, монолитных сейфов хранилища Сбербанк России и Госбанк России.

Литература

1. СНиП 2.03.03–85 «Армоцементные конструкции», НИИЖБ и ЛенЗНИИЭП в 1984 г.
2. Железобетон в XXI веке, состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России. Госстрой РФ, НИИЖБ, М.: Готика. 2001. С. 123–133; 216–223.
3. Сталефибробетонные конструкции зданий и сооружений. Обзорная информация. ВНИИТПИ, выпуск 7. М. 1990.
4. Стеклофибробетон и конструкции из него. Обзорная информация. ВНИИТПИ, выпуск 5, М. 1991.
5. Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций. НИИЖБ Госстроя СССР, М. 1987.
6. РТМ–17–01–2002
7. РТМ–17–02–2003
8. РТМ–17–03–2005
9. Нормативное обеспечение индустриального применения сталефибробетона в строительстве. «Строительный эксперт», №5, 2007.



Рис. 1. Фибробетон со стальной фиброй
Pic. 1. Fibre-reinforced concrete with steel fibres



Рис. 2. Заливка фибробетона
Pic. 2. Fibre-reinforced concrete placing

of increasing the quality of designing and production in construction industry.

By now, steel fibre-reinforced concrete as a variety of commercial concrete has already been tested successfully under conditions of Russia. Low volumes of consumption of steel fibre-reinforced concrete can be explained, to a considerable extent, with insufficient knowledge of opportunities and advantages of steel fibre-reinforced concrete in the national society of builders. Other reasons are a deficit of normative documents, insufficient amount of well-based promotion of commercial concrete and mortars, absence of task-oriented work on application of steel fibre-reinforced concrete, concrete and mortar in construction industry.

In Russia, technology of preparing and placing the steel fibre-reinforced concrete was tested at construction sites under regular and winter conditions.

Commercial fibre-reinforced concrete (trade mark SFB) was successfully used for construction of a landing strip of the airport Pulkovo in St. Petersburg and Sheremetevo in Moscow, bridge span structures in Chelyabinsk, a section of the motor road Barnaul–Biisk, temporary chock–shield support of metro tunnels of stations «Torgovy Tsentr» (Chelyabinsk), «Bozhova» (Yekaterinburg), «Park Pobedy» (Moscow), a section of the motor road Moscow — Lobnya, monolith safe deposits of Sberbank and the State Bank of Russia.