

УДК 624.012.3/4:691.328.44:625.877(083.13)

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-1\(36\)-51-58](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-1(36)-51-58)

EDN: RMDJYI

НОВОЕ В СВОДЕ ПРАВИЛ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФИБРОЙ

Т.А. МУХАМЕДИЕВ, д-р техн. наук

С.А. ЗЕНИН[✉], канд. техн. наук

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация

Аннотация

Введение. В действующей редакции свода правил по проектированию фибробетонных конструкций с неметаллической фиброй СП 297.1325800.2017 «Конструкции фибробетонные с неметаллической фиброй. Правила проектирования» отсутствуют указания по расчету прочности для сечений кольцевой формы с арматурой и без арматуры на действие изгибающих моментов и продольных сил. Кроме того, в действующей редакции свода правил отсутствуют указания по определению индекса подкласса фибробетона с неметаллической фиброй по остаточной прочности на осевое растяжение, а также указания по расчету огнестойкости фибробетонных конструкций. Отсутствие указанных положений приводит к существенным затруднениям при проектировании отдельных конструкций из фибробетона, что увеличивает материальные и временные затраты.

Целью работы является совершенствование системы градостроительной деятельности в части уточнения и дополнения действующих нормативных документов по проектированию фибробетонных конструкций с неметаллической фиброй.

Материалы и методы. Разработка проекта изменения № 2 к СП 297.1325800.2017 выполнялась с учетом современных требований, а также анализа результатов последних научных исследований. В частности, учтены результаты научно-исследовательской работы по проблеме огнестойкости фибробетонных конструкций с неметаллической фиброй, выполненной НИИЖБ им. А.А. Гвоздева в 2020 г. Дополнительно был проанализирован опыт авторов и проектных организаций, полученный при практическом применении данного свода правил, на предмет уточнения его положений для удобства пользователей.

Результаты. Результатом работы является проект изменения № 2 к СП 297.1325800.2017, положения которого включают в себя новые расчетные методики, а также уточнения существующих методов расчета и конструирования. Разработанное изменение прошло публичные обсуждения, а также необходимые экспертизы и готовится к утверждению и вводу в действие.

Выводы. Положения изменения № 2 к СП 297.1325800.2017 «Конструкции фибробетонные с неметаллической фиброй. Правила проектирования» позволят разрабатывать надежные конструктивные решения таких конструкций, в том числе с достижением определенного экономического эффекта.

Ключевые слова: фибробетон, неметаллическая фибра, конструкции, расчет по прочности, конструктивные требования

Для цитирования: Мухамедиев Т.А., Зенин С.А. Новое в своде правил по проектированию фибробетонных конструкций с неметаллической фиброй. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2023;36(1):51–58. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-1\(36\)-51-58](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-1(36)-51-58)

Вклад авторов

Мухамедиев Т.А. – разработка проекта изменения.
Зенин С.А. – участие в разработке проекта изменения.

Финансирование

Финансирование осуществлялось за счет средств государственного бюджета.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 31.01.2023

Поступила после рецензирования 07.02.2023

Принята к публикации 14.02.2023

NEW AMENDMENT TO THE CODE OF PRACTICE ON THE DESIGN OF FIBER-REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH NON-STEEL FIBERS

T.A. MUKHAMEDIEV, Dr. Sci. (Engineering)

S.A. ZENIN✉, Cand. Sci. (Engineering)

Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZNB) named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 5, Moscow, 109428, Russian Federation

Abstract

Introduction. The acting version of the Code of Practice on the design of fiber-reinforced concrete structures with non-steel fibers SP 297.1325800.2017 “Fiber-reinforced concrete structures and precast products with non-steel fibers. Design rules” contain no instructions for the strength calculation of circular cross-sections with and without reinforcement under the action of bending moments and longitudinal forces. In addition, the current version provides no instructions for determining the subclass index of fiber-reinforced concrete with non-steel fibers using the residual axial tensile strength, as well as those for calculating the fire resistance of fiber-reinforced concrete structures. The absence of these provisions leads to significant difficulties in the design of individual structures made of fiber-reinforced concrete, which increases material and time expenditures.

Aim. To improve the system of urban planning activities in terms of clarifying and supplementing the current regulatory documents for the design of fiber-reinforced concrete structures with non-steel fibers.

Methods and materials. A draft of amendment No. 2 to SP 297.1325800.2017 was developed taking into account contemporary requirements, as well as the latest scientific research. In particular, the results of the research work concerning the fire resistance of structures made of fiber-reinforced concrete with non-steel fibers, performed by the Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) named after A.A. Gvozdev in 2020, were taken into account. In addition, the experience of the authors and design organizations, gained during the practical application of this Code of Practice, was analyzed in order to clarify its provisions for the convenience of users.

Results. The results of the work involve the draft of the amendment No. 2 to SP 297.1325800.2017, whose positions include new calculation techniques, as well as the refinements of existing calculation and construction methods. The developed amendment has passed public discussions, as well as the necessary expertise, and is being prepared for approval and enactment.

Conclusion. Positions of amendment No. 2 to SP 297.1325800.2017 “Fiber-reinforced concrete structures and precast products with non-steel fibers. Design rules” can be used to develop reliable design solutions for these structures, including the achievement of a certain economic effect.

Keywords: fiber-reinforced concrete, non-steel fibers, structures, strength calculation, structural requirements

For citation: Mukhamediev T.A., Zenin S.A. New amendment to the Code of Practice on the design of fiber-reinforced concrete structures with non-steel fibers. *Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2023;36(1):51–58. (In Russ.). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-1\(36\)-51-58](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-1(36)-51-58)

Author contribution statements

Mukhamediev T.A. – development of the amendment draft.

Zenin S.A. – participation in the development of the amendment draft.

Funding

Funding was provided from the state budget.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 31.01.2023

Revised 07.02.2023

Accepted 14.02.2023

Введение

Необходимость работы вызвана тем, что в действующей редакции СП 297.1325800 [1] отсутствуют указания по расчету прочности для сечений кольцевой формы с арматурой и без арматуры на действие изгибающих моментов и продольных сил. Кроме того, в действующей редакции свода правил отсутствуют указания по определению индекса подкласса фибробетона с неметаллической фиброй по остаточной прочности на осевое растяжение, а также указания по расчету огнестойкости фибробетонных конструкций.

Отсутствие указанных положений существенно затрудняло проектирование отдельных конструкций из фибробетона, что приводило к излишним материальным и временным затратам.

Целью работы является совершенствование системы градостроительной деятельности в части уточнения и дополнения действующих нормативных документов по проектированию фибробетонных конструкций с неметаллической фиброй.

Материалы и методы

Разработка проекта изменения № 2 к СП 297.1325800 [1] выполнялась с учетом современных требований, а также анализа результатов последних научных исследований. Дополнительно был проанализирован опыт применения данного свода правил на предмет уточнения его положений для удобства пользователей.

Результаты

В соответствии с утвержденным Минстроем РФ планом разработки сводов правил на 2022 год специалистами НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» было разработано изменение № 2 к СП 297.1325800 [1].

Ниже приведены отдельные положения разработанного проекта изменения, представляющие собой наиболее существенные корректировки и дополнения к действующему своду правил.

Раздел 2 СП 297.1325800 [1], касающийся нормативных ссылок, был приведен в соответствие с перечнем норм, действующих в настоящее время, а также дополнен новыми нормативными документами.

В п. 4.5 раздела 4 «Общие требования» внесено важное уточнение, согласно которому расчеты фибробетонных конструкций следует производить с учетом общих положений и требований, указанных в разделах 4 и 5 СП 63.13330 [2] для расчетов конструкций из бетона без содержания фибры. Также в данный раздел внесен новый пункт 4.6, который устанавливает общие требования по расчету фибробетонных конструкций с неметаллической фиброй на огнестойкость. Согласно новому пункту расчет фибробетонных конструкций на огнестойкость следует выполнять с учетом указаний СП 468.1325800 [3] для конструкций из бетона без содержания фибры и без учета остаточных сопротивлений фибробетона осевому растяжению R_{fb2} и R_{fb3} .

Подраздел 6.1 «Расчет конструкций по предельным состояниям первой группы» свода правил [1] был доработан и дополнен методиками расчета по прочности изгибаемых и внецентренно сжатых фибробетонных элементов кольцевых сечений.

Подраздел дополнен новым пунктом 6.1.9а, согласно которому расчет по прочности изгибаемых фибробетонных элементов кольцевых сечений без арматуры (рис. 1) производят из условия

$$M \leq A_r \left[R_{fb} \frac{\sin \pi \alpha_r}{\pi} + 0,234 R_{fb3} \right] r_m \quad (1)$$

где A_r – общая площадь кольцевого сечения, определяемая по формуле

$$A_r = 2 \pi r_m t_r \quad (2)$$

где r_m – радиус срединной поверхности стенки кольцевого элемента, определяемый по формуле

$$r_m = \frac{r_1 + r_2}{2} \quad (3)$$

r_1 и r_2 – радиусы соответственно внутренней и наружной граней кольцевого сечения;

$$\alpha_r = \frac{0,73 R_{fb3}}{R_{fb} + 2R_{fb3}} \quad (4)$$

Согласно новой редакции п. 6.1.11 свода правил [1] расчет по прочности внецентренно сжатых фибробетонных элементов без рабочей арматуры при расположении продольной сжимающей силы за пределами поперечного сечения элемента, а также внецентренно сжатых фибробетонных элементов без рабочей арматуры при расположении продольной сжимающей силы в пределах поперечного сечения элемента, в которых по условиям эксплуатации

не допускается образование трещин, производят с учетом сопротивления фибробетона растянутой зоны из условия

$$N \leq \frac{R_{fbt} \times A}{\frac{A}{I} \times e_0 \times \eta \times y_t - 1} \quad (5)$$

Для элементов прямоугольного сечения (рис. 2) условие (5) имеет вид:

$$N \leq \frac{R_{fbt} \times b \times h}{\frac{b \times e_0 \times \eta}{h} - 1} \quad (6)$$

В формулах (5)–(6):

R_{fbt} – расчетное сопротивление фибробетона осевому растяжению;

A , I , y_t , η – следует определять по указаниям 7.1.9 СП 63.13330 [2] для конструкций из бетона без содержания фибры.

Также проектом изменения предусмотрено включение методики расчета внецентренно сжатых фибробетонных элементов кольцевого сечения без рабочей арматуры и с ней. Методика расчета приведена в новых пунктах 6.1.12а и 6.1.12б. Расчет по прочности

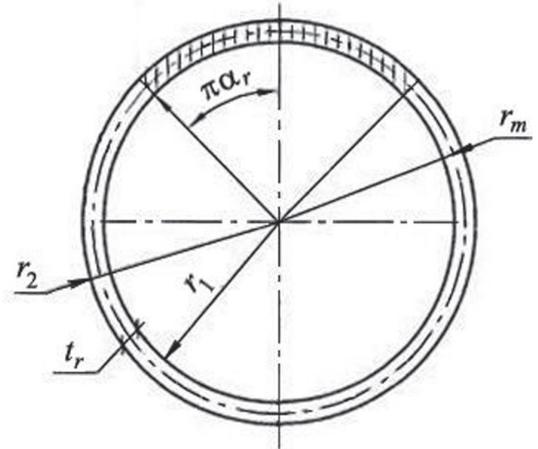


Рис. 1. Схема кольцевого сечения фибробетонного элемента, принимаемая при его расчете по прочности на изгиб

Fig. 1. Scheme of the annular cross-section of the fiber-reinforced concrete element for the bending strength calculation

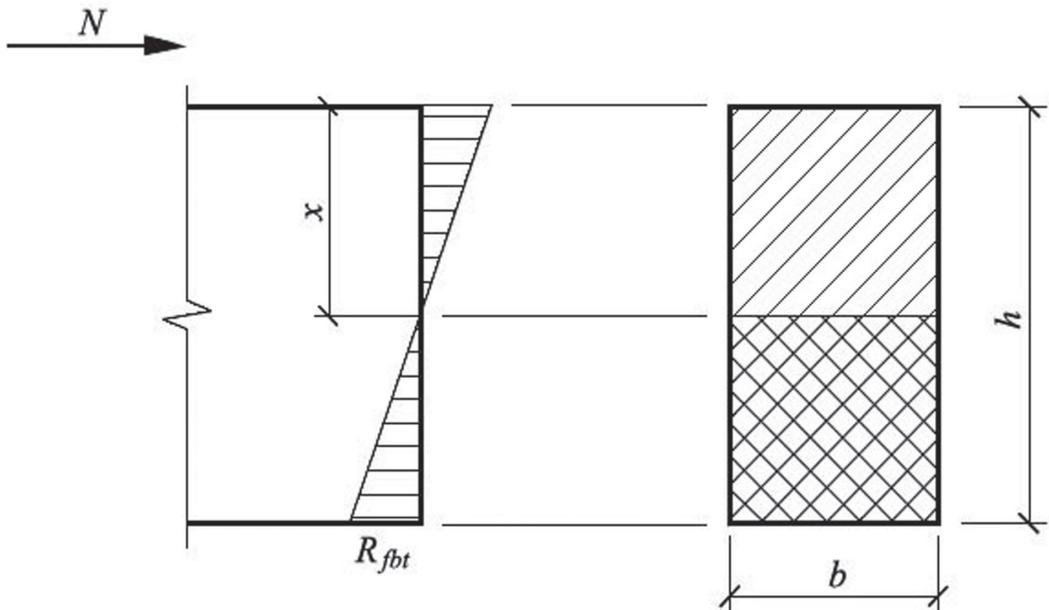


Рис. 2. Схема усилий и эпюра напряжений в сечении нормальном к продольной оси внецентренно сжатого фибробетонного элемента, рассчитываемого по прочности с учетом сопротивления фибробетона растянутой зоны

Fig. 2. Force scheme and stress diagram for the cross-section normal to the longitudinal axis of the eccentrically compressed fiber-reinforced concrete element, calculated by the strength taking into account the resistance of fiber-reinforced concrete in the tension area

внецентренно сжатых фибробетонных элементов кольцевого сечения без рабочей арматуры (рис. 1) производят из условия

$$N \times e \leq A_r \left[R_{fb} \frac{\sin \pi \alpha_r}{\pi} + R_{fbt3} (1 - 1,35 \alpha_r) 1,6 \alpha_r \right] r_m, \quad (7)$$

где A_r, r_m – см. формулы (2) и (3);

α_r – относительная площадь сжатой зоны фибробетона, определяемая по формуле

$$\alpha_r = \frac{N + R_{fbt3} A_r}{(R_{fb} + 3,35 R_{fbt3}) A_r}. \quad (8)$$

Если полученное из расчета по формуле (8) значение $\alpha_r < 0,15$, то в условие (7) подставляют значение α_r , определяемое по формуле

$$\alpha_r = \frac{N + 0,73 R_{fbt3} A_r}{(R_{fb} + 2 R_{fbt3}) A_r}. \quad (9)$$

Расчет прочности кольцевых сечений внецентренно сжатых элементов с рабочей арматурой (рис. 3) при соотношении внутреннего и наружного радиусов $r_1/r_2 \geq 0,5$ и арматуре, равномерно распределенной по окружности (при минимум семи продольных стержнях), производят в зависимости от относительной площади сжатой зоны бетона по формуле

$$\xi_{cir} = \frac{N + R_s A_{s,tot} + R_{fbt3} A_r}{(R_{sc} + 1,7 R_s) A_{s,tot} + (R_{fb} + R_{fbt3}) A_r}. \quad (10)$$

а) при $0,15 < \xi_{cir} < 0,6$ – из условия

$$M \leq (R_{fb} A_r r_m + R_{sc} A_{s,tot} r_s) \frac{\sin \pi \xi_{cir}}{\pi} + (R_s A_{s,tot} + R_{fbt3} A_r) r_s (1 - 1,7 \xi_{cir}) (0,2 + 1,3 \xi_{cir}) \quad (11)$$

б) при $\xi_{cir} \leq 0,15$ – из условия

$$M \leq (R_{fb} A_r r_m + R_{sc} A_{s,tot} r_s) \frac{\sin \pi \xi_{cir1}}{\pi} + 0,295 (R_s A_{s,tot} + R_{fbt3} A) r_s, \quad (12)$$

где $\xi_{cir1} = \frac{N + 0,75 R_s A_{s,tot}}{R_{sc} A_{s,tot} + R_{fb} A_r}$

в) при $\xi_{cir} \geq 0,6$ – из условия

$$M \leq (R_{fb} A_r r_m + R_{sc} A_{s,tot} r_s) \frac{\sin \pi \xi_{cir2}}{\pi}, \quad (13)$$

где $\xi_{cir2} = \frac{N}{R_{sc} A_{s,tot} + R_{fb} A_r}$.

В формулах (10)–(13):

$A_{s,tot}$ – площадь сечения всей продольной арматуры;

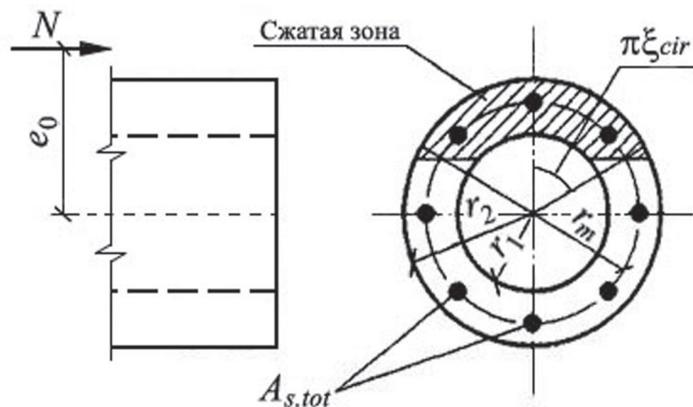


Рис. 3. Схема, принимаемая при расчете кольцевого сечения сжатого элемента
Fig. 3. Scheme for the calculation of the compressed element annular cross-section

r_m – радиус срединной поверхности стенки кольцевого элемента, определяемый по формуле (3);

r_s – радиус окружности, проходящей через центры тяжести стержней продольной арматуры. Момент M определяют с учетом влияния прогиба элемента.

Конструктивные требования, изложенные в разделе 8 СП [1], дополнены новыми положениями в части ограничения максимального размера фракции крупного заполнителя для фибробетонной смеси, который рекомендуется принимать не более 20 мм. Также внесены указания по назначению толщины защитного слоя фибробетона с неметаллической фиброй, которую назначают согласно СП 63.13330 [2] с учетом типа конструкций, роли арматуры в конструкциях (продольная рабочая, поперечная, распределительная, конструктивная арматура), условий окружающей среды и диаметра арматуры.

Отдельно следует отметить уточнение положений СП [1] по назначению индекса подкласса фибробетона с неметаллической фиброй по остаточной прочности на осевое растяжение, который теперь допускается устанавливать по ГОСТ Р 59535 [4]. Данное изменение внесено в Приложение Б к СП [1].

Вывод

Разработан проект изменения № 2 к СП 297.1325800.2017 «Конструкции фибробетонные с неметаллической фиброй. Правила проектирования», положения которого позволят разрабатывать надежные конструктивные решения таких конструкций, в том числе с достижением определенного экономического эффекта.

Список литературы

1. СП 297.1325800.2017. Конструкции фибробетонные с неметаллической фиброй. Правила проектирования [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/555600925>
2. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Москва: Стандартинформ; 2019.
3. СП 468.1325800.2019. Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности. Москва: Стандартинформ; 2020.
4. ГОСТ Р 59535-2021. Бетоны тяжелые и мелкозернистые, дисперсно-армированные стальной фиброй. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2021.

References

1. SP 297.1325800.2017. Fiber reinforced concrete structures and precast products with non-steel fibers. Design rules [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/555600925> (in Russian).
2. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions. Updated version of SNiP 52-01-2003. Moscow: Standartinform Publ.; 2019 (in Russian).
3. SP 468.1325800.2019. Concrete and reinforced concrete structures. Rules for ensuring fire resistance and fire safety. Moscow: Standartinform Publ.; 2020 (in Russian).
4. State Standard R 59535-2021. Heavy and fine-grained concrete, dispersed-reinforced with steel fiber. Technical conditions. Moscow: Standartinform Publ.; 2021 (in Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Тахир Абдурахманович Мухамедиев, д-р техн. наук, главный научный сотрудник лаборатории теории железобетона и конструктивных систем НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: takhir50@rambler.ru
тел.: +7 (499) 171-75-77

Takhir A. Mukhamediev, Dr. Sci. (Engineering), Chief Researcher, Laboratory of Theory of Reinforced Concrete and Structural Systems, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: takhir50@rambler.ru
tel.: +7 (499) 171-75-77

Сергей Алексеевич Зенин , канд. техн. наук, заведующий лабораторией железобетонных конструкций и конструктивных систем НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: lab01@mail.ru
тел.: +7 (499) 174-75-17

Sergei A. Zenin , Cand. Sci. (Engineering), Laboratory Head, Laboratory of Reinforced Concrete Structures and Structural Systems, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: lab01@mail.ru
tel.: +7 (499) 174-75-17

 Автор, ответственный за переписку / Corresponding author