



УДК 69.07

DOI: 10.22227/2949-1622.2026.3.44-52

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ/RESEARCH ARTICLE

Проектирование и расчет усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений с использованием сталефибробетона

Д.Г. Уткин*

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),
Москва, Российская Федерация

* udg70@mail.ru

Ключевые слова: усиление, железобетонные конструкции, сталефибробетон, перегрузка, обойма, наращивание, поверочный расчет, деформационная модель

История статьи

Поступила в редакцию: 15.05.2026

Доработана: 02.06.2026

Принята к публикации: 04.06.2026

Для цитирования

Уткин Д.Г. Проектирование и расчет усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений с использованием сталефибробетона // Железобетонные конструкции. 2026. Т. 15. № 3. С. 44–52.

Аннотация. В статье представлены варианты усиления и восстановления несущих железобетонных конструкций зданий, поврежденных в процессе эксплуатации. Эффективность использования сталефибробетона для усиления конструкций обусловлена повышенными прочностными и деформационными характеристиками материала по сравнению с железобетоном. Кроме того, многочисленные теоретические и экспериментальные исследования подтвердили повышенную в 3–5 раз трещиностойкость сталефибробетонных конструкций по сравнению с железобетонными. Определены оптимальные характеристики сталефибробетона для использования в качестве арматуры. На основе теоретических и экспериментальных исследований сформулированы предпосылки и методика расчета изгибаемых, сжато-криволинейных и обжатых железобетонных конструкций с зонным армированием из стальной фибры, работающих при статических и кратковременных динамических нагрузках. Разработанный метод расчета прочности нормальных и наклонных сечений реализует нелинейную модель деформирования, основанную на реальных диаграммах деформирования материалов. Для возможности практического применения этих исследований были разработаны алгоритм и компьютерная расчетная программа, которые позволяют инженеру подбирать оптимальные параметры сталефиброармирования, бетона и арматуры для усиления и восстановления поврежденных железобетонных конструкций путем вариантного расчета. В процессе расчета определяется процент перегрузки конструкции, необходимый уровень усиления с учетом требуемого коэффициента запаса и выбирается вариант усиления с необходимыми параметрами.

Дмитрий Геннадьевич Уткин, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; eLIBRARY SPIN-код: 4563-4794; E-mail: udg70@mail.ru

© Уткин Д.Г., 2026



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Design and Calculation of Reinforcement of Reinforced Concrete Structures of Buildings and Structures Using Steel Fiber Concrete

D.G. Utkin*

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow, Russian Federation

* udg70@mail.ru

Keywords: Reinforcement, reinforced concrete structures, steel-fiber concrete, overload, cage, build-up, calibration calculation, deformation model

Article history

Received: 15.05.2026

Revised: 02.06.2026

Accepted: 04.06.2026

For citation

Utkin D.G. Design and Calculation of Reinforcement of Reinforced Concrete Structures of Buildings and Structures Using Steel Fiber Concrete. *Reinforced concrete structures*. 2026; 3(15):44-52.

Abstract. The article presents options for strengthening and restoring load-bearing reinforced concrete structures of buildings damaged during operation. The effectiveness of using steel-fiber concrete to strengthen structures is due to the increased strength and deformation characteristics of the material compared to reinforced concrete. In addition, numerous theoretical and experimental studies have confirmed a 3–5-fold increased crack resistance of steel-fiber-reinforced concrete structures compared to reinforced concrete ones. The optimal characteristics of steel fiber concrete for use as reinforcement have been determined. Based on theoretical and experimental studies, the prerequisites and methodology for calculating bendable, compressed-curved and compressed reinforced concrete structures with zone reinforcement made of steel fiber operating under static and short-term dynamic loads are formulated. The developed method for calculating the strength of normal and inclined sections implements a nonlinear deformation model based on real diagrams of deformation of materials. For the possibility of practical application of these studies, an algorithm and a computer calculation program have been developed that allow the engineer to select the optimal parameters of steel fiber reinforcement, concrete and reinforcement for strengthening and restoring damaged reinforced concrete structures by variant calculation. During the calculation process, the percentage of overload of the structure is determined, the required gain level is determined taking into account the required margin factor, and a gain option with the necessary parameters is selected.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время вопрос реконструкции, восстановления технического состояния, капитального ремонта строительных конструкций зданий и сооружений является очень актуальной задачей в строительной сфере. Продление нормативного и пост-нормативного срока эксплуатации конструкций и зданий (сооружений) в целом очень важная задача как в техническом, так и в экономическом аспектах развития строительства. Для решения данных задач необходимо развитие нескольких факторов: методов расчета, применение новых технологий и применение эффективных материалов для усиления и восстановления строительных конструкций зданий и сооружений.

Сталефибробетон как материал изучен достаточно подробно, имеются многочисленные теоретические и экспериментальные исследования [1–20], а также нормативно закреплённые характеристики этого материала, методики расчета при статическом нагружении, конструктивные и технологические рекомендации. Но до сих пор отсутствуют рабочие нормативные источники, позволяющие инженеру применять сталефибробетон для усиления и восстановления существующих железобетонных конструкций зданий и тем более инженерных сооружений.

Dmitriy G. Utkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, of the Department of Reinforced Concrete and Masonry Structures, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; eLIBRARY SPIN-code: 4563-4794, E-mail: udg70@mail.ru

Повышение трещиностойкости при армировании железобетонных конструкций армирующим волокном достигается за счет применения зонного армирования стальным волокном в растянутой зоне элемента, а повышение прочности изогнутых и сжато-изогнутых элементов достигается за счет применения зонного армирования волокном в сжатой зоне железобетонного элемента. Однако до сих пор прочностные и эксплуатационные характеристики сталефибробетона остаются малоизученными, в литературе много противоречивой информации, а технология введения стальной фибры в бетон не отлажена: технологии, рекомендованные производителем для производства такого фибробетона, имеют существенные отличия от технологий, используемых в работе отечественных и зарубежных исследователей. На сегодняшний день в России отсутствуют утвержденные нормативные и методические документы по созданию и расчету сталефибробетонных изделий и конструкций при кратковременных динамических нагрузках и в качестве армирования. В данной статье представлены варианты усиления и восстановления железобетонных конструкций зданий и сооружений, поврежденных в результате длительной эксплуатации или аварийных воздействий.

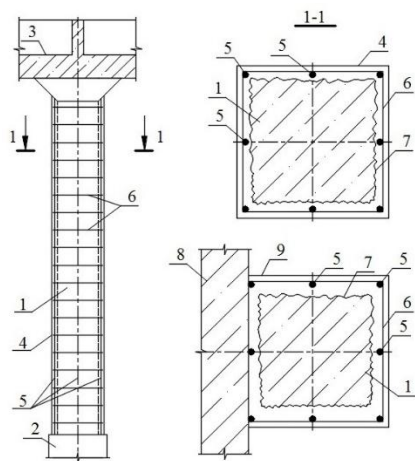
МЕТОД

Для поврежденных железобетонных конструкций зданий был разработан набор вариантов усиления, основанный на повышении их несущей способности за счет дополнительного армирования поперечного сечения с использованием сталефибробетона. Для сжатых элементов и конструкций (колонн, целиков, верхних поясов ферм, столбчатых фундаментов) рекомендуется использовать арматуру в виде зажимов или оболочек. При армировании колонн железобетонными обоймами и рубашками из сталефибробетона (рис. 1) рекомендуется использовать арматуру в виде хомутов и зонного армирования из сталефибробетона. Нет необходимости использовать рабочую арматуру, так как прочность на сжатие армированного сталефибробетона выше прочности бетона на сжатие на 30–50 %. Достаточно использовать поперечную арматуру.

При расчете необходимо определить требуемую толщину наращивания и параметры сталефибробетона. Оптимальным по результатам теоретических и экспериментальных исследований является использование процентного содержания стальных волокон в объеме бетона — 1,5–2 %. Стальное волокно может быть использовано любого вида: фрезерованное из плит, нарезанное из проволоки, вырезанное из стальной полосы. Прочность бетона для арматурного каркаса определяется на тот же или на класс выше, чем фактическая прочность бетона армируемой конструкции. Толщина используемого арматурного каркаса учитывается при расчете несущей способности усиленной конструкции и необходимого количества арматуры. Однако необходимо учитывать конструктивные особенности арматуры, используемой с использованием каркаса или оболочки из стального волокна, такие как минимальная толщина арматуры в зависимости от размера используемого стального волокна. Поэтому при проектировании необходимо варьировать эти параметры: толщину наращивания и длину стального волокна. Для достижения равномерности и случайного распределения стальной фибры в объеме бетона оптимально использовать стальные волокна длиной не более 30–40 мм.

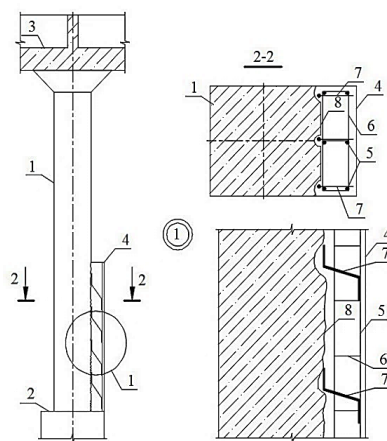
Усиление фундаментов наиболее эффективно при использовании сталефибробетонных обойм и рубашек. Это не только значительно повышает несущую способность фундаментов, но и дает возможность восстанавливать поверхности фундамента, поврежденные в процессе эксплуатации. Повышенная коррозионная и морозостойкость сталефибробетона обусловлена его мелкодисперсной матричной структурой, которая позволяет создавать единую монолитную смесь, ограничивающую проникновение влаги в материал (рис. 2).

Усиление изгибаемых конструкций зданий, таких как сборные многопустотные и ребристые плиты перекрытия (рис. 3), монолитные плиты перекрытия (рис. 4), сборные и монолитные балки перекрытия и покрытия (рис. 5), возможно несколькими способами.



1 — колонна каркаса; 2 — фундамент; 3 — перекрытие; 4 — фибробетонная оболочка; 5 — продольное армирование оболочки; 6 — поперечное армирование оболочки; 7 — поверхность колонны, подготовленная к бетонированию (очистка, надрезание и промывка водой за 1–1,5 ч до бетонирования); 8 — прилегающая стена; 9 — железобетонная оболочка

a

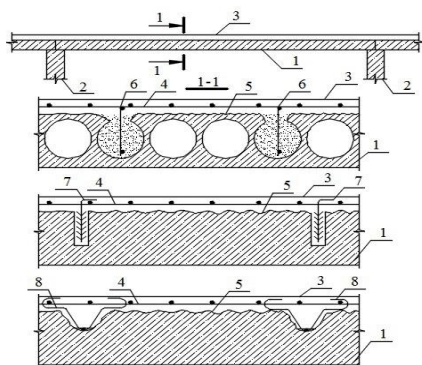


1 — усиленная колонна с локальным односторонним повреждением; 2 — фундамент; 3 — перекрытие; 4 — фибробетонное наращивание; 5 — продольная арматура наращивания; 6 — поперечная арматура наращивания; 7 — дополнительные арматурные хомуты, приваренные к открытой рабочей арматуре колонны; 8 — поверхность колонны подготовлена к бетонированию (очистка, насечка и покрытие клеевым составом)

b

Рис. 1. Армирование железобетонных колонн: *a* — установка фибробетонной обоймы и рубашки; *b* — установка фибробетонного наращивания

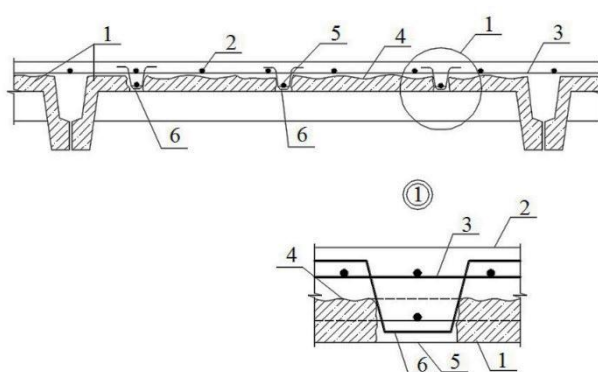
Fig. 1. Reinforcement of the column: *a* — installation of fiber concrete jacket; *b* — fiber concrete additional layer



1 — усиливаемая плита;

2 — стены; 3 — наращивание из монолитного фибробетона; 5 — поверхность плиты, подготовленная к бетонированию (зачистка, насечка, промывка водой за 1–1,5 ч до бетонирования); 6 — арматурные каркасы, устанавливаемые в пустоты через вырубленные полки (при бетонировании наращивания пустоты заполняются бетоном); 7 — анкеры-ерши, устанавливаемые на цементном растворе в высверленные в плите скважины; 8 — гнутые арматурные стержни, заводимые под оголенную рабочую арматуру плиты

a



1 — усиливаемая плита;

2 — монолитный слой фибробетона;

3 — арматурная сетка;

4 — поверхность сцепления монолитного бетона с плитой;

5 — вырубленные участки полок плит с сохранением арматурных сеток;

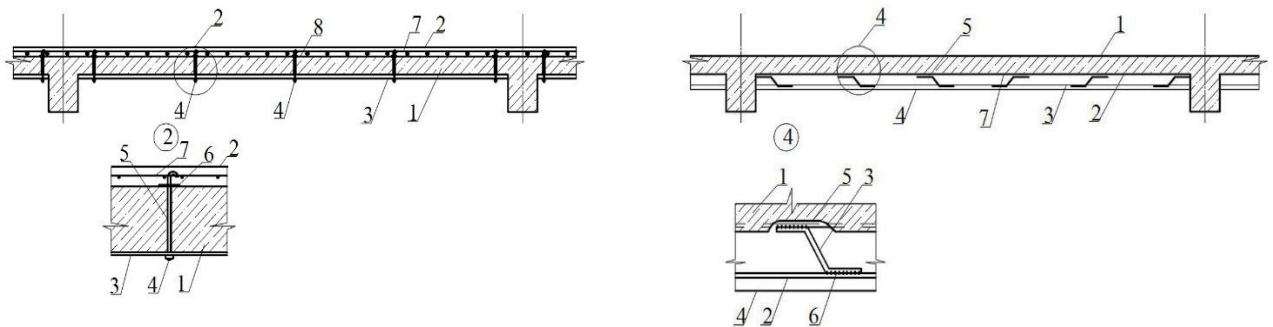
6 — арматурные гнутые стержни

b

Рис. 2. Усиление железобетонных плит перекрытия: *a* — устройство наращивания сталефибробетоном сверху плиты перекрытия; *b* — наращивание сжатой зоны ребристых плит перекрытия с использованием сталефибробетона с недостаточной адгезией к поверхности

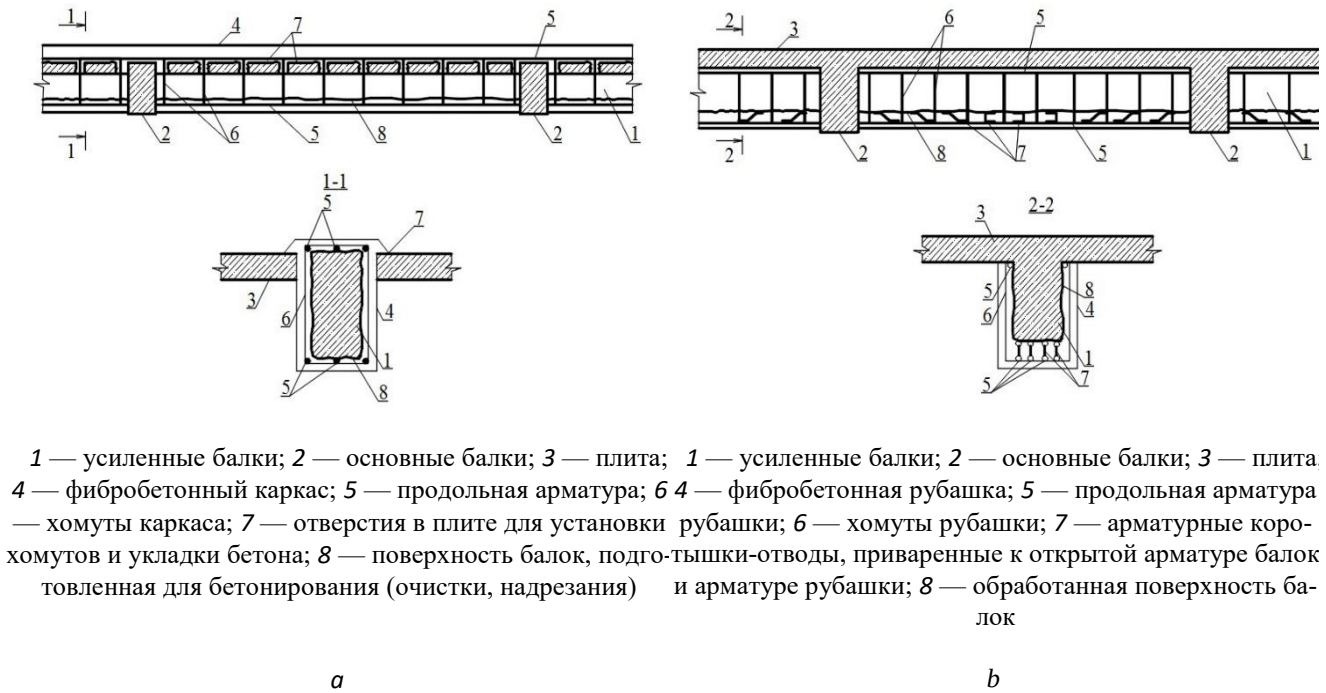
Fig. 2. Strengthening of reinforced concrete floor slabs: *a* — additional steel fiber concrete at top face of the floor slab; *b* — increasing of compressed zone of ribbed floor slabs using steel fiber concrete at not enough adhesion to surface

Если необходимо немного увеличить несущую способность, но при этом повысить трещиностойкость изогнутой конструкции, а также восстановить поврежденную поверхность, используется метод наращивания сталефибробетона снизу по конструктивной арматурной сетке. Трещиностойкость полученной новой конструктивной поверхности превышает аналогичные свойства бетона в 4–6 раз, что существенно влияет на долговечность конструкции. Если необходимо увеличить несущую способность гнутой конструкции на 10–20 %, то используется метод укладки сталефибробетона поверх профиля. Из-за технологических и конструктивных особенностей не во всех конструкциях возможно использование варианта наращивания верхней зоны. В связи с этим реальным и эффективным решением для укрепления изгибаемых конструкций является устройство обойм и рубашек, что позволяет увеличить несущую способность, а также трещиностойкость конструкции. На основе результатов многочисленных собственных исследований, а также теоретических и экспериментальных изысканий российских и зарубежных авторов были разработаны варианты восстановления и усиления железобетонных конструкций и элементов инженерных сооружений: силосов, бункеров и емкостей, а также их отдельных конструктивных элементов (стен, днищ, воронки, колонны, фундаменты) с использованием фибробетона. Представлены варианты восстановления и повторного упрочнения конструктивных железобетонных элементов оболочек покрытий с использованием фибробетона. Предлагаемые варианты восстановления и усиления инженерных сооружений, железобетонных конструкций и их элементов, работающих как при статических, так и при кратковременных динамических нагрузках, с использованием сталефибробетона в виде зонного армирования таких конструкций, а также программа расчета этих элементов позволяют принимать более обоснованные практические решения при проектировании экономичных и надежных железобетонных конструкций.



1 — железобетонная плита; 2 — фибробетонное наращивание; 3 — стальная полоса, прикрепленная к плите анкерными стержнями; 4 — анкерные стержни с крючками, установленные в отверстиях, просверленных в плите; 5 — отверстия, просверленные в плите; 6 — шайбы; 7 — армирующая нижняя поверхность плиты, подготовленная к бетонированию (зачистке, надрезанию)

Рис. 3. Усиление монолитных железобетонных плит перекрытия: *a* — усиление многоребристых и плоских перекрытий с помощью сталефибробетона; *b* — устройство наращивания сталефибробетоном снизу плиты
Fig. 3. Strengthening of reinforced concrete floor slabs: *a* — strengthening of multi-ribbed and flat floor slabs using steel fiber concrete; *b* — establishing additional layer of steel fiber concrete at bottom face of the slab



1 — усиленные балки; 2 — основные балки; 3 — плита; 1 — усиленные балки; 2 — основные балки; 3 — плита
4 — фибробетонный каркас; 5 — продольная арматура; 6 4 — фибробетонная рубашка; 5 — продольная арматура
— хомуты каркаса; 7 — отверстия в плите для установки рубашки; 6 — хомуты рубашки; 7 — арматурные коро-
хомутов и укладки бетона; 8 — поверхность балок, подго-тышки-отводы, приваренные к открытой арматуре балок
товленная для бетонирования (очистки, надрезания) и арматуре рубашки; 8 — обработанная поверхность бал-
локов

Рис. 4. Армирование балок монолитных железобетонных перекрытий зданий: *a* — устройство фибробетонного и арматурного каркаса; *b* — устройство фибробетонной рубашки

Fig. 4. Reinforcement of beams of cast-in-situ concrete floor slabs: *a* — establishing fiber concrete and teinforcement cage; *b* — establishing fiber concrete jacket

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При проектировании усиления поврежденных железобетонных конструкций необходимо оценить их прочность и трещиностойкость. На первом этапе необходимо определить запас прочности или перегрузку конструкции при эксплуатационных нагрузках, фактические данные о прочности конструктивных материалов, арматуры и условиях эксплуатации. Далее при известных данных о перегрузке конструкции подбирается оптимальный вариант армирования с использованием сталефибробетона в зависимости от конструктивного решения, напряженно-деформированного состояния и условий эксплуатации конструкции. При проектировании арматуры расчетная модель позволяет изменять и оптимизировать следующие параметры: марку бетона и арматуры, толщину наращивания, рубашки или обоймы, процентное содержание стальной фибры, размер стальных волокон и т.д. На заключительном этапе проводится оценка несущей способности и трещиностойкости усиленной конструкции. Созданная методика расчета по указанному алгоритму и методу основана на принципе расчета по модели с использованием реальных зависимостей деформации бетона, арматуры и сталефибробетонных материалов в условиях статического и динамического нагружения. В ходе расчета напряжения, деформации и внутренние усилия рассчитываются итеративно в зависимости от заданного количества этапов. В результате получается графическая область и аналитическая зависимость, описывающая эту область, показывающая предельные прочностные характеристики данной конструкции при всех типах напряженно-деформированных состояний (рис. 5). Большая наглядность при расчетах прочности сталежелезобетонных элементов достигается за счет векторного представления относительных усилий, возникающих в рассматриваемых сечениях, деталях или элементах в целом от внешних динамических воздействий, полученных в результате динамического расчета. В этом случае каждому воздействию или сумме воздействий будут соответствовать составляющие векторов действующих относительных сил $a_{ni} = N_i(t)/(R_{bd}A)$, $a_{mi} = M_i(t)/(R_{bd}S)$ (рис. 5).

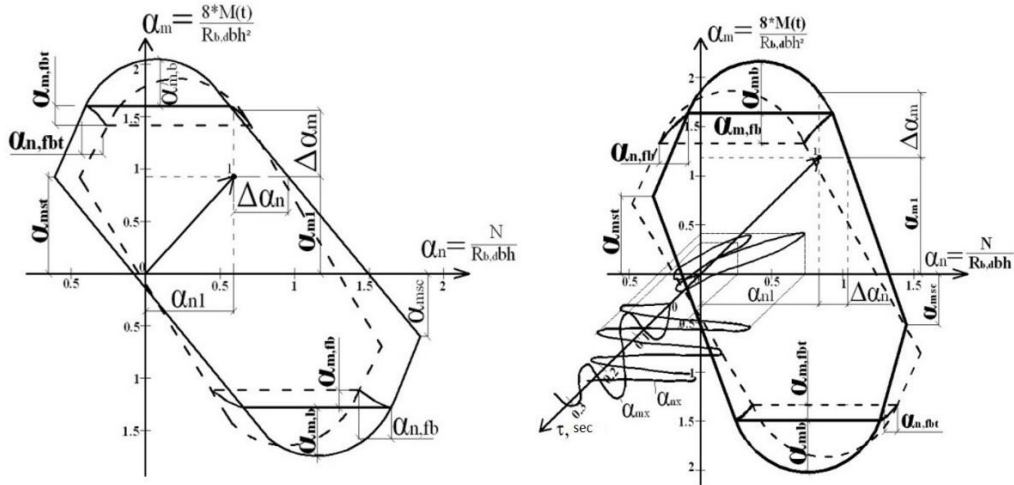


Рис. 5. Графическое представление результатов аналитического расчета по разработанной методике для стале-фиброжелезобетонного элемента, работающего в условиях динамического изгиба: *a* — при армировании стале-фиброжелезобетоном растянутой зоны сечения; *b* — при армировании сталефиброжелезобетоном сжатой зоны сечения

Fig. 5. Graphical representation of analytical calculation results according proposed methodic for steel fiber concrete member in dynamic bending: *a* — steel fiber concrete reinforcement of the tension zone of cross section; *b* — steel fiber concrete reinforcement of the compression zone of cross section

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Представлены рабочие варианты усиления и восстановления железобетонных конструкций зданий и сооружений, поврежденных в процессе эксплуатации, как в монолитном, так и в сборном исполнении. Эти варианты усиления были разработаны с учетом фактической работы конструкций и всех параметров, необходимых для повышения несущей способности, трещиностойкости и долговечности используемых конструкций.

2. Разработано более 600 вариантов усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений. Любой из этих вариантов готов к использованию в реальных практических условиях строительства и реконструкции жилого фонда.

3. Разработан метод расчета таких элементов на основе нелинейной модели деформирования с использованием реальных диаграмм деформирования материалов с использованием областей относительного сопротивления по прочности и трещиностойкости, позволяющий графически и аналитически определять значения расчетных усилий, коэффициентов запаса прочности или перегрузки на любом этапе нагрузки на конструкцию.

4. На основе разработанного метода расчета разработаны алгоритм и программа для численного расчета железобетонных конструкций и их элементов. С помощью разработанной программы инженер получает инструмент для проектирования оптимальных и экономичных конструкций как для нового строительства, так и для реконструкции существующих зданий и сооружений. В процессе расчета и проектирования инженер имеет возможность варьировать многочисленные параметры сталефибробетона: класс бетона, процент армирования волокнами, размеры и типы используемых волокон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Динамический расчет железобетонных конструкций. М. : Стройиздат, 1974. 207 с.
2. Попов Н.Н. Вопросы расчета и конструирования специальных сооружений. М. : Стройиздат, 1980. 189 с.
3. Баженов Ю.М. Бетон при динамическом нагружении. М. : Стройиздат, 1970. 270 с.

4. Григорьев В.И. О коэффициенте динамического упрочнения сталефибробетона при растяжении // Исследование и расчет пространственных конструкций гражданских зданий. : сб. науч. тр. Л., 1985. С. 95–99.
5. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции. М. : Изд-во АСВ. 2004. 560 с.
6. Уткин Д.Г. Экспериментальные исследования сжато-изогнутых железобетонных элементов с зонным армированием из стальной фибры при кратковременном динамическом нагружении // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2008. № 3. С. 156–164.
7. Плевков В.С., Уткин Д.Г. Прочность железобетонных элементов с армированием из стальной фибры при кратковременном динамическом нагружении // Научно-технический журнал «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений». М., 2014. № 5. С. 38–44.
8. Морозов В.И., Хегай А.О. Исследования фиброжелезобетонных колонн с высокопрочной арматурой // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 3 (28). С. 34–37.
9. Морозов В.И. Расчет изгибаемых элементов с высокопрочной арматурой с фибровым армированием растянутых зон // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 2. С. 36–39.
10. Плевков В.С., Уткин Д.Г., Карпов А.Е. Прочность и деформативность железобетонных элементов с зонным фибровым армированием при кратковременном динамическом нагружении // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия : сб. докл. Междунар. науч. конф., посвящ. 85-летию кафедры железобетонных и каменных конструкций и 100-летию со дня рождения Н.Н. Попова (19–20 апреля 2016 г., Москва). М., 2016. С. 342–348.
11. Уткин Д.Г. Прочность изгибаемых сталефиброжелезобетонных элементов со смешанным армированием при кратковременном динамическом нагружении // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 6. С. 62–76.
12. Kumar V., Kartik K.V., Iqbal M.A. Experimental and numerical investigation of reinforced concrete slabs under blast loading // Engineering Structures. 2020. Vol. 206.
13. Jun Yu, Li-zhong Luo, Qin Fang. Structure behavior of reinforced concrete beam-slab assemblies subjected to perimeter middle column removal scenario // Engineering Structures. 2020. Vol. 208.
14. Caldentey A.P., Diego Y.G., Fernández F.A., Santos A.P. Testing robustness: A full-scale experimental test on a two-storey reinforced concrete frame with solid slabs // Engineering Structures. 2021. Vol. 240.
15. Jinjie Men, Liquan Xiong, Jiachen Wang, Guanlei Fan. Effect of different RC slab widths on the behavior of reinforced concrete column and steel beam-slab subassemblies // Engineering Structures. 2021. Vol. 229.
16. Eladawy M., Hassan M., Benmokrane B., Ferrier E. Lateral cyclic behavior of interior two-way concrete slab-column connections reinforced with GFRP bars // Engineering Structures. 2020. Vol. 209.
17. Deifalla A.A. Mechanical model for concrete slabs subjected to combined punching shear and in-plane tensile forces // Engineering Structures. 2021. Vol. 231.
18. Yu J.L., Wang Y.C. Modelling and design method for static resistance of a new connection between steel tubular column and fl at concrete slab // Journal of Constructional Steel Research. 2020. Vol. 173.
19. Mao L., Barnett S.J., Tyas A., Warren J., Schleyer G.K., Zaini S.S. Response of small scale ultra high performance fibre reinforced concrete slabs to blast loading // Construction and Building Materials. 2015. Vol. 93. Pp. 822–830.
20. Cervenka V., Jendele L., Cervenka J. ATENA Program Documentation. Part 1. Theory. Prague: Cervenka Consulting, 2020. 344 p.

REFERENCES

1. Popov N.N., Rastorguev B.S. *Dynamic Analysis of Reinforced Concrete Structures*. Moscow, Stroyizdat, 1974; 207. (In Russian).
2. Popov N.N. *Issues of Calculation and Design of Special Structures*. Moscow, Stroyizdat, 1980; 189. (In Russian).
3. Bazhenov Yu.M. *Concrete under Dynamic Loading*. Moscow, Stroyizdat, 1970; 270. (In Russian).
4. Grigoriev V.I. On the Dynamic Hardening Coefficient of Steel Fiber Reinforced Concrete in Tension. *Research and Design of Spatial Structures of Civil Buildings : Collection of Scientific Papers*. Leningrad, 1985; 95–99. (In Russian).
5. Rabinovich F.N. *Composites Based on Dispersely Reinforced Concretes. Theory and Design Issues, Technology, Structures*. Moscow, ASV Publishing House, 2004; 560. (In Russian).
6. Utkin D.G. Experimental Studies of Compressed-Bent Reinforced Concrete Elements with Zone Reinforcement of Steel Fiber under Short-Term Dynamic Loading. *Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2008; 3:156–164. (In Russian).
7. Plevkov V.S., Utkin D.G. Strength of Reinforced Concrete Elements with Steel Fiber Reinforcement under Short-Term Dynamic Loading. *Scientific and Technical Journal "Earthquake-Resistant Construction. Safety of Structures"*. Moscow, 2014; 5:38–44. (In Russian).
8. Morozov V.I., Khagai A.O. Studies of Fiber-Reinforced Concrete Columns with High-Strength Reinforcement. *Bulletin of Civil Engineers*. 2011; 3(28):34–37. (In Russian).

9. Morozov V.I. Calculation of Bending Elements with High-Strength Reinforcement and Fiber Reinforcement of Tensile Zones. *Industrial and Civil Engineering*. 2007; 2:36-39. (In Russian).
10. Plevkov V.S., Utkin D.G., Karpov A.E. Strength and Deformability of Reinforced Concrete Elements with Zone Fiber Reinforcement under Short-Term Dynamic Loading. *Modern Problems of Calculation of Reinforced Concrete Structures, Buildings and Structures for Accidental Impacts : Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 85th anniversary of the Department of Reinforced Concrete and Masonry Structures and the 100th anniversary of the birth of N.N. Popov (April 19–20, 2016, Moscow)*. Moscow, 2016; 342-348. (In Russian).
11. Utkin D.G. Strength of Bending Steel-Fiber-Reinforced Concrete Elements with Mixed Reinforcement under Short-Term Dynamic Loading. *Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2017; 6:62-76. (In Russian).
12. Kumar V., Kartik K.V., Iqbal M.A. Experimental and numerical investigation of reinforced concrete slabs under blast loading. *Engineering Structures*. 2020; 206.
13. Jun Yu, Li-zhong Luo, Qin Fang. Structure behavior of reinforced concrete beam-slab assemblies subjected to perimeter middle column removal scenario. *Engineering Structures*. 2020; 208.
14. Caldentey A.P., Diego Y.G., Fernández F.A., Santos A.P. Testing robustness: A full-scale experimental test on a two-storey reinforced concrete frame with solid slabs. *Engineering Structures*. 2021; 240.
15. Jinjie Men, Liquan Xiong, Jiachen Wang, Guanlei Fan. Effect of different RC slab widths on the behavior of reinforced concrete column and steel beam-slab subassemblies. *Engineering Structures*. 2021; 229.
16. Eladawy M., Hassan M., Benmokrane B., Ferrier E. Lateral cyclic behavior of interior two-way concrete slab–column connections reinforced with GFRP bars. *Engineering Structures*. 2020; 209.
17. Deifalla A.A. Mechanical model for concrete slabs subjected to combined punching shear and in-plane tensile forces. *Engineering Structures*. 2021; 231.
18. Yu J.L., Wang Y.C. Modelling and design method for static resistance of a new connection between steel tubular column and flat concrete slab. *Journal of Constructional Steel Research*. 2020; 173.
19. Mao L., Barnett S.J., Tyas A., Warren J., Schleyer G.K., Zaini S.S. Response of small scale ultra high performance fibre reinforced concrete slabs to blast loading. *Construction and Building Materials*. 2015; 93:822-830.
20. Cervenka V., Jendele L., Cervenka J. *ATENA Program Documentation. Part 1. Theory*. Prague, Cervenka Consulting, 2020; 344.