
**МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

СВОД ПРАВИЛ

СП XXX.XXXX.2017

**ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ
ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ. ПРАВИЛА
ПРОЕКТИРОВАНИЯ.**

Издание официальное

Первая редакция

Москва, 2017

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила разработки – постановлением Правительства Российской Федерации от 01 июля 2016 г. № 624 «Об утверждении Правил разработки, утверждения, опубликования, изменения и отмены сводов правил».

Сведения о своде правил

1. ИСПОЛНИТЕЛЬ - Акционерное общество "Научно-исследовательский центр "Строительство"

СОИСПОЛНИТЕЛИ - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ), Акционерное общество "Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений — ЦНИИПромзданий" (АО "ЦНИИПромзданий"), Закрытое Акционерное Общество ГОРПРОЕКТ и Общество с Ограниченной Ответственностью "Техрекон".

2. ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство».

3. ПОДГОТОВЛЕН Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России)

4. УТВЕРЖДЕН Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 2016 г. №

5. ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему своду правил публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика в сети Интернет

© Минстрой России, 2016

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Минстроя России.

Оглавление

Введение	
1. Область применения	5
2. Нормативные ссылки	6
3. Термины и определения	8
4. Общие требования	9
5. Строительные материалы и их характеристики при расчете сооружений на устойчивость против прогрессирующего обрушения	11
6. Нагрузки и воздействия	11
7. Требования к расчетным моделям	12
8. Конструктивные мероприятия по защите сооружений различных конструктивных систем от прогрессирующего обрушения	15
Приложение А. Дополнительные коэффициенты условий работы при расчете на устойчивость против прогрессирующего обрушения.	19
Приложение Б. Алгоритм расчета на устойчивость против прогрессирующего обрушения в квазистатической и динамической постановках.	20
Приложение В. Критерии несущей способности железобетонных конструкций для особого предельного состояния.	22
Приложение Г. Дополнительные конструктивные мероприятия для одноэтажных каркасов, многоэтажных и стальных каркасов.	24
Приложение Д. Дополнительные конструктивные мероприятия для многоэтажных каркасов.	26
Библиография	

Введение

Настоящий свод правил разработан с учетом обязательных требований, установленных в Федеральных законах от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и содержит требования к расчету и проектированию защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения при аварийной расчетной ситуации.

Свод правил разработан авторским коллективом:

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (руководитель темы – д-р техн. наук, профессор, советник РААСН Н.В. Федорова; зам. руководителя темы д-р техн. наук, профессор, академик РААСН В.И. Колчунов; д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент РААСН С.Г. Емельянов), АО ЦНИИПромзданий (руководитель темы д-р техн. наук В.В. Гранев; д-р техн. наук, профессор Э.Н. Кодыш; начальник отдела конструктивных систем д-р техн. наук, профессор Н.Н. Трекин), ЗАО Горпроект (гл. конструктор д-р техн. наук, профессор, академик РААСН В.И. Травуш), ООО Техрекон (гл. конструктор Г.И. Шапиро, гл. инженер А.А. Гасанов).

СВОД ПРАВИЛ

**ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО
ОБРУШЕНИЯ.**

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**PROTECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES AGAINST
PROGRESSIVE COLLAPSE. DESIGN CODE**

Дата введения

1 Область применения

1.1. Настоящий документ содержит требования по расчету и проектированию при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте зданий и сооружений нормального и повышенного уровня ответственности (в соответствии с идентификацией ч.7 статьи 4 №384-ФЗ) классов КС-2 и КС-3 различных конструктивных систем с целью обеспечения их защиты от прогрессирующего обрушения при аварийных расчетных ситуациях в соответствии с положениями ГОСТ 27751-2014.

1.2. При реконструкции здания или сооружения расчет и проектирование с целью обеспечения их защиты от прогрессирующего обрушения следует выполнять только для блока здания или сооружения, где производится реконструкция, или для пристраиваемого блока.

1.3 При капитальном ремонте расчет и проектирование защиты от прогрессирующего обрушения требуется для зданий и сооружений повышенного уровня ответственности. Допускается для зданий и сооружений нормального уровня ответственности выполнять расчет и проектирование защиты от прогрессирующего обрушения в соответствии с заданием на проектирование.

1.4 Настоящий Свод Правил не распространяется на проектирование транспортных и гидротехнических сооружений.

П р и м е ч а н и е – Далее по тексту, где это возможно, слова «здания и сооружения» заменены словом «сооружения».

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы ссылки на следующие нормативные документы:

1. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования.
2. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
3. СП 14.13330.2014 СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах».
4. СП 15.13330.2012 СНиП II-22-81* «Каменные и армокаменные конструкции».
5. СП 16.13330.2011 СНиП II-23-81* «Стальные конструкции».
6. СП 20.13330.2011 СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия».
7. СП 21.13330.2012 СНиП 2.01.09-91 «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах».
8. СП 22.13330.2011 СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений».
9. СП 24.13330.2011 СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты».
10. СП 43.13330.2012 СНиП 2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий».
11. СП 44.13330.2011 СНиП 2.09.04-87* «Административные и бытовые здания».
12. СП 54.13330.2011 СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные».
13. СП 56.13330.2011 СНиП 31-03-2001 «Производственные здания».
14. СП 63.13330.2012 СНиП 52-01-2003. «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».
15. СП 64.13330.2011 СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции».
16. СП 70.13330.2012 СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции»
17. СП 116.13330.2012 СНиП 22-02-2003 «Инженерная защита территорий, здания и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения».
18. СП 128.13330.2012 СНиП 2.03.06-85 «Алюминиевые конструкции».
19. СП 132.13330 «Обеспечение антитеррористической защищенности зданий и сооружений. Общие требования проектирования».
20. СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования».

21. СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования».

Примечание - При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим сводом правил следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящих нормах и правилах применяются термины и определения, приведенные в Техническом регламенте о безопасности зданий и сооружений, ГОСТ 27751-2014, а также следующие термины с соответствующими определениями:

- 3.1 **Аварийные воздействия** – непредусмотренные нормальной эксплуатацией воздействия, характеризующиеся малой вероятностью возникновения за время расчетного срока службы зданий и сооружений, которые могут вызвать потерю несущей способности несущих конструктивных элементов.
- 3.2 **Аварийная расчетная ситуация** – ситуация, соответствующая исключительным условиям работы сооружения, которые могут привести к существенным социальным, экономическим и экологическим последствиям.
- 3.3 **Вторичная расчетная схема** – расчетная схема, полученная из первичной расчетной схемы путем исключения одного или нескольких несущих конструктивных элементов, расположенных в зоне локального разрушения.
- 3.4 **Локальное разрушение** – потеря несущей способности несущего конструктивного элемента или группы несущих конструктивных элементов на ограниченной площади вследствие аварийного воздействия.
- 3.5 **Особое предельное состояние** – состояние конструкций, возникающее при аварийных воздействиях и расчетных ситуациях, превышение которого приводит к их разрушению.
- 3.6 **Первичная расчетная схема** – расчетная схема, принятая для условий нормальной эксплуатации здания или сооружения на основные сочетания нагрузок в соответствии с СП 20.13330.2011.

3.7 **Прогрессирующее обрушение** – последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего сооружения или его частей вследствие локального повреждения.

[ГОСТ 27751-2014, п.2.2.9]

4 Общие требования

4.1 При локальном разрушении необходимо обеспечить несущую способность как конструктивной системы сооружения в целом, так и примыкающих к локальному разрушению конструктивных элементов. По требованию заказчика в задании на проектирование (в дополнение к необходимым требованиям по несущей способности) могут быть установлены дополнительные требования по обеспечению трещиностойкости и деформативности конструкций сооружения при локальном разрушении.

4.2 Усилия в конструктивных элементах и их соединениях полученные на основании проведенного расчета при локальном разрушении, необходимо сравнить с их несущей способностью.

Защита сооружения от прогрессирующего обрушения обеспечено, если для любых элементов и их соединений соблюдается условие

$$F \leq S,$$

где F усилия в конструктивных элементах или их соединениях, найденные из выполненного расчета, S - несущая способность конструктивных элементов и их соединений, найденная с учетом указаний п.5.

Конструкции, для которых требования по несущей способности не удовлетворяются, необходимо усилить, либо следует принять другие меры, повышающие сопротивление конструкций прогрессирующему обрушению.

4.3 Размер локального разрушения, которое следует учитывать при расчете:

Для зданий и сооружений в качестве локального разрушения следует рассматривать разрушение (удаление) нижеперечисленных несущих конструкций одного (любого) этажа на участке, ограниченном кругом площадью не менее 40 м^2 для зданий и сооружений высотой до 100 м, не менее 80 м^2 для зданий и сооружений высотой от 100 м до 200 м и не менее 100 м^2 для зданий и сооружений высотой более 200 м:

- пересекающихся стен на участках от места их пересечения (в частности, от угла здания) до ближайшего проема в каждой стене или до следующего вертикального стыка со стеной другого направления или на участке указанного размера (при размещении центра круга в месте пересечения стен);

- отдельно стоящей стены от края до ближайшего проема или на участке указанного размера (при размещении центра круга на краю стены);
- отдельно стоящей стены от края до ближайшего проема или на участке указанного размера (при размещении центра круга в центре тяжести сечения стены);
- колонн (пилонов) или колонн (пилонов) с примыкающими к ним участками стен, расположенных на участке указанного размера (при размещении центра круга в центре тяжести сечения одной из колонн (пилон));

Для большепролетных конструкций покрытий в качестве локального разрушения следует рассматривать разрушение (удаление) одного из несущих элементов.

В других случаях – согласно задания на проектирование в зависимости от типа сооружения (градирни, воздухоотводящие трубы и др.).

Локальное разрушение может располагаться в любом месте сооружения.

Для оценки устойчивости зданий и сооружений против прогрессирующего обрушения допускается рассматривать наиболее опасные локальные разрушения.

4.4 Защиту сооружений от прогрессирующего обрушения следует обеспечивать наиболее экономичными средствами:

- при разработке архитектурно-планировочных решений следует учитывать возможность возникновения локального разрушения в результате аварийного воздействия;
- применение конструктивных мер, повышающих степень статической неопределимости конструкции (повышение неразрезности конструкции, уменьшение количества шарнирных соединений и пр.);
- применение материалов и конструктивных решений, обеспечивающих развитие в конструктивных элементах и их соединениях пластических деформаций;
- для сооружений, конструктивные особенности которых не позволяют с применением рациональных сечений и материалов выполнить защиту от прогрессирующего обрушения, следует предусматривать включение в работу элементов, которые при условиях нормальной эксплуатации являются ненесущими, а при возникновении локального разрушения включаются в работу и участвуют в восприятии нагрузок.

5 Строительные материалы и их характеристики при расчете сооружений на устойчивость против прогрессирующего обрушения

5.1 При расчете сооружений на устойчивость против прогрессирующего обрушения расчетные прочностные и деформационные характеристики материалов принимаются равными их нормативным значениям, определяемые в соответствии с действующими нормативными документами.

5.2 Значения дополнительных коэффициентов условий работы, вводимых при расчете на устойчивость против прогрессирующего обрушения приведены в Приложении А.

6 Нагрузки и воздействия

6.1 Значения нагрузок при расчете на устойчивость против прогрессирующего обрушения следует принимать в соответствии с СП 20.13330.

6.2 При расчете сооружений на устойчивость против прогрессирующего обрушения коэффициенты надежности по нагрузке следует принимать $\gamma_f = 1,0$.

6.3 Расчет сооружений на устойчивость против прогрессирующего обрушения следует выполнять на сочетание нагрузок C_S^{PO} , состоящее из постоянных P_d и длительных P_l , с учетом изменения расчетной схемы, вызванное локальным разрушением.

$$C_S^{PO} = P_d + P_l,$$

6.4 Коэффициент надежности по ответственности при расчете сооружений на устойчивость против прогрессирующего обрушения следует принимать $\gamma_n = 1,0$. В задании на проектирование заказчиком может быть установлен коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n > 1,0$.

7 Требования к расчетным моделям

7.1 Для расчета сооружений на устойчивость против прогрессирующего обрушения следует использовать пространственную расчетную модель, в которой учитывается взаимодействие с грунтовым основанием. В расчетной модели следует учитывать возможное включение в работу элементов, которые при нормальной эксплуатации сооружения являются ненесущими (например, навесные наружные стеновые панели, парапеты, железобетонные ограждения балконов, перегородки и т.п.), а при локальном разрушении активно участвуют в перераспределении усилий в элементах конструктивной системы.

7.2 При расчете сооружений на устойчивость против прогрессирующего обрушения следует предусматривать возможность стадийного расчета. На начальной стадии необходимо определить напряженно-деформированное состояние конструкций при условиях нормальной эксплуатации. На последующих стадиях следует определять напряженно-деформированное состояние конструкций, возникающее при локальном разрушении, при условии учета деформаций конструкций, возникших в результате нормальной эксплуатации.

7.3 Расчет модели сооружения следует выполнять для каждого из рассматриваемых локальных разрушений отдельно и независимо от других возможных локальных разрушений.

7.4 В расчетной модели сооружения следует учитывать реальную диаграмму работы материала конструкций и их стыков (расслоение кирпичной кладки при работе конструкции на растяжение; не восприятие в платформенном стыке растягивающих напряжений, хрупкое разрушение конструкций и узлов их сопряжения и т.п.).

7.5 Расчет сооружения на устойчивость против прогрессирующего обрушения следует производить по деформированной схеме с учетом требований, изложенных в п.7.4.

7.6 В случае обеспечения пластичной работы конструктивной системы в предельном состоянии, расчет на устойчивость против прогрессирующего обрушения возможно проводить кинематическим методом теории предельного равновесия. В этом случае расчет при каждой выбранной схеме выполняется по следующей процедуре:

- задаются наиболее вероятные механизмы разрушения элементов сооружения, потерявших опору (задать механизм разрушения, значит определить все разрушаемые связи, в том числе и образовавшиеся пластические шарниры, и найти возможные обобщенные перемещения (w_i) по направлению усилий в этих связях);
- наиболее вероятному механизму разрушения соответствует минимум потенциальной энергии конструкции на возможных (обобщенных) перемещениях;
- для каждого из выбранных механизмов разрушения следует определить предельные усилия, которые могут быть восприняты сечениями всех пластично разрушаемых элементов и связей (S_i), в том числе и пластических шарниров;
- находятся равнодействующие (G_i) внешних сил, приложенных к отдельным звеньям механизма, то есть к отдельным не разрушаемым элементам или их частям, и перемещения по направлению их действия (u_i);
- определяются работы внутренних сил (W) и внешних нагрузок (U) на возможных перемещениях рассматриваемого механизма

$$W = \sum S_i w_i$$

$$U = \sum G_i u_i$$

- проверяется условие равновесия

$$W \geq U.$$

Если при какой-либо расчетной схеме условие равновесия не выполняется, то следует произвести усиление конструктивных элементов, либо иными мероприятиями добиться его выполнения.

Кроме того, в несущих вертикальных элементах, не расположенных над локальным разрушением, его воздействие приводит к увеличению напряжений и усилий. Необходимо выполнить проверку несущей способности этих элементов.

В некоторых случаях целесообразно рассматривать работу перекрытий над удаленной колонной (пилоном, стеной) при больших прогибах как элементов висячей системы, при конструктивной возможности восприятия возникающих горизонтальных усилий.

7.7 Расчет сооружений на устойчивость против прогрессирующего обрушения допускается производить квазистатическим, динамическим методами в соответствии с Приложением Б.

8 Конструктивные мероприятия по защите сооружений различных конструктивных систем от прогрессирующего обрушения

8.1 Основными конструктивными мероприятиями по защите сооружений от прогрессирующего обрушения являются:

- обеспечение необходимой несущей способности конструктивных элементов и соединений между ними при аварийном воздействии, приводящем к локальному разрушению;
- обеспечение необходимых пластических деформаций в соединениях конструктивных элементов.
- обеспечение в шпоночных соединениях прочности отдельных шпонок на срез в 1,5 раза выше их прочности на смятие;
- обеспечение в болтовых соединениях прочности отдельных болтов на срез в 1,1 раза выше их прочности на смятие;
- обеспечение в сварных соединениях предотвращения хрупкого разрушения в предельном состоянии в соответствии с СП 16.13330;
- обеспечение достаточности длины анкеровки арматуры при ее работе как связи сдвига;
- обеспечение в сечениях надпроемных перемычек, балок, ригелей, плит, в предельном состоянии разрушения по изгибу, а не по срезу.

8.2 Дополнительные конструктивные мероприятия для монолитных железобетонных сооружений:

- обеспечение восприятия вертикальными связями между низом колонн (пилонов, стен) и перекрытиями (балками, ригелями) растягивающих усилий, определенных в результате расчетов, но не менее 10 кН (1 тс) на каждый квадратный метр грузовой площади этой колонны (пилона, стены);
- покрытие и перекрытия следует связывать с колоннами (пилонами, стенами, балками, ригелями) расчетными связями;
- минимальная площадь сечения горизонтальной арматуры (суммарной для нижней и верхней арматуры) в монолитных железобетонных перекрытиях и покрытиях, как в продольном, так и в поперечном направлении, следует принимать не менее 0,25%

от площади сечения бетона. При этом необходимо обеспечить непрерывность указанной арматуры и стыковку (в том числе при возможном изменении расчетной схемы работы перекрытия или покрытия, в результате локального разрушения) в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

8.3 Дополнительные конструктивные мероприятия для крупнопанельных сооружений.

Установка следующей системы связей (рис. 8.3.1):

- горизонтальные в продольном и поперечном направлении связи между плитами перекрытий и покрытия, обеспечивающие необходимую прочность дисков перекрытий и покрытия при растяжении и сдвиге. При этом связи следует проектировать на восприятие усилий, определенных в соответствии с результатами расчетов, но не менее усилий, равных 15 кН (1,5 тс) на 1 м ширины здания и 10 кН (1,0 тс) на 1 м длины здания (для зданий башенного типа не менее 10 кН (1 тс) на 1 м размера здания в плане). Расстояние между связями следует назначать не более 3,0 м;
- вертикальные (междуэтажные) связи между несущими стеновыми панелями, обеспечивающие необходимую прочность горизонтальных стыков стен и перекрытий при растяжении и сдвиге. Указанные связи следует устанавливать в количестве не менее двух на стеновую панель. При этом если внутренняя стена состоит из нескольких стеновых панелей, объединенных в их вертикальном стыке вертикальными связями, то требуется установка не менее двух связей на внутреннюю стену. Указанные связи следует проектировать на восприятие усилий, определенных в соответствии с результатами расчетов, но не менее усилий, равных 25 кН (2,5 тс) на 1 м длины стеновой панели;
- горизонтальные связи между навесными наружными стеновыми панелями (поверху) и внутренними стеновыми панелями, вертикальные связи между навесными наружными стеновыми панелями (понизу) и плитами перекрытий, совместно, обеспечивающие устойчивость положения наружных стеновых панелей и включение их в работу при локальном разрушении. Для одномодульных наружных стеновых панелей требуется установка 4-х связей – две с плитами перекрытия, две с внутренними стеновыми панелями). Для двухмодульных

наружных стеновых панелей требуется установка 8-ми связей – четыре с плитами перекрытия (по две на модуль) и четыре с внутренними стеновыми панелями. При этом связи следует проектировать на восприятие усилий, определенных в соответствии с результатами расчетов, но не менее усилий, равных 10 кН (1,0 тс) на 1 м длины наружной стеновой панели;

- лестничные марши и площадки следует связывать с вертикальными элементами, покрытием или перекрытием расчетными связями;

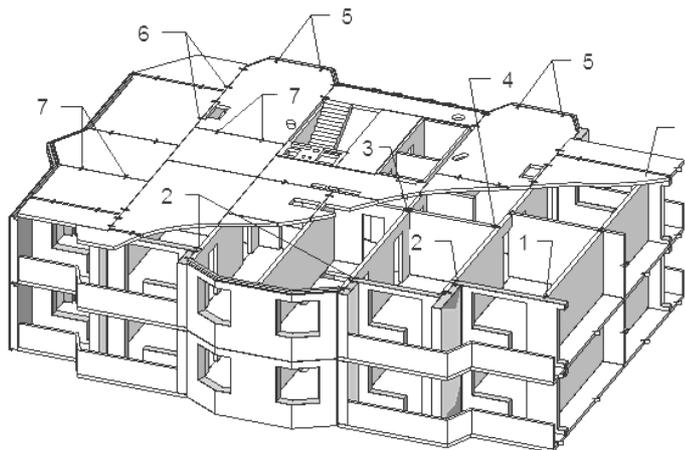


Рис. 8.3.1 – Схема расположения связей в крупнопанельном здании

1 – между панелями наружных и внутренних стен; 2 – то же, продольных наружных несущих стен; 3 – продольных внутренних стен; 4 – то же, поперечных и продольных внутренних стен; 5 – то же, наружных стен и плит перекрытий; 6 – между плитами перекрытий вдоль длины здания; 7 – то же, поперек длины здания

8.4 Дополнительные конструктивные мероприятия для кирпичных зданий и сооружений:

- на каждом этаже по периметру здания следует устраивать пояс армированной кладки между верхом надпроемных перемычек и низом перекрытия. Если низ перекрытия совпадает с верхом надпроемных перемычек, то перемычки необходимо выполнять монолитными железобетонными и непрерывными по всему контуру наружных или внутренних стен, т.е. необходимо устраивать непрерывный монолитный железобетонный пояс (по типу антисейсмического). Требуемую площадь арматуры кладки и монолитного пояса следует определять расчетом.

- толщину внутренних несущих кирпичных стен следует принимать не менее 380 мм, толщину внутреннего слоя несущих наружных стен следует принимать не менее 380 мм.
- горизонтальные в продольном и поперечном направлении связи между плитами перекрытий и покрытия, обеспечивающие необходимую прочность дисков перекрытий и покрытия при растяжении и сдвиге. При этом связи следует проектировать на восприятие усилий, определенных в соответствии с результатами расчетов, но не менее усилий, приведенных в п.8.3.

8.5 Дополнительные конструктивные мероприятия для одноэтажных и многоэтажных зданий.

Эффективная работа конструкций, узлов соединения элементов между собой и связей против прогрессирующего обрушения возможна лишь за счет пространственной работы и перераспределения силовых потоков после локального разрушения одного из несущих элементов, а также обеспечивающая пластичность работы элементов, узлов и связей. Дополнительные конструктивные мероприятия для каркасов одноэтажных и многоэтажных зданий приведены в рекомендуемых Приложениях Г и В соответственно.

8.6 Дополнительные конструктивные мероприятия для сооружений со стальным каркасом:

- при проектировании стальных конструкций следует исключить возможность хрупкого разрушения конструктивных элементов и их узлов, соблюдая требования для исключения сочетания неблагоприятных факторов, изложенные в СП 16.13330;
- для обеспечения пластичной работы конструктивной системы должны применяться малоуглеродистые и низколегированные стали с относительным удлинением не менее 20%;
- для повышения пространственной жесткости и устойчивости к прогрессирующему обрушению конструкций со стальным каркасом следует предусматривать эффективную систему связей. Связи должны быть запроектированы таким образом, чтобы они не выключались из работы и допускали без разрушения развитие необходимых деформаций для перераспределения силовых потоков после локального разрушения одного из несущих элементов.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Дополнительные коэффициенты условий работы при расчете на устойчивость против прогрессирующего обрушения

А.1 Нормативные характеристики сопротивления материалов для бетонных и железобетонных конструкций, при обеспечении требуемого уровня контроля качества, установленного действующими государственными стандартами, в случае расчета на устойчивость против прогрессирующего обрушения следует умножать на дополнительный коэффициент условий работы 1,15.

А.2 Нормативные характеристики сопротивления прокатной стали следует принимать по СП 16.13330 с учетом допустимости работы пластичных сталей за пределом текучести. Коэффициент условий работы для пластичных сталей следует принимать равным 1,1.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Алгоритм расчета на устойчивость против прогрессирующего обрушения в квазистатической и динамической постановках

Расчетный анализ на устойчивость против прогрессирующего обрушения выполняется в квазистатической и динамической постановках следует производить в следующей последовательности:

- по принятой на начальной стадии в соответствии с положениями п.7 первичной расчетной схеме определяется напряженно-деформированное состояние в элементах конструктивной системы при условиях нормальной эксплуатации;

- в первичной расчетной схеме выключается один из вертикальных или горизонтальных несущих элементов (сечений) и строится вторичная расчетная схема с исключенным элементом. При этом нагрузки во вторичной расчетной схеме принимаются в соответствии с п.б. В случае мгновенного удаления выключаемого элемента, усилия, определенные в выключаемом элементе по первичной расчетной схеме, прикладываются во вторичной расчетной схеме с обратным знаком.

- производится расчет конструктивной системы во вторичной расчетной схеме в динамической или квазистатической постановке и вычисляются динамические усилия на первой полуволне колебаний системы;

- вычисляются коэффициенты динамических догрузений в расчетных сечениях несущих элементов конструктивной системы как отношение усилий в этих сечениях, полученных из расчета по вторичной расчетной схеме, к усилиям в этом же сечении полученным из расчета по первичной расчетной схеме.

- с учетом требований, изложенных в Приложении В, производится критериальная проверка несущей способности элементов конструктивной системы для особого предельного состояния конструкций. По нормальным и наклонным сечениям элементов, а также для узлов сопряжения элементов между собой;

- если в процессе критериальной проверки условие прочности в каких-либо сечениях (связях) не выполняется, то производится корректировка вторичной расчетной схемы в которой исключаются эти сечения (связи) и производится перерасчет конструктивной системы и вновь проверяются условия прочности сечений (связей). Если в процессе итерации не наступает стабилизация условий прочности для сечений

элементов конструктивной системы то проверяется критерий прогрессирующего разрушения конструктивной системы согласно требований Приложения В.

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Критерии несущей способности железобетонных конструкций для особого предельного состояния

При расчете сооружений на устойчивость против прогрессирующего обрушения критерии несущей способности формируются для особого предельного состояния. В качестве критериев особого предельного состояния в рассматриваемом расчетном сечении следует принимать:

- ограничение деформаций сжатого бетона предельными значениями $\epsilon_{s,2}$, определяемыми по билинейной диаграмме состояний при его кратковременном деформировании (рис. В1) и значениях напряжений равных $\varphi R_{b, ser}$. Значение деформаций сжатия тяжелого, мелкозернистого и напрягающегося бетонов следует принимать 0,002. При этом значение коэффициента увеличения динамической прочности бетона φ_b при его хрупком разрушении принимается равным 1,15. При пластическом характере разрушения сечения (из- за текучести арматуры) значение φ_b принимается равным единице;

- ограничение деформаций растянутой арматуры предельными значениями относительных деформаций $\epsilon_{s,2}$, принимаемыми для стали с физическим пределом текучести равными 0,025, а для стали с условным пределом текучести - 0,015. При этом в обоих случаях значения напряжений принимаются равными $R_{s, ser}$: Коэффициент увеличения динамической прочности арматуры φ_s принимается равным единице.

- для стальных конструкций ограничение относительных предельных деформаций сталей с физическим пределом текучести принимается 0,025, а для сталей с условным пределом текучести - 0,010.

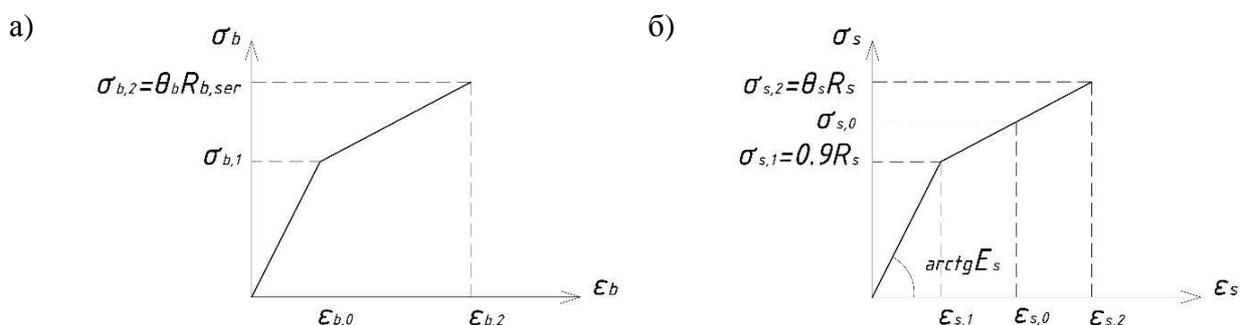


Рисунок В.1 – К определению предельных деформаций бетона (а) и арматуры (б) для особого предельного состояния

В случае, если критерий несущей способности по сжатому бетону для рассматриваемого конструктивного элемента не выполняются больше чем до трех сечений, а критерий для растянутой арматуры удовлетворяется, допускается работу перекрытий над удаленным вертикальным элементом (колонной, пилоном, стеной) рассматривать как висячую систему. При этом должны быть выполнены критерии обеспечения анкеровки арматуры и восприятия усилий распора.

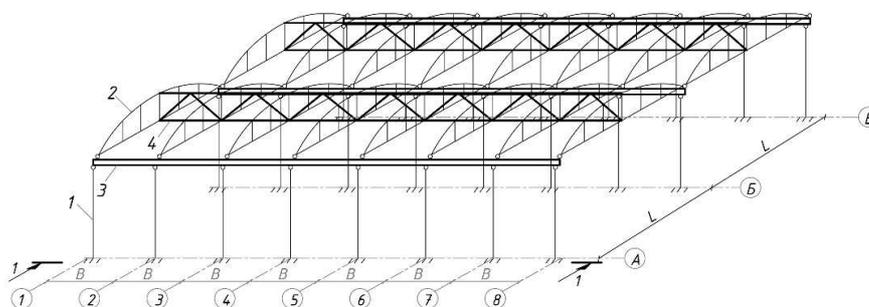
При проверке по вторичной расчетной схеме кроме прочности должна быть обеспечена устойчивость всех элементов. При этом в зависимости от материала конструкций используются критерии нормативных документов СП 16.13330.2011, СП 36.13330.2012, СП 64.1330.2011, СП 128.13330.2012.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Дополнительные конструктивные мероприятия для одноэтажных каркасов зданий

Установка по всем продольным рядам колонн неразрезных подстропильных конструкций, соединенных с верхом колонн, обеспечивающих перераспределение усилий после локального разрушения одного из несущих элементов каркаса.

Установка при необходимости в несущую систему связей которые обеспечивают устойчивость всей системы, в количестве не менее одной в каждом пролете, обеспечивающих устойчивость положения строительных конструкций и включение в работу диска всего покрытия.

а)



б)

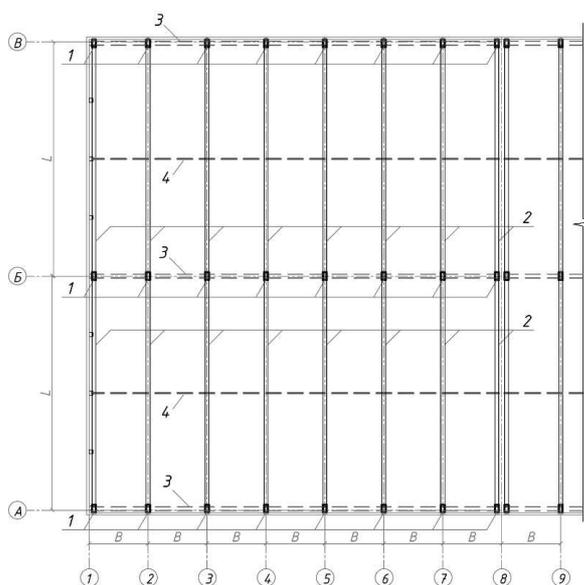


Рисунок Г1 – Схема расположения подстропильных конструкций и связей в одноэтажном здании: пространственная схема каркаса (а), план здания (б): 1 – колонна; 2 – стропильная конструкция; 3 – подстропильная конструкция; 4 – связевая ферма в вертикальной плоскости из плоскости стропильной конструкции

Проектирование узлов и соединений элементов покрытия и резервирования их прочности таким образом, чтобы в случае локального разрушения одного из элементов каркаса здания обеспечить включение в работу пространственной системы несущих элементов и исключение их прогрессирующего обрушения.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Дополнительные конструктивные мероприятия для многоэтажных каркасов зданий

Установка внутренних связей в уровне каждого перекрытия или покрытия в двух взаимно перпендикулярных направлениях, обеспечивающих несущую способность дисков перекрытий при растяжении и сдвиге и работающих на всей длине (рисунок Д1).

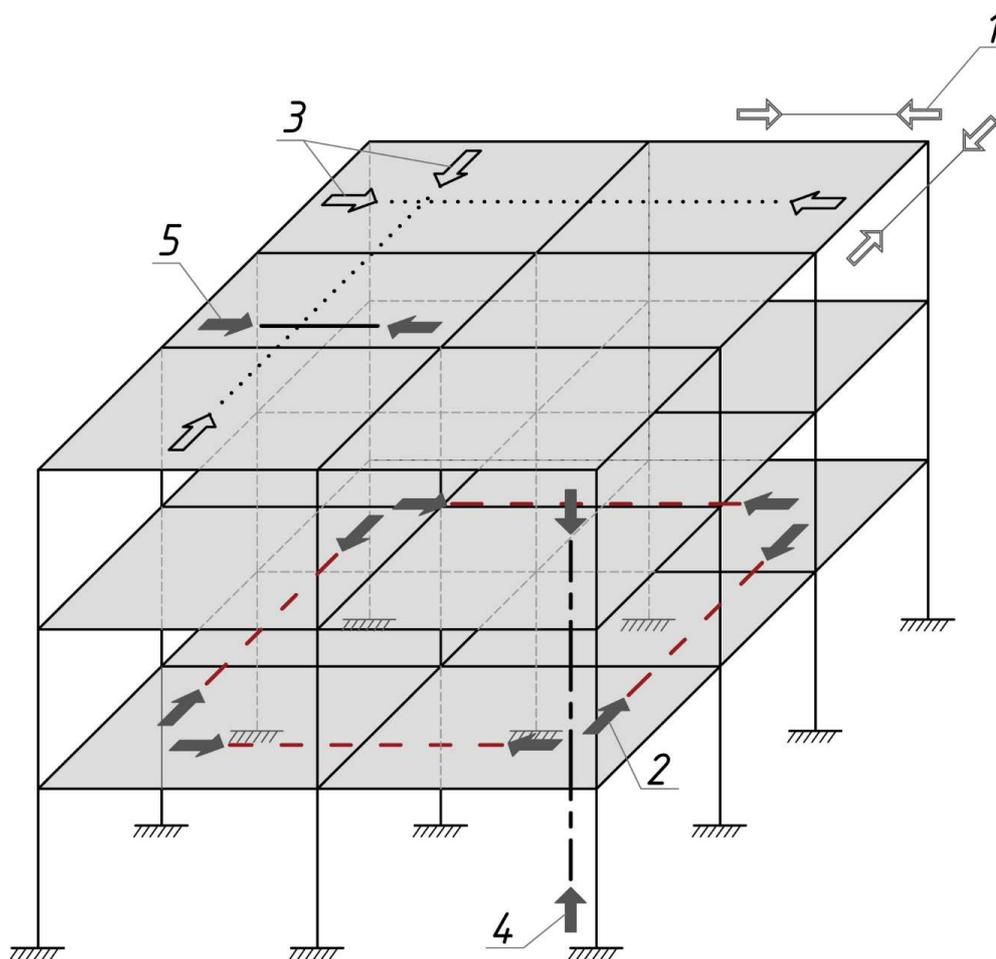


Рисунок Д1 – Схема расположения связей в многоэтажном каркасном здании:

1 – связи по угловым колоннам; 2 – контурные связи; 3 – внутренние связи; 4 – вертикальные связи; 5 – горизонтальные связи по внешним колоннам или стенам

- установка контурных периферийных связей на расстоянии не более чем 1,2 м от края в каждом перекрытии или покрытии. Этими связями следует обеспечивать несущую способность дисков перекрытий и покрытий при растяжении и сдвиге. Связи следует проектировать на основании расчета на восприятие растягивающих усилий одной связью не менее 10 кН (на 1 п.м);

- установка горизонтальных связей по наружным колоннам или стенам в пределах перекрытий и покрытия. Этими связями следует обеспечивать восприятие усилий растяжения не менее: 20 кН на 1 п.м, фасада здания;
- установка вертикальных связей, связывающих колонны каркасного здания на всю его высоту. Эти связи следует рассчитывать на растягивающее усилие, равное величине осевой продольной силы, которая действует в колонне любого из этажей при основных сочетаниях нагрузок. Стыковку связей не допускается выполнять в опорных узлах и в середине высоты колонны. Их рекомендуется выполнять на $1/3 - 1/4$ высоты этажа;
- обеспечение объединения балок с перекрытием расчетными связями (например, для сталежелезобетонного перекрытия следует предусмотреть объединение стальных балок с монолитным перекрытием с помощью стад-болтов или специальных упоров);
- обеспечение жесткого сопряжения балок с колоннами хотя бы одного направления;
- введение в несущую систему многоэтажного здания аутригерных конструкций (рисунок Д2 а) в виде систем перекрестных сплошных или сквозных ферм, (рисунок Д2 б, в) рассчитанных на восприятие усилий, определяемых в соответствии с результатами расчетов по первичной и вторичной расчетным схемам.

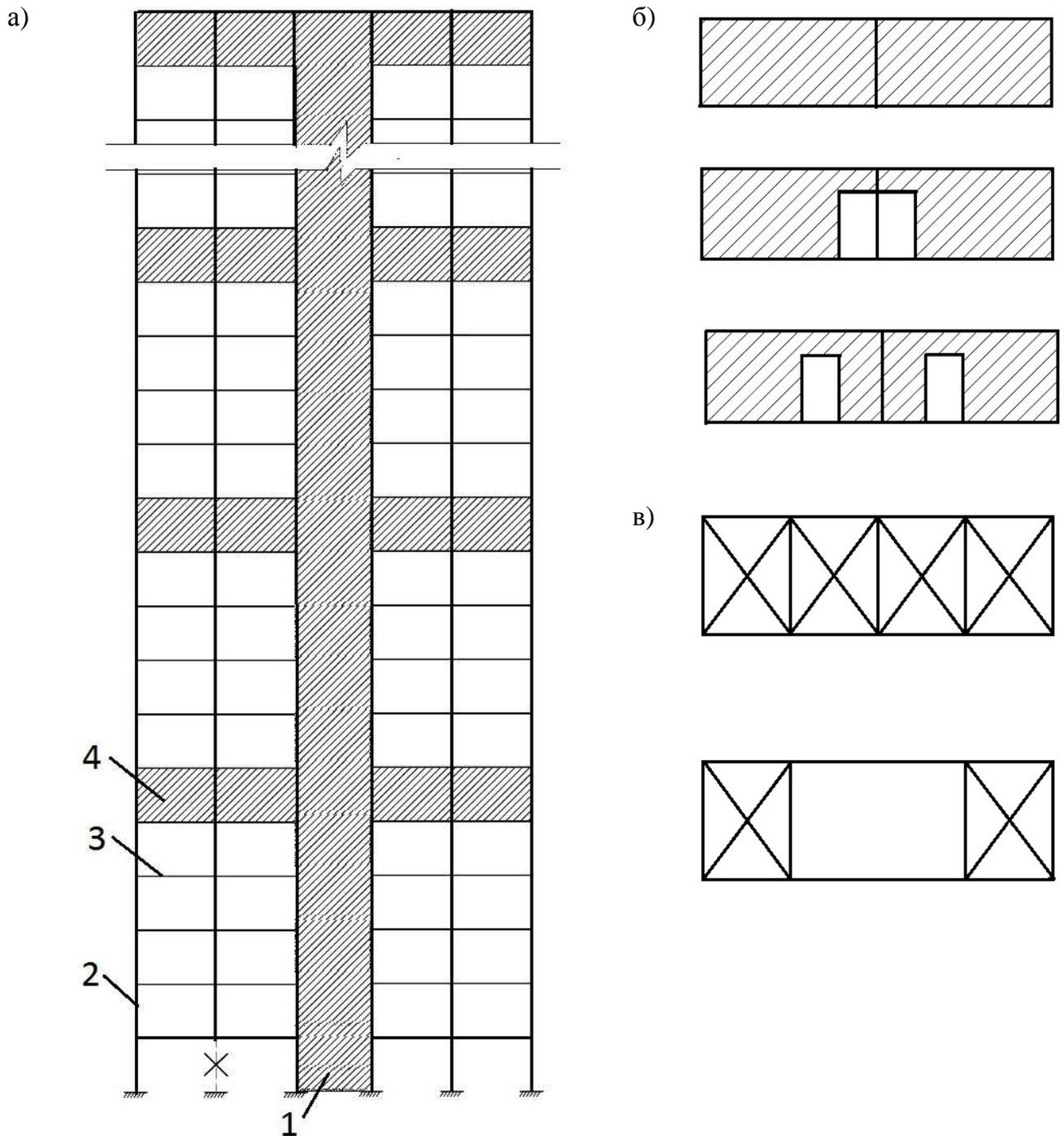


Рисунок Д2 – Схема расположения аутриггерных конструкций (а) и типы этих конструкций сплошного (б) или сквозного (в) сечения: 1 – ядро жесткости; 2, 3 – колонны и ригели соответственно; 4 – аутриггерная конструкция

Библиография

1. Федеральный Закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» №116-ФЗ.
2. Федеральный Закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» №123-ФЗ.
3. Федеральный Закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» №384-ФЗ.
4. Федеральный Закон «Градостроительный кодекс Российской Федерации» №190-ФЗ.
5. Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008г. N 87 О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию.
6. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
7. Федеральный Закон от 06 марта 2016г. №35-ФЗ «О противодействии терроризму».
8. Методическое пособие по расчету железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры (к СП.63.13330.2012), Москва, 2016.
9. Рекомендации по предотвращению прогрессирующих обрушений крупнопанельных зданий. М., 1999. 8. МГСН 3.01-01 Жилые здания. М., 2001.
10. Рекомендации по защите жилых зданий стеновых конструктивных систем при чрезвычайных ситуациях. М., 2000.
11. Рекомендации по защите жилых зданий с несущими кирпичными стенами при чрезвычайных ситуациях. М. 2002.
12. Рекомендации по защите жилых каркасных зданий при чрезвычайных ситуациях. М., 2002.
13. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. М., 2005.
14. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. М., 2006.

УДК 721:692 (087)

Ключевые слова: здания и сооружения, прогрессирующее обрушение, защита, правила проектирования, расчетные модели, конструктивные решения.

Генеральный директор АО «НИЦ «Строительство»

А.В. Кузьмин

Ректор ЮЗГУ

С.Г. Емельянов

Руководитель разработки от ЮЗГУ
Зав. кафедрой ПГС

Н.В. Федорова

Издание официальное

Свод правил

СП XXX.XXXX.2017

**Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения.
Правила проектирования. Общие положения.**

Подготовлено к изданию ФАУ "ФЦС"

Тел.: (495) 930-64-69; (495) 930-96-11; (495) 930-09-14

Формат 60x84. Тираж _____ экз. Заказ № _____

Отпечатано в ООО "Аналитик" г. Москва, ул.Клары Цеткин, д.18, корп.3