



УДК 721.012(083.75)

К общественному обсуждению глав нового свода правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования», посвященных проектированию несущих конструкций

Владимир Ильич ТРАВУШ¹, доктор технических наук, профессор, академик, вице-президент РААСН, e-mail: travush@mail.ru

Сергей Алексеевич ЗЕНИН², кандидат технических наук, e-mail: moo-shell@mail.ru

Денис Владимирович КОНИН³, кандидат технических наук, e-mail: konden@inbox.ru

Юрий Павлович НАЗАРОВ³, доктор технических наук, профессор, e-mail: travush@mail.ru

Павел Дмитриевич ОДЕССКИЙ³, доктор технических наук, профессор, e-mail: egorovve@tsniisk.ru

Николай Александрович ПОПОВ³, кандидат технических наук, e-mail: popov.nik@gmail.com

Борис Сергеевич СОКОЛОВ², кандидат технических наук, e-mail: moo-shell@mail.ru

Олег Александрович ШУЛЯТЬЕВ⁴, кандидат технических наук, e-mail: shulyatevs@ya.ru

Станислав Олегович ШУЛЯТЬЕВ⁴, кандидат технических наук, e-mail: shulyatevs@ya.ru

¹ ЗАО «ГОРПРОЕКТ», 105005 Москва, наб. Академика Туполева, 15, стр. 15

² НИИЖБ им. А. А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», 109428 Москва, 2-я Институтская ул., 6

³ ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», 109428 Москва, 2-я Институтская ул., 6

⁴ НИИОСП им. Н. М. Герсеванова АО «НИЦ «Строительство», 109428 Москва, 2-я Институтская ул., 6

Аннотация. На рассмотрение представлен проект свода правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования», который содержит требования к проектированию и расчету надземных конструкций, фундаментов и оснований для высотных зданий, проектируемых с использованием железобетонных, стальных и сталежелезобетонных конструкций. Данный документ разработан в целях минимизации случаев, требующих разработки специальных технических условий, а также ввиду отсутствия до настоящего времени базы нормативно-технического регулирования в области развивающегося высотного строительства. Предложенные в проекте свода правил положения позволяют учесть опыт ведущих проектных и научно-исследовательских институтов в области проектирования высотных зданий и избежать разработки специальных технических условий для зданий высотой до 100 м. С учетом проведенной при разработке проекта свода правил научно-исследовательской работы, а также с учетом существенного опыта по проектированию и строительству в России зданий высотой более 100 м представляется рациональным и обоснованным определять «уникальность» высотного здания, установленную Градостроительным кодексом РФ, и привязанную к нему классификацию сооружений по ГОСТ 27751 отсчитывать с высоты 150 м (вместо 100 м). Высотные здания высотой менее 150 м следует относить к зданиям нормального уровня ответственности. **Ключевые слова:** свод правил, расчет, проектирование, высотные здания, основания, фундаменты, стальные конструкции, железобетон, сталежелезобетон.

FOR PUBLIC DISCUSSION OF A NEW SET OF RULES «HIGH-RISE BUILDINGS AND COMPLEXES. DESIGN RULES», DEVOTED TO DESIGN OF LOAD-BEARING STRUCTURES

Vladimir I. TRAVUSH¹, e-mail: travush@mail.ru, **Sergey A. ZENIN**², e-mail: moo-shell@mail.ru

Denis V. KONIN³, e-mail: konden@inbox.ru, **Jurij P. NAZAROV**³, e-mail: travush@mail.ru

Pavel D. ODESSKY³, e-mail: egorovve@tsniisk.ru, **Nikolay A. POPOV**³, e-mail: popov.nik@gmail.com

Boris S. SOKOLOV², e-mail: moo-shell@mail.ru, **Oleg A. SHULJATIEV**⁴, e-mail: shulyatevs@ya.ru

Stanislav O. SHULJATIEV⁴, e-mail: shulyatevs@ya.ru

¹ ZAO «GORPROEKT», nab. Akademika Tupoleva, 15, str. 15, Moscow 105005, Russian Federation

² NIIZHB named after A. A. Gvozdev Research Center of Construction, 2-ya Institutskaya ul., 6, Moscow 109428, Russian Federation

³ TSNIISK named after V. A. Kucherenko Research Center of Construction, 2-ya Institutskaya ul., 6, Moscow 109428, Russian Federation

⁴ NIIOOSP named after N. M. Gersevanov Research Center of Construction, 2-ya Institutskaya ul., 6, Moscow 109428, Russian Federation

Abstract. A draft set of rules «High-rise Buildings and Complexes. Design Rules», which contains the requirements for the design and calculation of above-ground structures, foundations and bases for high-rise buildings, designed using reinforced concrete, steel and composite structures is submitted for consideration. This document was developed in order to minimize the cases that require the development of special technical conditions, and also due to the lack of up to date database of normative-technical regulation in the field of developing high-rise construction. Provisions proposed in the set of rules allow to take into account the experience of leading design and research institutes in the field of design of tall buildings and to avoid the development of special technical requirements for buildings up to 100 m. With regard to research work conducted during the development of the draft set of rules as well as having significant experience in design and construction of buildings higher than 100 m, it seems rational and reasonable to determine the «uniqueness» of a high-rise building set by the Urban Planning Code of the Russian Federation and the classification of structures according to GOST 27751-2014 attached to it, beginning from a height of 150 m (instead of 100 m). High-rise buildings with a height less than 150 m should be attributed to buildings of normal level of responsibility.
Key words: set of rules, computation, designing, high-rise buildings, bases, foundations, steel structures, reinforced concrete, steel-reinforced concrete.

Введение

В настоящее время проходит общественное обсуждение первой редакции нового свода правил, посвященного проектированию высотных зданий и комплексов (URL: <http://www.ingil.ru/news/202-2015-12-21-13-48-35.html>), который содержит среди прочих требования к проектированию их конструкций.

Данный документ разработан в целях минимизации случаев, требующих разработки специальных технических условий, а также ввиду отсутствия до настоящего времени базы нормативно-технического регулирования в области активно развивающегося высотного строительства. Проект свода правил состоит из 13 глав, шести приложений и библиографии. В главе 7 приводятся требования к нагрузкам и воздействиям, которые следует учитывать при проектировании высотных зданий, а в главе 8 — требования к проектированию подземных и надземных конструкций, особенности инженерно-геологических изысканий. В разд. 12.1 приведены требования к организации научно-технического сопровождения строительства и эксплуатации высотных зданий.

Нагрузки и воздействия

Глава 7 проекта свода правил содержит требования к назначению постоянных и временных на-

грузок при расчетах конструкций. Приводятся нормативные значения равномерно распределенных временных нагрузок, отличные от значений соответствующей таблицы СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия». В частности, конкретизируются временные нагрузки в пределах технических этажей (не менее 10 кПа), на лестницы и входы (не менее 5 кПа), а также нагрузки на покрытия от вертолетов и спасательных кабин и от пожарно-спасательных машин на покрытия стилобатов и подземных этажей.

Даны значения коэффициентов для определения гололедной нагрузки для конструкций высотой до 400 м.

Кроме того, в главе 7 приводятся подходы к назначению коэффициента надежности по ответственности. Известно, что Градостроительным кодексом РФ (ст. 48.1, п. 2) здания высотой более 100 м относятся к уникальным объектам, а в соответствии с п. 8 ст. 4 Федерального закона № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» для них устанавливается повышенный уровень ответственности. В соответствии с этими положениями предложено назначать для расчетов по первой группе предельных состояний на основное сочетание нагрузок для зданий: до 100 м — $\gamma_n = 1$, от 100 (включительно) до 200 м — γ_n не менее 1,1, свыше

200 м — γ_n не менее 1,2. При расчете несущих конструкций, оснований и фундаментов по второй группе предельных состояний на основное сочетание нагрузок, а также по первой группе предельных состояний элементов ограждения, узлов их крепления, основных конструкций на особое сочетание нагрузок при чрезвычайных ситуациях, а также при оценке комфортности пребывания людей принято $\gamma_n = 1$.

Сейсмические воздействия

В разд. 7.9 содержатся основные требования по учету сейсмических воздействий на несущие и ограждающие конструкции высотных зданий. Представлены данные для определения сейсмичности площадки строительства в зависимости от категории грунта по сейсмическим свойствам.

Установлено, что при расчете высотных зданий следует использовать одну из двух расчетных динамических моделей (РДМ) — пространственную или консольную. При использовании пространственной расчетной модели высотного здания определяются узловые сейсмические нагрузки (в узлах конечно-элементной модели). Пространственная расчетная динамическая модель является обязательной для итогового обоснования сейсмостойкости высотных зданий любых конструктивных форм. Она должна отражать жесткостные и инерционные характери-

стики рассчитываемой системы «основание—здание». Для пространственной расчетной модели в рамках линейно-спектральной методики определяются сейсмические нагрузки и перемещения в узлах, усилия и напряжения в конечных элементах модели, при динамическом расчете на акселерограммы — перемещения в узлах, усилия и напряжения в конечных элементах в каждый момент времени интегрирования (шаг по времени).

Посредством консольной расчетной модели высотного здания рассчитываются поэтажные сейсмические нагрузки. Консольная расчетная модель может использоваться для предварительной оценки сейсмических нагрузок и сейсмической реакции высотных зданий простых конструктивных форм. Каждая поэтажная сейсмическая нагрузка определяет главный вектор и главный крутящий момент узловой сейсмической нагрузки в пределах этажа.

Узловая расчетная сейсмическая нагрузка для пространственной расчетной модели высотного здания (на основе МКЭ) и расчетная поэтажная сейсмическая нагрузка для консольной расчетной модели в рамках линейно-спектрального подхода определяются по формуле

$$S_{ik}^j = K_0 K_1 S_{0ik}^j, \quad (1)$$

где K_0 — коэффициент надежности по ответственности; K_1 — коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений и принимаемый по табл. 1; S_{0ik}^j — значение сейсмической нагрузки для i -й формы собственных колебаний здания в точке k в направлении сейсмического воздействия j .

Проектирование оснований и фундаментов

В разд. 8.1 представлены особенности инженерно-геологических изысканий, особенности проектирования и расчетов оснований и фундаментов.

1. Коэффициенты K_1

Тип конструкций здания	Обычный	Повышенный
1. Здания и сооружения, в конструкциях которых повреждения или неупругие деформации не допускаются	1	1
2. Здания и сооружения, в конструкциях которых могут быть допущены остаточные деформации и повреждения, затрудняющие нормальную эксплуатацию, при обеспечении сохранности людей и оборудования, возводимые:		
со стальным каркасом и железобетонным монолитным ядром жесткости или диафрагмами	0,25	0,4
с железобетонным монолитным каркасом и ядром жесткости или диафрагмами	0,22	0,4

Примечание. Обычное значение коэффициента применяется для зданий высотой до 200 м, повышенное значение — для зданий высотой свыше 200 м.

На *подготовительном этапе* строительства объекта, кроме разработки и утверждения на градостроительном совете эскиза проекта, перед строительством высотных зданий должна быть выполнена экспертная геотехническая оценка площадки строительства (вводится впервые). При экспертной геотехнической оценке осуществляется оценка инженерно-геологических условий (по архивным материалам), оцениваются предполагаемое проектное решение и способы выполнения геотехнических работ, а также их потенциальная опасность для геологической среды, окружающей застройку и инженерных коммуникаций. При геотехнической оценке площадки строительства могут быть откорректированы глубина заложения ограждающей конструкции и фундаментов, размеры в плане проектируемого строительства, расположение и ориентация на площадке строительства отдельных частей многофункционального комплекса, изменение или корректировка конструктивной схемы и расположения ядра (ядер) жесткости высотного здания, определяются основные мероприятия по недопущению развития чрезвычайных ситуаций.

Объем *проектно-изыскатель-*

ских работ расширен и приобрел следующий вид:

- анализ архивных материалов инженерно-геологических изысканий и выполнение инженерно-геологических изысканий на предпроектной стадии с бурением скважин (расстояние между скважинами не должно превышать 50 м, а их количество должно быть не менее двух на противоположных сторонах площадки строительства);
- разработка концептуальных предложений;
- разработка технических заданий и программ инженерно-геологических и инженерно-геотехнических изысканий, в том числе испытания опорных конструкций;
- проведение инженерно-геологических и инженерно-геотехнических изысканий, в том числе испытания опорных конструкций при их применении;
- выполнение заключения по результатам инженерно-геологических изысканий;
- выполнение геотехнического обоснования проектных решений;
- выполнение расчетного обоснования проектных решений;
- создание геомеханической модели и оценка влияния строительства на окружающую застройку и подземные коммуникации;

- создание гидрогеологической модели и выполнение прогноза изменения гидрогеологической ситуации на площадке строительства;
- разработка проекта фундамента на стадии «Проектная документация»;
- разработка программы геотехнического мониторинга;
- геотехническая экспертиза проекта;
- разработка проекта фундамента на стадии «Рабочая документация».

Примечания:

1. В процессе геотехнического обоснования проектных решений проводится выбор расчетной программы, модели и параметров грунта для геотехнических расчетов, выполняется их верификация в соответствии с требованиями СП 22.13330, рассматриваются возможные варианты строительства, осуществляется технико-экономическое обоснование принятого проектного решения.

2. В процессе расчетного обоснования выполняются совместные расчеты в объемной постановке системы «основание—фундамент—сооружение» в объеме, достаточном для разработки проектного решения фундамента.

3. Расчетное обоснование вариантов фундаментов и подземной части высотного здания, предварительный расчет осадки и их неравномерности, а также оценку общей устойчивости фундамента на стадии концептуальных решений допускается выполнять с учетом совместной работы системы «основание—фундамент—здание» по упрощенным моделям, например путем моделирования одного этажа приведенной жесткости.

4. Расчет на стадии «Проект» должен выполняться численным методом в объемной постановке с учетом совместной работы системы «основание—фундамент—

здание», процесса строительства каркаса здания и нелинейной работы каркаса, а также этапности возведения отдельных зданий и сооружений комплекса (в случае проектирования многофункционального комплекса).

В новом документе регламентируются минимальная глубина и расстояние между скважинами, выполняемыми в процессе инженерно-геологических изысканий. Кроме того, вводится необходимость выполнения поверочных инженерно-геологических изысканий сторонней лабораторией в объеме, достаточном для применения аппарата математической статистики, но не менее 10 % общего объема изысканий.

Для оперативного контроля за напряженно-деформируемым состоянием конструкций здания, оснований и фундаментов и возможности реагирования с целью недопущения развития чрезвычайных ситуаций, учитывая повышенную ответственность возводимого сооружения, сложность инженерно-геологических изысканий, а также несовершенство расчетных моделей основания, проектирование должно выполняться с использованием следующих способов (осуществляемых одновременно): расчетного, экспериментального и наблюдательного.

Предельные значения совместных деформаций системы «основание—фундамент—сооружение» в рассматриваемом документе жестко не регламентируются. Они должны быть установлены исходя из условий прочности, устойчивости и трещиностойкости конструкций, принимая во внимание технологические и архитектурные требования (эксплуатация фасадов, работа лифтов и водонесущих коммуникаций, осадка соседних зданий и сооружений и др.), которые должны быть указаны в техническом задании на проектирование, а их

работоспособность и эксплуатационная пригодность в результате всех воздействий, включая деформацию основания, ветровые воздействия и пр., рассмотрены в расчетном обосновании на основании расчетов системы «основание—фундамент—сооружение». При проведении расчетного анализа допустимости деформаций основания, а также при проектировании оснований и фундаментов необходимо учитывать следующие факторы, влияющие на абсолютную величину осадки:

- подъем дна котлована в результате откопки грунта из котлована;
- зависимость деформационных и прочностных характеристик грунтов от напряженного состояния и длительности приложения нагрузок;
- учет коэффициента переуплотнения грунта;
- развитие осадки во времени;
- механическую анизотропию основания.

К факторам, влияющим главным образом на неравномерную осадку и крен, относятся:

- работа системы «основание—фундамент—сооружение» как единого целого;
- этапность и процесс строительства каркаса здания с оценкой влияния нелинейной работы каркаса;
- влияние ограждающей конструкции на НДС фундамента и конструкции сооружения;
- взаимовлияние между фундаментами высотного здания и окружающей застройки, в том числе при строительстве разноэтажных комплексов;
- случайная неоднородность грунта основания.

Проектирование надземных конструкций

Разд. 8.2 проекта свода правил посвящен проектированию и расчету конструкций несущего

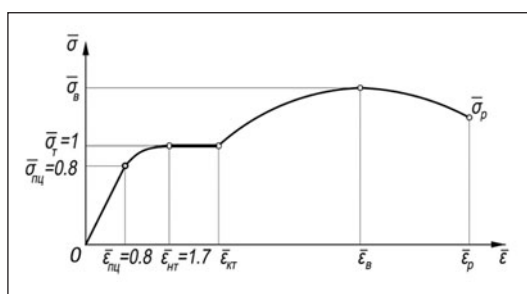
каркаса с применением железобетонных, стальных и сталежелезобетонных конструкций. Даны способы повышения пространственной жесткости конструктивных систем высотных зданий за счет применения, в частности:

- развитых в плане и симметрично расположенных диафрагм и ядер жесткости;
- коробчатых (оболочковых) конструктивных систем с несущими наружными стенами по всему контуру здания или часто установленными стальными колоннами;
- конструктивных систем с регулярным расположением несущих конструкций в плане и по высоте здания;
- жестких дисков перекрытий, объединяющих вертикальные несущие конструкции и выполняющих функции горизонтальных диафрагм жесткости при действии ветровых или сейсмических нагрузок;
- жестких узловых сопряжений между несущими конструкциями;
- аутригерных конструкций, которые, как правило, располагают в уровне технических этажей.

Даны требования к назначению материалов несущих конструкций. Например, для железобетонных конструкций колонн, пилонов, стен и ядер жесткости следует применять тяжелые бетоны классов по прочности при сжатии не менее:

- В35 — для зданий высотой от 75 до 150 м (включительно);
- В45 — для зданий высотой от 150 м до 200 м (включительно);
- В60 — для зданий высотой от 200 м до 250 м (включительно);
- В80 — для зданий высотой более 250 м.

В перекрытиях предложено применять легкие и тяжелые бетоны классов по прочности при сжатии не менее В30. В несущих наружных стенах допускает-



Обобщенная расчетная диаграмма работы сталей

ся применять ячеистые, легкие и тяжелые бетоны, в вертикальных конструкциях по высоте здания — различные классы бетона по прочности при сжатии.

Характеристики конструкционной стали, а также правила выбора материалов для несущих конструкций следует принимать согласно разделам 5 и 6 СП 16.13330, а сварных и болтовых соединений — согласно разд. 14 СП 16.13330. Материалы для стальных конструкций назначают в зависимости от группы конструкций по приложению В СП 16.13330, при этом для зданий высотой более 100 м номер группы конструкций уменьшают на единицу (для групп 2–4). Для элементов стальных конструкций, работающих в направлении, перпендикулярном плоскости проката, следует принимать категорию качества Z35 по ГОСТ 28870. Болтовые соединения

стальных конструкций (стыки колонн, балок, узлы сопряжения «балка–колонна», «балка–балка») следует проектировать в виде фрикционных с контролируемым натяжением болтов. Болты принимают в соответствии с ГОСТ Р 52643 и ГОСТ Р 52644 класса по прочности не менее 8.8 (рекомендуется 10.9) исполнения ХЛ с гайками класса по прочности не менее 8 (рекомендуется 10) и шайбами.

При расчетах конструкций с учетом нелинейной работы материала, когда необходимо учитывать пластические свойства стали (расчет на устойчивость к прогрессирующему обрушению, расчеты по первой группе предельных состояний), в качестве расчетной диаграммы работы стали предложена обобщенная расчетная диаграмма (см. рисунок) в обобщенных параметрах $\bar{\sigma} = \sigma/R_{уп}$ и $\bar{\varepsilon} = \varepsilon E/R_{уп} = \varepsilon/\varepsilon_{уп}$. Значения соответствующих координат характерных точек диаграммы следует принимать по табл. 2 (СТО АРСС 11251-254.001–2015 «Сталежелезобетонные конструкции. Правила проектирования»).

При проектировании несущих железобетонных конструкций с гибкой арматурой дополнитель-

2. К обобщенной диаграмме работы сталей (стали по ГОСТ 27772)

Параметры диаграммы	С245, С255	С285	С345, С345К, С375	С390	С440	С590, С590К
$\bar{\varepsilon}_{пц}$	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
$\bar{\sigma}_{пц}$	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
$\bar{\varepsilon}_{пц}$	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
$\bar{\sigma}_T$	1	1	1	1	1	1
$\bar{\varepsilon}_{кст}$	14	15	16	17	17	18
$\bar{\varepsilon}_B$	141,6	123	88,3	67,1	49,6	26,2
$\bar{\sigma}_B$	1,653	1,54	1,415	1,345	1,33	1,16
$\bar{\varepsilon}_p$	251	211	153	115	87,2	51,1
$\bar{\sigma}_p$	1,35	1,31	1,26	1,23	1,2	1,1

но к указаниям действующих нормативных документов следует принимать:

- для колонн — симметричное продольное армирование с расположением арматуры как у грани колонн, так и, в необходимых случаях, внутри колонн; минимальный размер поперечного сечения — 400 мм;
- для пилонов, стен и ядер жесткости — симметричную вертикальную и горизонтальную арматуру, расположенную у боковых граней стен; минимальная толщина пилонов — 250 мм, стен — 200 мм;
- для плит перекрытий — продольную арматуру у верхней и нижней граней плиты с обеспечением связи между ними посредством поперечной арматуры.

Диаметр продольной арматуры в несущих железобетонных конструкциях следует принимать не менее: для колонн — 20 мм, для стен, балок и плит перекрытий — 12 мм; толщину защитного слоя бетона рабочей гибкой арматуры — не менее диаметра арматуры и не менее 25 мм.

Проект свода правил предлагает использовать принцип «семьи сталей» при конструировании элементов колонн. Для вертикальных несущих элементов следует принимать стали повышенной и высокой прочности (С390, С440) для нижних этажей, низколегированные стали (С345) — для среднего уровня здания и стали обычной прочности (С255) — для верхних этажей здания.

При проектировании стыков стальных колонн предложено учитывать возможную переменную знака продольного усилия при локальном разрушении конструкций.

Усилие растяжения (при его наличии) следует определять по правилам расчета конструкций на особое сочетание при чрезвычайных ситуациях. Болтовое или сварное соединение элементов колонн следует рассчитывать от-

дельно на два вида условных нагрузок (кроме основного и особого сочетания):

- на усилие растяжения, равное 25 % от сжимающего усилия в стыке;
- на поперечную силу, равную 2 % от сжимающего усилия в стыке (независимо вдоль обеих главных осей поперечного сечения).

При проектировании стальных балок, направленных перпендикулярно к плоскости фасада, и их шарнирных узлов крепления к колоннам предложено дополнительно учитывать силу сжатия, которая передается на балки и узлы при ветровых воздействиях на фасад. Величина данной силы принимается по результатам пространственного расчета здания, но не менее 0,3 % от вертикального усилия в наружной колонне, к которой примыкает балка.

Расчет несущей конструктивной системы предложено производить в пространственной постановке с учетом совместной работы надземных и подземных конструкций, фундамента и основания под ним. Для зданий высотой более 100 м установлено, что следует выполнять параллельный расчет конструктивной системы высотного здания независимой организацией с применением сертифицированных программных комплексов, реализующих метод конечных элементов. Данный расчет выполняется при помощи программных комплексов, разработанных независимо от программных комплексов, используемых для основного расчета.

Для конструктивной системы высотных зданий предложено выполнять следующие расчеты:

- горизонтальных перемещений верха;
- форм собственных колебаний;
- устойчивости формы и устойчивости положения (опрокидывание и сдвиг);
- перекосов этажных ячеек;

- максимальной осадки, разности осадок и крена здания;
- прогибов плит перекрытий;
- ускорений колебаний перекрытий верхних этажей;
- усилий и перемещений, возникающих в основных несущих конструкциях, а также узлах их сопряжений по результатам общего расчета конструктивной системы, в том числе расчета на прогрессирующее обрушение, а также транспортных и монтажных нагрузок.

Для зданий, рассчитываемых на совместное воздействие вертикальных и горизонтальных нагрузок по недеформированной схеме, прогиб верха здания с учетом податливости основания рекомендуется принимать не более 0,001 высоты здания h . При больших значениях прогибов необходимо выполнить расчет по деформированной схеме. При этом значение прогиба здания не должно превышать 0,002 его высоты (h — строительная высота здания, равная расстоянию от верха фундамента до срединной плоскости плиты покрытия). Величина перекосов вертикальных ячеек не должна превышать $h_s/300$, где h_s — высота этажа, равная расстоянию между срединными плоскостями плит смежных этажей.

Впервые введены конкретные требования к расчету высотных зданий на устойчивость формы с различными материалами и устойчивости к опрокидыванию. Расчет на устойчивость формы и положения выполняют на действие расчетных постоянных, длительных и кратковременных нагрузок.

Коэффициент запаса по устойчивости формы, представляющий собой отношение расчетной величины нагрузки, при которой возникает возможность потери общей устойчивости здания, к величине эксплуатационной нагрузки на конструктивную

систему, должен быть не менее чем двукратным для зданий с железобетонным и сталежелезобетонным каркасом. Для высотных зданий со стальным каркасом коэффициент запаса по устойчивости формы должен быть не менее 1,3. При расчете устойчивости здания на опрокидывание следует рассматривать его конструктивную систему как жесткое недеформируемое тело с учетом деформаций основания. При расчете на опрокидывание удерживающий момент от вертикальной нагрузки должен превышать опрокидывающий момент от горизонтальной нагрузки с коэффициентом запаса 1,5. При этом необходимо учитывать наиболее неблагоприятные значения коэффициентов надежности по нагрузке.

В дополнение к требованиям СП 70.13330.2012 и стандартам на отдельные виды материалов и изделий представлены требования к изготовлению и монтажу конструкций. Так, при производстве бетонных смесей для высокопрочных бетонов (классов В60...В100) предложено применять: портландцементы марок ЦЕМ I 52,5 (ГОСТ 31108) и ПЦ 500-Д0 (ГОСТ 10178) с содержанием СЗА в клинкерной части в количестве не более 8 %, суперпластификаторы, соответствующие ГОСТ 24211, микрокремнезем, метакаолин, кислую золуноса, доменный гранулированный шлак, соответствующие ГОСТ Р 56592, или органо-минеральные модификаторы типа МБ, соответствующие ГОСТ Р

56178. Предельный расход портландцемента при производстве тяжелых бетонов классов до В100 включительно не должен превышать 550 кг/м³ в пересчете на клинкерную часть цемента.

Предложены уточненные требования к приемке смонтированных стальных колонн, в частности, предлагается вести контроль отклонений от совмещения рисок геометрических осей стальных колонн в верхнем и нижнем сечениях отправочных элементов с рисками разбивочных осей. Исполнительная геодезическая съемка должна содержать информацию по отклонениям каждого яруса колонн в указанных сечениях по двум главным осям поперечного сечения колонны. Отклонения от риски разбивочной оси в верхнем сечении стальных колонн не должны превышать при длине отправочных марок по любой из главных осей поперечного сечения колонны:

- до 4000 — 9 мм;
- свыше 4000 до 8000 — 11 мм;
- свыше 8000 до 16000 — 21 мм;
- свыше 16000 — 25 мм.

Отклонения от совмещения сечений стыкуемых стальных элементов не должны превышать: $i/18$ для колонн коробчатого сечения и двутаврового сечения в плоскости меньшей жесткости; $i/37$ — для колонн двутаврового сечения в плоскости большей жесткости.

В разд. 8.3 проекта свода правил представлены основные положения и правила расчета конструкций высотных зданий на прогрессирующее обрушение.

Выводы

1. Представленный на рассмотрение свод правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования» (проект, первая редакция) содержит требования к проектированию и расчету надземных конструкций, фундаментов и оснований для высотных зданий, проектируемых с использованием железобетонных, стальных и сталежелезобетонных конструкций.

2. Предложенные в проекте свода правил положения позволяют учесть опыт ведущих проектных и научно-исследовательских институтов в области проектирования высотных зданий и избежать разработки специальных технических условий для зданий высотой до 100 м. Для высотных зданий даны требования и рекомендации по изысканиям, проектированию и расчету конструкций.

3. Ввиду наличия существенного опыта по проектированию и строительству зданий высотой более 100 м в России, а также с учетом проведенной при разработке проекта свода правил научно-исследовательской работы представляется рациональным и обоснованным определять «уникальность» высотного здания, установленную Градостроительным кодексом РФ, и привязанную к нему классификацию сооружений по ГОСТ 27751, отсчитывать с высоты 150 м (вместо 100 м). Высотные здания высотой менее 150 м следует относить к зданиям нормального уровня ответственности.

Для цитирования: Травуш В. И., Зенин С. А., Конин Д. В., Назаров Ю. П., Одесский П. Д., Попов Н. А., Соколов Б. С., Шулятьев О. А., Шулятьев С. О. К общественному обсуждению глав нового свода правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования», посвященных проектированию несущих конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 3. С. 31–37.

For citation: Travush V. I., Zenin S. A., Konin D. V., Nazarov Ju. P., Odessky P. D., Popov N. A., Sokolov B. S., Shuljatiev O. A., Shuljatiev S. O. For public discussion of a new set of rules «High-rise buildings and complexes. Design rules», devoted to design of load-bearing structures. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2016, no. 3, pp. 31–37. (In Russian). ■