

Сәулет, қала құрылысы және құрылыс  
саласындағы мемлекеттік нормативтер  
**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ**  
**НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

---

Государственные нормативы в области  
архитектуры, градостроительства и строительства  
**НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**  
**РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

---

**СЕЙСМИКАҒА ТӨЗІМДІ ҒИМАРАТТАРДЫ**  
**ЖОБАЛАУ.**

**Азаматтық ғимараттарды жобалау.**  
**Жалпы талаптар бөлімі**

---

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЙСМОСТОЙКИХ**  
**ЗДАНИЙ**  
**Часть. Проектирование гражданских зданий.**  
**Общие требования**

**ҚР НТҚ 08-01.2-2012**  
**НТП РК 08-01.2-2012**

Ресми басылым  
Издание официальное

---

Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің  
Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер  
ресурстарын басқару комитеті

Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального  
хозяйства и управления земельными ресурсами  
Министерства национальной экономики Республики Казахстан

Астана 2015

## АЛҒЫ СӨЗ

- 1 **ӘЗІРЛЕГЕН:** «ҚазҒЗСТҚСИ» РМК
- 2 **ҰСЫНҒАН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы
- 3 **ҚАБЫЛДАНҒАН ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫСҚА ЕНГІЗІЛГЕН МЕРЗІМІ:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы № 156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап
- 4 **ОРНЫНА:**

## ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 **РАЗРАБОТАН:** РГП «КазНИИССА»
- 2 **ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3 **ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ:** Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства Национальной экономики Республики Казахстан от 29.12.2014 № 156-НҚ с 1 июля 2015 года
- 4 **ВЗАМЕН:**

Осы мемлекеттік нормативтік құжатты Қазақстан Республикасының сәулет, қала құрылысы және құрылыс істері жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органының рұқсатысыз ресми басылым ретінде толық немесе ішінара қайта басуға, көбейтуге және таратуға болмайды

Настоящий государственный нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения уполномоченного государственного органа РК по делам архитектуры, градостроительства и строительства

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	VI
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	1
1.1 Область применения.....	1
1.2 Цель Пособия .....	2
1.3 Указания по применению .....	2
1.4 Нормативные ссылки.....	4
1.5 Термины и определения .....	5
1.6 Символы, используемые в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в настоящем Пособии.....	9
1.7 Международная система единиц СИ .....	10
2 ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ.....	11
2.1 Общие сведения .....	11
2.2 Концептуальное проектирование.....	11
2.3 Принципы концептуального проектирования зданий в сейсмических зонах .....	12
2.3.1 Простота конструктивной системы.....	12
2.3.2 Однородность, симметричность и избыточность .....	13
2.3.3 Сопротивляемость и жесткость конструктивной системы в двух горизонтальных направлениях.....	15
2.3.4 Сопротивляемость и жесткость на кручение .....	17
2.3.5 Диафрагмальное поведение междуэтажных перекрытий.....	19
2.3.6 Фундамент, соответствующий параметрам здания .....	20
2.4 Первичные и вторичные элементы здания .....	21
3 КРИТЕРИИ РЕГУЛЯРНОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ.....	22
3.1 Общие положения.....	22
3.2 Критерии регулярности зданий в плане, принимаемые во внимание на этапе концептуального проектирования .....	23
3.2.1 Регулярные в плане здания .....	23
3.2.2 Умеренно нерегулярные в плане здания .....	27
3.2.3 Чрезмерно нерегулярные в плане здания.....	28
3.3 Критерии регулярности зданий по высоте, принимаемые во внимание на этапе концептуального проектирования .....	28
3.3.1 Регулярные по высоте здания.....	28
3.3.2 Умеренно нерегулярные по высоте здания.....	30
3.3.3 Чрезмерно нерегулярные по высоте здания.....	31
3.4 Проверки регулярности зданий по результатам общих расчетов.....	32
3.4.1 Проверка регулярности зданий в плане .....	32
3.4.2 Проверка регулярности зданий по высоте .....	34
4 КОЭФФИЦИЕНТЫ КОМБИНАЦИЙ, ПРИНИМАЕМЫЕ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЭФФЕКТОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ.....	35

5 КЛАССЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ .....	37
6 РАСЧЕТ ЗДАНИЙ.....	39
6.1 Выбор расчетной модели здания.....	39
6.2 Методы расчета.....	42
6.2.1 Общие сведения .....	42
6.2.2 Модально-спектральный метод определения расчетных сейсмических нагрузок.....	44
6.2.2.1 Общие положения .....	44
6.2.2.2 Эффекты случайного кручения здания в плане .....	46
6.2.2.3 Комбинации модальных реакций от одной компоненты сейсмического воздействия .....	48
6.2.2.4 Комбинации эффектов от разных компонент сейсмического воздействия ..	49
6.2.2.4.1 Комбинации эффектов от разных горизонтальных компонент сейсмического воздействия .....	49
6.2.2.4.2 Комбинации эффектов от горизонтальных и вертикальной компонент сейсмического воздействия .....	49
6.2.2.5 Определение перемещений.....	51
6.2.3 Сейсмические нагрузки на неконструктивные элементы .....	51
6.2.3.1 Общие сведения.....	51
6.2.3.2 Проверка .....	51
6.2.3.3 Коэффициенты ответственности .....	54
7 ПРОВЕРКИ БЕЗОПАСНОСТИ .....	55
7.1 Общие сведения .....	55
7.2 Критическое предельное состояние.....	55
7.2.1 Общие сведения .....	55
7.2.2 Условие сопротивляемости .....	55
7.2.3 Условия общей и локальной пластичности .....	56
7.2.4 Условие равновесия .....	58
7.2.5 Сопротивляемость горизонтальных диафрагм .....	58
7.2.6 Сопротивляемость фундаментов .....	59
7.2.7 Требование к антисейсмическим швам.....	60
7.3 Ограничение ущерба.....	60
7.3.1 Общие сведения .....	60
7.3.2 Ограничение межэтажного перекоса .....	61
7.4 Дополнительные требования для каркасов с заполнением из каменной кладки .....	63
7.4.1 Общие сведения .....	63
7.4.2 Требования и критерии .....	64
7.4.3 Нерегулярности, обусловленные заполнением из каменной кладки .....	64
7.4.3.1 Нерегулярность в плане .....	64
7.4.3.2 Нерегулярность по высоте .....	64
7.4.4 Ограничение повреждений заполнения .....	65
Приложение А .....	66

<i>(информационное)</i> .....	66
Правила определения центра жесткости, центра масс, радиуса кручения и радиуса инерции в плане здания.....	66
А.1 Общие сведения .....	66
А.2 Определение центра жесткости, центра масс, радиуса кручения и радиуса инерции каркасных зданий .....	67
Приложение Б.....	69
<i>(информационное)</i> .....	69
Общие сведения о нелинейных методах расчета .....	69
Б.1 Общие положения .....	69
Б.2 Простой нелинейный статический расчет .....	70
Приложение В.....	72
<i>(информационное)</i> .....	72
Примеры оценки регулярности зданий в плане по результатам общих расчетов .....	72
ПРИМЕР 1 Оценка регулярности трехэтажного здания.....	72
ПРИМЕР 2 Оценка регулярности трехэтажного здания, после изменения его конструктивной схемы .....	76
ПРИМЕР 3 Оценка регулярности девятиэтажного здания с ядром жесткости.....	78
ПРИМЕР 4 Оценка регулярности девятиэтажного здания с ядром жесткости после изменения его конструктивной схемы.....	82

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее нормативно-техническое Пособие (НТП) подготовлено Республиканским Государственным Предприятием «Казахский научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт сейсмостойкого строительства и архитектуры» (РГП «КазНИИССА»).

В настоящем нормативно-техническом Пособии содержатся:

- Принципы и Правила проектирования зданий в сейсмических зонах, приведенные в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и включенные в состав настоящего нормативно-технического Пособия без изменений;
- дополнительные положения, развивающие Правила проектирования зданий и сооружений в сейсмических зонах, приведенные в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012;
- альтернативные положения, не противоречащие Принципам проектирования зданий и сооружений в сейсмических зонах, приведенные в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012;
- информационные Приложения А и Б;
- примеры, иллюстрирующие практическое применение положений Раздела 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 при проектировании (информационное Приложение В).

При разработке настоящего нормативно-технического Пособия, помимо положений, содержащихся в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012, были учтены и использованы некоторые соответствующие положения:

- из других Разделов СП РК EN 1998-1:2004/2012 и других частей СП РК EN 1998;
- других СП РК EN;
- содержащиеся в современных нормативных документах Республики Казахстан и других стран;
- основанные на апробированных результатах исследований, выполненных РГП «КазНИИССА» и зарубежными организациями, специализирующимися в области сейсмостойкого строительства.

Номера пунктов Раздела 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012, текст которых идентичен пунктам настоящего Пособия, указаны в квадратных скобках рядом с номерами пунктов Пособия.

Номера пунктов Раздела 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012, текст которых частично использован в пунктах настоящего Пособия, указаны в квадратных скобках в конце соответствующего текста пунктов Пособия.

Номера пунктов других СП РК EN, в том числе и других Разделов СП РК EN 1998-1:2004/2012, на которые сделаны ссылки в настоящем Пособии, указаны в тексте соответствующих пунктов Пособия там, где они используются.

Настоящее нормативно-техническое Пособие предназначено для инженерно-технических работников проектных организаций, научных работников, заказчиков проектной продукции, преподавателей и студентов высших учебных заведений.

Настоящее нормативно-техническое Пособия вводится в действие для применения на добровольной основе в качестве нормативного документа Республики Казахстан.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ  
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РК

---

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ.  
ЧАСТЬ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ.  
ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

DESIGN OF STRUCTURES FOR EARTHQUAKE RESISTANCE.  
PART: DESIGN OF CIVIL BUILDINGS.  
GENERAL REQUIREMENTS

---

Дата введения - 2015-07-01

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1.1 Область применения

1.1.1 Настоящее нормативно-техническое Пособие (далее – Пособие или НТП) составлено в развитие положений Раздела 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 «Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 1. Общие правила, сейсмические воздействия и правила для зданий» – Раздел 4: Проектирование зданий.

ПРИМЕЧАНИЕ Раздел 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 содержит общие требования к проектированию зданий с учетом сейсмических воздействий и должен применяться совместно с Разделами 2, 3 и 5 – 9 СП РК EN 1998-1:2004/2012 [4.1.1(1)P].

1.1.2 Настоящее Пособие предназначено для использования:

- заказчиками проектной документации (например, для формулирования основных требований к сейсмостойкости зданий и сооружений);
- специалистами, осуществляющими проектирование зданий и сооружений;
- специалистами, осуществляющими контроль качества проектирования и строительства зданий и сооружений;
- соответствующими административными органами;
- научными работниками, преподавателями и студентами высших учебных заведений.

1.1.3 Настоящее Пособие следует применять при проектировании и строительстве зданий в соответствии с Принципами и Правилами, приведенными в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012.

1.1.4 Положениями настоящего Пособия следует руководствоваться:

- при выборе принципиальных конструктивно-планировочных решений зданий на стадии концептуального проектирования;
- при выборе расчетных моделей зданий и определении сейсмических воздействий;
- при проверке соответствия конструктивных решений зданий требованию по отсутствию разрушений и требованию по ограничению ущерба (см. 2.1 НТП РК 08-01.1-2012);
- при определении классов ответственности проектируемых зданий.

1.1.5 Положения настоящего Пособия не распространяются на здания:

- а) расположенные в зонах возможного проявления тектонических разломов на дневной поверхности;
- б) расположенные на площадках, для которых расчетные ускорения колебаний грунта, определенные с учетом грунтовых условий, превышают 0,6g;
- в) расположенные на площадках с грунтовыми отложениями, содержащими слой мощностью более 10 м, в пределах которого скорости распространения поперечных волн,  $v_{s30}$ , составляют менее 100 м/с;
- г) расположенные на площадках с грунтовыми отложениями, способными к разжижению;
- д) классифицированные как чрезмерно нерегулярные в плане и/или по высоте (см. Раздел 3);
- е) классифицированные как крутильно-податливые в плане (см. Раздел 3);
- ж) повреждения или разрушения которых способны вызвать чрезвычайные ситуации, выходящие за пределы объекта (например, на здания, предназначенные для изготовления и/или хранения химических и/или биологических материалов, попадание которых в окружающую среду может нанести ущерб здоровью людей и нарушить жизнедеятельность населения в постсейсмический период).

1.1.6 Проектирование зданий и конструкций, требования к которым не оговорены в СП РК EN 1998 и в настоящем Пособии, допускается осуществлять на основании специальных технических условий на проектирование, базирующихся на результатах специальных исследований.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Специальные технические условия на проектирование зданий, требования к характеристикам, свойствам, габаритам и конструктивным решениям которых в части обеспечения сейсмостойкости не оговорены в СП РК EN 1998 и в соответствующих Пособиях к ним, должны разрабатываться с привлечением научно-исследовательских и/или специализированных проектных организаций, аккредитованных уполномоченным государственным органом по делам архитектуры, градостроительства и строительства. Требования к содержанию, порядку согласования и утверждению специальных технических условий должны соответствовать положениям РДС 1.02-00-2012.

## **1.2 Цель Пособия**

1.2.1 Цель СП РК EN 1998 и настоящего Пособия – обеспечить, чтобы в случае землетрясений (см. 1.1.1(1)Р СП РК EN 1998-1:2004/2012):

- жизни людей были защищены;
- ущерб ограничен;
- сооружения, важные для защиты населения после сейсмических событий, сохранили свои эксплуатационные качества.

## **1.3 Указания по применению**

1.3.1 При проектировании зданий настоящее Пособие должно применяться совместно с Пособиями к Разделам 1-3 и 5-9 СП РК EN 1998-1:2004/2012 или, при отсутствии соответствующих Пособий, совместно с положениями СП РК EN 1998-1:2004/2012.



1.3.2 Цель проектирования, оговоренная в 1.2.1 настоящего Пособия, достигается соблюдением общих условий, изложенных в 1.3(2) СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011, и предпосылки, приведенной в 1.3(2)Р СП РК EN 1998-1:2004/2012 (см. также 1.3.2 и 1.3.3 НТП РК 08-01.1-2012).

1.3.3 Здания и их отдельные элементы, проектируемые в соответствии с положениями СП РК EN 1998-1:2004/2012 и настоящего Пособия, должны удовлетворять всем Принципам и Правилам, изложенным в СП РК EN 1990 – СП РК EN 1997, СП РК EN 1999 и в соответствующих Пособиях к ним, если иное не оговорено в СП РК EN 1998-1:2004/2012, в настоящем Пособии.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Принципы и Правила, приведенные в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и настоящем нормативно-техническом Пособии, являются общими для гражданских зданий вне зависимости от вида применяемых конструкционных материалов.

1.3.4 Настоящее Пособие, наряду с Принципами и Правилами, приведенными в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012, содержит:

- а) национально определенные параметры, необходимые для проектирования зданий в сейсмических зонах Республики Казахстан;
- б) дополнительные Правила, развивающие Принципы и Правила, приведенные в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012;
- в) альтернативные Правила, принятые взамен некоторых Правил, приведенных в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Дополнительные и альтернативные Правила, оговоренные в б) и в), базируются на результатах специальных исследований, соответствуют Принципам СП РК EN 1998-1:2004/2012 и, как минимум, равнозначны положениям СП РК EN 1998-1:2004/2012 в части обеспечения антисейсмической надежности проектируемых зданий и сооружений.

Номера пунктов настоящего Пособия, содержащих альтернативные Правила или Выражения, которые следует применять взамен Правил и Выражений СП РК EN 1998-1:2004/2012, указаны в Таблице 1.1.

**Таблица 1.1 – Пункты Пособия с альтернативными Правилами и Выражениями, которые следует применять взамен Правил и Выражений СП РК EN 1998-1:2004/2012**

Пункты СП РК EN 1998-1:2004/2012	Пункты Пособия
4.2.3.1(1)Р	3.1.2
4.2.3.1(5)Р	3.1.8
4.3.5.2(3)	6.2.3.2.3 и 6.2.3.2.4

1.3.5 При проектировании зданий допускается применять альтернативные правила расчета и проектирования, отличающиеся от Правил, содержащихся в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в настоящем Пособии, только при наличии доказательств их полного соответствия Принципам, приведенным в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012.

Эти доказательства должны базироваться на признанных научных принципах, апробированных технических решениях и обеспечивать зданиям надежность, как минимум, равнозначную, предусмотренной в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в настоящем Пособии.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Альтернативные правила, отличающиеся от правил настоящего Пособия, могут применяться только по согласованию с Заказчиком и с организацией, аккредитованной уполномоченным государственным органом по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан.

1.3.6 Если проекты зданий выполнены с применением Правил, отличающихся от Правил, приведенных в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012, то разработанные проекты, даже если они соответствуют Принципам, приведенным в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012, не могут рассматриваться, как полностью соответствующие требованиям Еврокодов (см. 1.4(5) СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011).

1.3.7 Положения документов, составляемых в развитие положений, содержащихся в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в настоящем Пособии (территориальных строительных норм, рекомендаций, стандартов, специальных технических условий и др.):

– не должны противоречить Принципам и Правилам, содержащимся в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и положениям настоящего Пособия;

– должны обеспечивать надежность зданий, как минимум, равнозначную надежности, предусмотренной в СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в Пособиях к нему;

– должны базироваться на обоснованных и признанных научных принципах и/или на апробированных и экспериментально проверенных технических решениях.

1.3.8 Специальные технические условия на проектирование зданий, требования к характеристикам, свойствам, габаритам и конструктивным решениям которых в части обеспечения сейсмостойкости не оговорены в СП РК EN 1998 и в соответствующих Пособиях к ним, должны разрабатываться с привлечением научно-исследовательских и/или специализированных проектных организаций, аккредитованных уполномоченным государственным органом по делам архитектуры, градостроительства и строительства.

Разработанные специальные технические условия должны носить адресный характер.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Требования к содержанию, порядку согласования и утверждению специальных технических условий должны соответствовать положениям РДС 1.02-00-2012.

1.3.9 При разработке новых конструктивных систем зданий, а также применения новых материалов, конструкций и изделий следует учитывать требование пункта 1.2.11 НТП РК-08-01.1-2012.

## **1.4 Нормативные ссылки**

В настоящем нормативно-техническом Пособии использованы ссылки на следующие нормативные документы и стандарты:

СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 Строительные нормы Республики Казахстан. Основы проектирования несущих конструкций.

СП РК EN 1991-1-1:2002/2011 Строительные нормы Республики Казахстан. Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-1. Удельный вес, постоянные и приложенные нагрузки на здания.

СП РК EN 1991-1-3:2003/2011 Строительные нормы Республики Казахстан. Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки.

СП РК EN 1992 (все части) Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование железобетонных конструкций.

СП РК EN 1993 (все части) Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование стальных конструкций.

СП РК EN 1994 (все части) Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование сталежелезобетонных конструкций.

СП РК EN 1995 (все части) Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование деревянных конструкций.

СП РК EN 1996 (все части) Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование каменных конструкций.

СП РК EN 1997-1:2004/2011 Строительные нормы Республики Казахстан. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила.

СП РК EN 1998-1:2004/2012 Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 1. Общие правила, сейсмические воздействия и правила для зданий.

СП РК EN 1998-3:2005/2013 Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 3. Оценка и реконструкция зданий.

СП РК EN 1998-4:2006/2013 Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 4. Бункеры, резервуары и трубопроводы.

СП РК EN 1998-5:2004/2013 Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 5. Фундаменты, подпорные конструкции и геотехнические аспекты.

НТП РК-08-01.1-2012 (к СП РК EN 1998-1:2004/2012) Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. Нормативно-техническое Пособие Республики Казахстан. Проектирование сейсмостойких зданий и сооружений. Часть. Общие положения. Сейсмические воздействия.

РДС 1.02-00-2012 Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. Руководящие документы в строительстве РК. Порядок разработки, согласования, утверждения и состав проектной документации на строительство

**ПРИМЕЧАНИЕ** При пользовании настоящим Пособием целесообразно проверить действие ссылочных документов по информационным «Перечню нормативных правовых и нормативно-технических актов в сфере архитектуры, градостроительства и строительства, действующих на территории Республики Казахстан», «Указателю нормативных документов по стандартизации Республики Казахстан и «Указателю межгосударственных нормативных документов», составляемых ежегодно по состоянию на текущий год. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим нормативом 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.

## **1.5 Термины и определения**

В настоящем нормативно-техническом Пособии применяются следующие термины и определения.

**1.5.1 Альтернативные положения:** Взаимоисключающие положения (требования, аналитические модели, правила и т.п.), не противоречащие Принципам СП РК EN 1998-1: 2004/2012 и обеспечивающие возможность выбора одного варианта решения из нескольких возможных.

**1.5.2 Аутригерная структура (балки/фермы аутригеры):** Система перекрещивающихся и/или опоясывающих балок/ферм, обычно применяемая в зданиях повышенной этажности каркасно-ствольных конструктивных систем для повышения их изгибной жесткости. Аутригерные структуры обычно располагаются в уровнях верхних или промежуточных технических этажей и жестко связаны со стволом конструктивной системы (ядром жесткости).

**1.5.3 Вторичные элементы:** Элементы, которые не рассматриваются как часть конструктивной системы, сопротивляющейся сейсмическому воздействию, прочностью и жесткостью которых, при расчетах на сейсмические воздействия пренебрегают.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для этих элементов не требуется соответствие всем правилам EN 1998, но они проектируются и конструируются таким образом, чтобы были способны выдерживать гравитационную нагрузку при перемещениях, соответствующих сейсмической расчетной ситуации.

**1.5.4 Входящий угол:** Угол, вершина которого обращена внутрь плана здания.

**1.5.5 Геометрически изменяемая система:** Система, элементы которой могут перемещаться под действием внешних сил без деформаций (механизм).

**1.5.6 Геометрически неизменяемая система:** Система, изменение формы которой возможно лишь в связи с деформациями ее элементов.

**1.5.7 Гибкие стены:** Узкие стены, в которых преобладают изгибные деформации.

**1.5.8 Главные направления здания (конструктивной системы):** В общем случае – это ортогональные направления, совпадающие с направлениями главных центральных осей инерции здания (конструктивной системы) в плане.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Главными центральными осями инерции называют оси, проходящие через центр тяжести сечения и относительно которых центробежный момент инерции равен нулю.

**1.5.9 Двойная система:** Конструктивная система, в которой вертикальные нагрузки воспринимаются главным образом пространственными рамами, а горизонтальным нагрузкам сопротивляются частично система рам и частично, связанные или несвязанные стены конструктивной системы.

**1.5.10 Двойная система эквивалентная рамной:** Двойная система, в которой сопротивление рам сдвигу составляет более 50 % от общего сопротивления сдвигу всей конструктивной системы.

**1.5.11 Двойная система эквивалентная стеновой:** Двойная система, в которой сопротивление стен сдвигу составляет более 50 % от общего сопротивления сдвигу всей конструктивной системы.

**1.5.12 Деформация:** Изменение взаимного положения частиц твердого тела, связанное с их перемещением относительно друг друга; иначе – изменение формы твердого тела под действием внешних или внутренних сил.

**1.5.13 Диафрагма:** Горизонтальная или почти горизонтальная конструкция (например, междуэтажное перекрытие), предназначенная для передачи горизонтальных нагрузок на вертикальные элементы, сопротивляющиеся сейсмическим воздействиям.

**1.5.14 Избыточность (или резервирование):** Свойство конструктивной системы перераспределять сейсмические нагрузки по резервным путям, альтернативным минимально необходимым.

**1.5.15 Конструктивная система:** Несущие элементы здания или инженерного сооружения, объединенные определенным способом для совместной работы.

**1.5.16 Концепция:** Генеральный замысел, руководящая идея.

**1.5.17 Комбинированная конструктивная система:** Конструктивная система, в которой сочетаются несколько типов вертикальных несущих элементов (плоскостных, стержневых, объемно-пространственных).

**1.5.18 Конструктивный элемент:** Физически различимая часть конструкции, например, колонна, балка, плита, фундаментная свая.

**1.5.19 Конфигурация здания:** Размер, форма и пропорции здания, а также его внутреннее конструктивно-планировочное решение.

**1.5.20 Конфигурация конструктивной системы:** Размер, форма и расположение вертикальных конструкций, обеспечивающих сопротивляемость конструктивной системы горизонтальным сейсмическим воздействиям.

**1.5.21 Концептуальное проектирование:** Начальная стадия проектирования, на которой принимаются конструктивно-планировочные решения, позволяющие зданиям и сооружениям соответствовать требованиям по отсутствию разрушений и по ограничению ущерба. Конструктивно-планировочные решения, принятые на уровне концептуального проектирования, предопределяют степень сейсмостойкости зданий и экономические затраты на их строительство.

**1.5.22 Крутильно-податливая система:** Двойная или стеновая система, не обладающая достаточной жесткостью на кручение.

**1.5.23 Неконструктивный (ненесущий) элемент:** Архитектурный, механический или электрический элемент, система или компонент, который из-за своей недостаточной прочности или принятого способа соединения с сооружением, не рассматривается при проектировании в качестве элемента, воспринимающего сейсмическую нагрузку, приходящуюся на конструктивную систему.

**1.5.24 Нерегулярная конструктивная система:** Конструктивная система, не соответствующая одному или нескольким условиям Подраздела 2.3 и Раздела 3 настоящего Пособия в части распределения жесткостей, масс, прочности и конфигурации.

**1.5.25 Общий расчет:** Определение в конструкции согласованных между собой величин сил, моментов и усилий, находящихся в равновесии с воздействиями на несущую конструкцию и зависящих от геометрических размеров, конструктивных решений и свойств материалов.

**1.5.26 Парциальная расчетная модель:** Расчетная модель локального участка здания.

**1.5.27 Перемещение (смещение):** Изменение местоположения тела в пространстве относительно выбранной системы отсчета. В рамках настоящего Пособия – это перемещение (смещение) конструктивной системы (или ее точек), вызванное сейсмической нагрузкой.

**1.5.28 Пластические деформации:** Это необратимые деформации тела, вызванные изменением напряжений и не исчезающие (полностью или частично) после окончания действия приложенных сил.

**1.5.29 Полярный (осевой) момент инерции массы:** Мера инертности тела во вращательном движении вокруг оси.

**1.5.30 Регулярная конструктивная система:** Конструктивная система, соответствующая всем условиям Подраздела 2.3 и Раздела 3 настоящего Пособия в части распределения жесткостей, масс, прочности и конфигурации.

**1.5.31 Сопrotивляемость:** В рамках настоящего Пособия – это показатель, характеризующий способность конструкции или конструктивного элемента противостоят статическим и динамическим (сейсмическим) нагрузкам.

**1.5.32 Статически неопределимая система:** Система, характеризующаяся наличием связей, выключение которых из работы здания или сооружения, не приводит к нарушению геометрической неизменяемости системы. Наличие этих связей обеспечивает зданиям и сооружениям дополнительные резервы прочности и жесткости.

**1.5.33 Статически определимая система:** Система, в которой число опорных реакций соответствует числу степеней свободы и величины опорных реакций можно определить из величин внешних нагрузок по принципу механического равновесия; все остальные системы, называют статически неопределимыми. В статически определимой конструктивной системе выход из строя какой-либо связи нарушает геометрическую неизменяемость системы.

**1.5.34 Стена-диафрагма:** Стена, предназначенная для восприятия горизонтальных нагрузок, параллельных стене. Стены-диафрагмы, как правило, вертикальны, но в некоторых случаях могут иметь наклон относительно вертикальной плоскости.

**1.5.35 Центр жесткостей:** Точка приложения внутренних сил упругости в данном сечении конструкции, по отношению к которой сечение под действием внешних сил совершает лишь поступательные движения.

**1.5.36 Центр масс:** Геометрическая точка, положение которой определяется распределением масс в системе и которая движется так, как двигалась бы материальная точка с массой, равной массе всей системы, совершающей под воздействием результирующей силы всех внешних сил лишь поступательное движение.

**1.5.37 Упругая деформация:** Это деформация тела, исчезающая после окончания действия приложенных сил.

**1.5.38 Уступ:** Часть строения (стены, перекрытия), отступающая от основной линии и образующая выемку или ступень.

**1.5.39 Уязвимость:** Показатель, характеризующий ожидаемую степень повреждений здания в результате сейсмических воздействий разной интенсивности.

**1.5.40 Эффекты второго рода:** В рамках настоящего Пособия под эффектами второго рода понимаются неблагоприятные эффекты, вызванные чрезмерными перемещениями конструктивной системы при сейсмических воздействиях (например, дополнительные вертикальные гравитационные нагрузки на колонны).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Прочие дополнительные термины и определения, которые приняты в настоящем нормативно-техническом Пособии к Разделу 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012, приведены в тексте там, где они используются.

### 1.6 Символы, используемые в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в настоящем Пособии

$d_e$  – перемещение точки конструктивной системы, определенное по результатам линейного расчета, основанном на расчетном спектре реакции;

$d_r$  – разность горизонтальных перемещений  $d_s$  верхнего и нижнего перекрытий рассматриваемого этажа;

$d_s$  – перемещение точки конструктивной системы, вызванное расчетным сейсмическим воздействием;

$d_{rs}$  – расчетный перекося этаж;

$E_d$  – расчетное значение эффектов воздействий;

$E_{di}$  – расчетное значение эффекта воздействия на зону или элемент  $i$  в сейсмической расчетной ситуации;

$E_E$  – эффект рассматриваемого сейсмического воздействия (усилие, перемещение и т.д.);

$E_{Edx}$  – эффекты воздействия от приложения сейсмического воздействия вдоль выбранной горизонтальной оси  $x$  сооружения;

$E_{Edy}$  – эффекты воздействия от приложения того же самого сейсмического воздействия вдоль ортогональной оси  $y$  сооружения;

$E_{Edz}$  – эффекты воздействия от приложения сейсмического воздействия вдоль вертикальной оси  $z$  сооружения;

$E_{Ek}$  – эффект сейсмического воздействия по  $k$ -й форме колебаний;

$E_{F,G}$  – эффект несейсмических воздействий, входящих в комбинацию воздействий для сейсмической расчетной ситуации;

$e_{ai}$  – случайный эксцентриситет массы этажа  $i$  от номинального положения;

$e_{ox}$  – расстояние между центром жесткости и центром массы по направлению  $x$ , являющееся нормалью к рассматриваемому направлению;

$F_a$  – горизонтальная сила, действующая на неконструктивный элемент;

$F_i$  – горизонтальная сила, действующая на  $i$ -й этаж;

$F_{ik}$  – расчетная сейсмическая нагрузка в рассматриваемом направлении здания, приложенная к точке  $i$  и соответствующая  $k$ -й форме собственных колебаний здания;

$G_{k,j}$  – характеристическое значение  $j$ -й постоянной нагрузки;

$g$  – ускорение силы тяжести ( $9,81 \text{ м/с}^2$ );

$h$  – высота этажа;

$L_i$  – размер перекрытия, перпендикулярный к направлению сейсмического воздействия;

$I_s$  – радиус инерции массы этажа в плане;

$M$  – масса этажа в рассматриваемом уровне;

$M_{ai}$  – крутящий момент, приложенный к  $i$ -му этажу относительно его вертикальной оси;

$m_j$  – масса здания отнесенная к точке  $j$  расчетной модели;

$m_{ki}$  – масса здания, сосредоточенная в  $i$ -й точке  $k$ -го уровня;

$n$  – количество этажей в здании;

$P_{tot}$  – полная гравитационная нагрузка на рассматриваемом этаже и над ним в сейсмической расчетной ситуации;

$Q_{k,i}$  – характеристическое значение  $i$ -й переменной нагрузки;

$q$  – коэффициент поведения;

$q_d$  – коэффициент поведения при перемещениях;

$R_d$  – расчетное сопротивление элемента;

$r_x$  – радиус кручения;

$S_d(T_k)$  – ордината расчетного спектра реакций на периоде  $T_k$ ;

$T_C$  – максимальное значение периода на постоянном участке графика спектральных ускорений;

$T_k$  – период колебаний здания по  $k$ -й форме;

$V_{tot}$  – суммарная сейсмическая поперечная сила в уровне этажа;

$\eta_{ik}$  – коэффициент, значения которого в рассматриваемой точке  $i$  зависят от формы деформирования здания при его собственных колебаниях по  $k$ -й форме и направления сейсмического воздействия;

$\theta$  – коэффициент чувствительности к перекосу этажа;

$\nu$  – коэффициент редукции, учитывающий более низкий период повторяемости сейсмических воздействий, соответствующих требованию ограничения повреждений;

$\zeta$  – коэффициент вязкого демпфирования (в процентах);

$\gamma_h$  – коэффициент, учитывающий высоту здания;

$\gamma_I$  – коэффициент ответственности здания;

$\gamma_{Rd}$  – коэффициент резерва прочности;

$\phi$  – коэффициент, учитывающий отсутствие жесткой связи между конструкцией и действующей на нее переменной нагрузкой;

$\psi_{Ei}$  – коэффициент сочетания для переменного воздействия  $i$ , используемый при определении эффектов расчетного сейсмического воздействия (вычисления масс здания, учитываемых при определении расчетных сейсмических нагрузок на здание).

ПРИМЕЧАНИЕ Прочие символы, принятые в настоящем Пособии к Разделу 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012, приведены и определены в тексте там, где они используются.

## 1.7 Международная система единиц СИ

1.5.1 Должны использоваться единицы СИ согласно ISO 1000.

1.5.2 При вычислениях рекомендуется применять следующие единицы измерений:

– силы и нагрузки:	кН, кН/м, кН/м <sup>2</sup>
– удельная масса (плотность):	кг/м <sup>3</sup> , т/м <sup>3</sup>
– масса:	кг, т
– удельный вес:	кН/м <sup>3</sup>
– напряжения и прочность:	Н/мм <sup>2</sup> (= МН/м <sup>2</sup> или МПа), кН/м <sup>2</sup> (= кПа)
– моменты (изгибающие, и т.д.):	кНм
– ускорение:	м/с <sup>2</sup> , g (= 9,81 м/с <sup>2</sup> )



## 2 ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ

### 2.1 Общие сведения

2.1.1 Способность здания сопротивляться сейсмическим воздействиям зависит:

- от конструктивно-планировочных решений здания в плане и по высоте;
- от соответствия параметров расчетного сейсмического воздействия расчетной сейсмической ситуации, грунтовым условиям площадки и классу ответственности проектируемого здания;
- от принятой концепции проектирования здания;

ПРИМЕЧАНИЕ Здания, возводимые в сейсмических зонах, могут проектироваться в соответствии с концепциями:

- а) о низкодиссипативном поведении конструкций;
- б) о диссипативном поведении конструкций.

В зависимости от принятой концепции проектирования здания будут обладать разными комбинациями прочности, способности к пластическому деформированию и к гистерезисному рассеиванию энергии. По способности к пластическому деформированию и гистерезисному рассеиванию энергии здания подразделяются на три класса:

- DCL (Ductility Classes Low) – класс низкой пластичности;
- DCM (Ductility Classes Medium) – класс средней пластичности;
- DCH (Ductility Classes High) – класс высокой пластичности.

Более подробные сведения о классах пластичности приведены в СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в Пособиях к Разделам 5 и 9 СП РК EN 1998-1:2004/2012.

- от соответствия принятой расчетной модели конструктивно-планировочным решениям здания, а также действительным условиям работы конструктивных элементов и грунтового основания;
- от соответствия конструктивных решений элементов здания результатам расчетов;
- от соблюдения нормативных требований при конструировании элементов здания;
- от качества строительства.

### 2.2 Концептуальное проектирование

2.2.1 Стадия концептуального проектирования – это начальная стадия проектирования, на которой принимаются конструктивно-планировочные решения, определяющие облик и конструктивную надежность здания.

ПРИМЕЧАНИЕ Способность зданий противостоять сейсмическим воздействиям в окончательном виде определяется результатами расчетов и детального конструирования, но именно на стадии концептуального проектирования формируются качественные основы сейсмостойкости зданий.

2.2.2 На стадии концептуального проектирования:

- осуществляется выбор типа конструктивной системы здания и материалов, используемых для выполнения конструктивных и неконструктивных элементов;
- определяются схемы расположения конструктивных и неконструктивных элементов и предварительно назначаются их геометрические размеры;

- оценивается конструктивная регулярность здания в плане и по высоте;
- выбирается концепция проектирования и класс пластичности (DCL, DCM или DCH), которому должны соответствовать конструктивные решения проектируемого здания.

ПРИМЕЧАНИЕ На стадии концептуального проектирования необходимо эффективное взаимодействие архитекторов, инженеров и заказчика, позволяющее выработать по всем рассматриваемым вопросам однозначные решения, не противоречащие требованиям норм или специальных адресных технических условий.

2.2.3 При концептуальном проектировании сейсмостойких зданий следует учитывать:

- а) функциональное назначение, условия эксплуатации, а также эстетическую и социальную значимость здания;
- б) сейсмическую опасность и инженерно-геологические условия площадок строительства (сейсмическую расчетную ситуацию);
- в) основные Принципы выбора конструктивно-планировочных решений зданий;
- г) нормативные ограничения на относительные и абсолютные размеры зданий в плане и по высоте (если таковые имеются).

2.2.4 [4.2.1(1)Р] Фактор сейсмической опасности следует принимать во внимание на ранних этапах концептуального проектирования зданий в сейсмических зонах. Это позволяет разрабатывать конструктивные системы, которые при приемлемых затратах будут соответствовать требованиям по отсутствию разрушений и по ограничению ущерба.

2.2.5 [4.2.1(2)] Основные Принципы, регулирующие стадию концептуального проектирования зданий в сейсмических зонах:

- простота конструктивной системы;
- однородность, симметричность и избыточность;
- сопротивляемость и жесткость в двух горизонтальных направлениях;
- сопротивляемость и жесткость на кручение в плане;
- адекватная жесткость междуэтажных перекрытий;
- адекватные конструктивные решения фундамента.

2.2.6 Подробное описание Принципов концептуального проектирования дано в подразделах 2.3.1 – 2.3.6.

## **2.3 Принципы концептуального проектирования зданий в сейсмических зонах**

### **2.3.1 Простота конструктивной системы**

2.3.1.1 [4.2.1.1(1)] Простота конструктивной системы, характеризующаяся наличием ясных и предсказуемых путей передачи сейсмических нагрузок, является важной целью, к которой следует стремиться при проектировании. Моделирование, расчет, задание размеров, конструирование и строительство простых конструктивных систем связаны с меньшей неопределенностью, и, следовательно, прогнозирование их поведения более надежно.

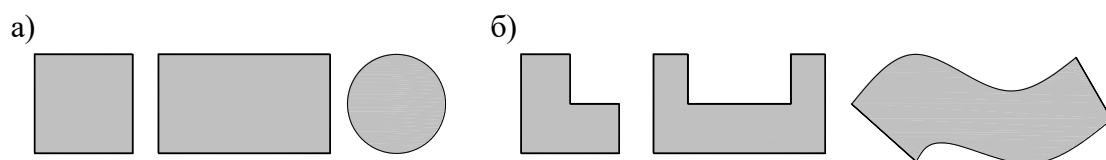
ПРИМЕЧАНИЕ Простота конструктивной системы позволяет применять для описания ее поведения при сейсмических воздействиях неосложненные расчетные модели и использовать при конструировании апробированные решения, формализованные в нормативных документах.

В СП РК EN 1998-1:2004/2012 проектирование и строительство зданий со сложными конструктивными системами в явном виде не запрещено, но следует учитывать, что сложные конструктивные системы, даже если они способны воспринимать расчетные сейсмические нагрузки, как правило, более уязвимы при реальных сейсмических событиях, чем простые конструктивные системы.

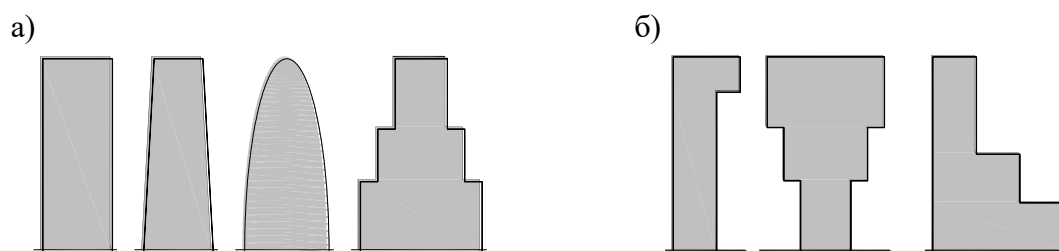
2.3.1.2 Простота конструктивной системы здания обеспечивается:

- выбором благоприятной конфигурации здания в плане и по высоте (Рисунки 2.1 и 2.2);
- формированием конструктивно-планировочных решений здания в соответствии с Принципами, изложенными в 2.3.2 – 2.3.5.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Выбор конфигурации здания в плане и по высоте (размера, формы, пропорций и планировочных решений) оказывает непосредственное влияние на выбор конфигурации конструктивной системы (размера, формы и расположения вертикальных конструкций), а соответственно и на ее способность сопротивляться сейсмическим воздействиям. Простая конфигурация зданий в плане и по высоте обеспечивает потенциальную основу для создания конструктивных систем с простой конфигурацией.



**Рисунок 2.1 – Конфигурации зданий в плане:**  
а) благоприятные и б) неблагоприятные



**Рисунок 2.2 – Конфигурации зданий по высоте:**  
а) благоприятные и б) неблагоприятные

### 2.3.2 Однородность, симметричность и избыточность

2.3.2.1 Однородность, симметричность и избыточность конструктивной системы являются, как правило, тесно взаимосвязанны с простотой конструктивной системы.

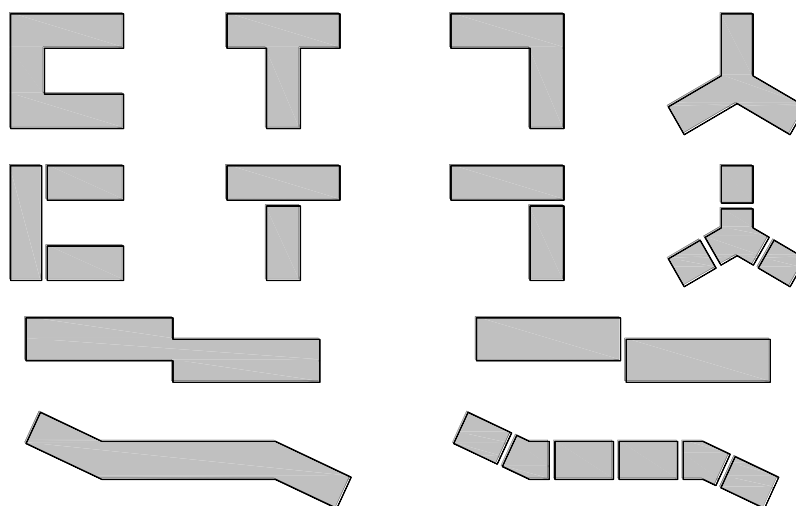
2.3.2.2 [4.2.1.2(1)] Однородность конструктивной системы здания в плане характеризуется равномерным расположением конструктивных элементов, обеспечивающим прямую и короткую передачу инерционных сил, возникающих в распределенных массах здания.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Однородная конструктивная система может быть образована однотипными вертикальными конструктивными элементами, выполненными из одинаковых конструкционных материалов, или содержать несколько типов вертикальных конструктивных элементов (например, стержневых и плоскостных), выполненных из одинаковых или разных конструкционных

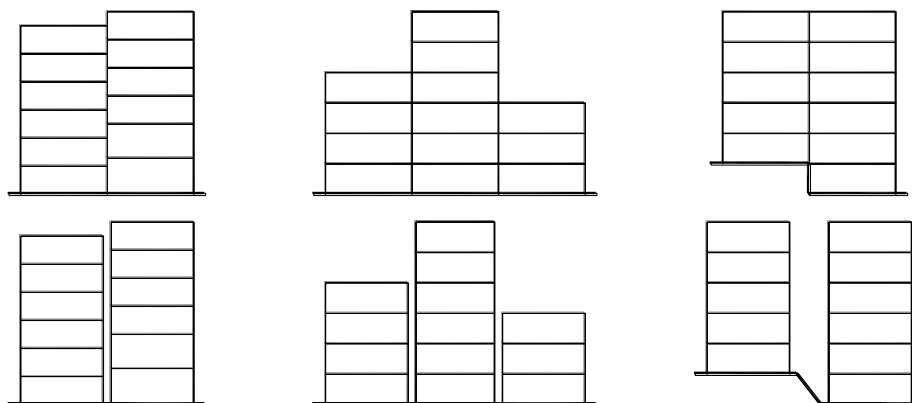
материалов. В рамках СП РК EN 1998-1:2004/2012 однородность конструктивной системы взаимосвязана именно с расположением ее элементов, а не с их типом.

2.3.2.3 [4.2.1.2(2)] Однородность конструктивной системы по высоте здания способствует предотвращению появления уязвимых зон, в которых концентрации напряжений или большие пластические деформации материала могут стать причиной преждевременного разрушения.

2.3.2.4 При необходимости однородность здания в плане и по высоте может быть достигнута путем его разделения антисейсмическими швами на динамически независимые отсеки (см. Рисунки 2.3 и 2.4). Антисейсмические швы не должны допускать соударений смежных отсеков [4.2.1.2(1)]. Подробнее о требованиях к антисейсмическим швам в 7.2.7.



**Рисунок 2.3 – Примеры разделения зданий со сложными конфигурациями в плане на динамически независимые отсеки**



**Рисунок 2.4 – Примеры разделения зданий со сложными конфигурациями по высоте на динамически независимые отсеки**

2.3.2.5 [4.2.1.2(3)] Близкие закономерности в распределениях масс, сопротивлений и жесткостей в плане здания устраняют значительные величины эксцентриситетов между центрами масс и жесткостей.

2.3.2.6 [4.2.1.2(4)] Если конфигурация здания в плане является симметричной или квазисимметричной, то для достижения однородности целесообразно принимать симметричное и равномерное распределение элементов в плане.

2.3.2.7 Конструктивную систему здания с несимметричной конфигурацией плана и/или с несимметричным расположением жесткостей и/или масс в плане, рекомендуется проектировать таким образом, что бы ее динамическая реакция соответствовала критериям, установленным для конструктивных систем с симметричным распределением жесткостей и масс (см. 3.4).

ПРИМЕЧАНИЕ В здании с несимметричной конфигурацией плана и/или с несимметричным расположением жесткостей и/или масс значения эксцентриситетов между центрами масс и жесткостей могут быть сведены к приемлемому минимуму путем выбора соответствующей компоновочной схемы расположения вертикальных конструкций и их жесткостей (см. Приложение В).

2.3.2.8 При оценке однородности зданий в плане и по высоте, помимо расположения вертикальных конструктивных элементов, воспринимающих сейсмические нагрузки, следует учитывать:

- расположение неконструктивных элементов, способных повлиять на работу конструктивных систем при сейсмических воздействиях (например, перегородок и стеновых заполнений);

- однородность междуэтажных перекрытий (покрытий) и их соответствие положениям 2.3.5 в части обеспечения совместного сопротивления вертикальных конструкций сейсмическим воздействиям.

2.3.2.9 [4.2.1.2(5)] Равномерное распределение конструктивных и неконструктивных элементов в плане и по высоте здания повышает резервы прочности сооружения (избыточность), а также обеспечивает более благоприятное перераспределение эффектов воздействий и диссипацию энергии по всему сооружению.

2.3.2.10 Избыточность конструктивной системы в первую очередь связана с ее способностью к обеспечению альтернативных путей передачи сейсмических нагрузок после выхода из строя любого элемента. В этом отношении наиболее предпочтительны конструктивные системы с высокой степенью статической неопределимости.

### **2.3.3 Сопротивляемость и жесткость конструктивной системы в двух горизонтальных направлениях**

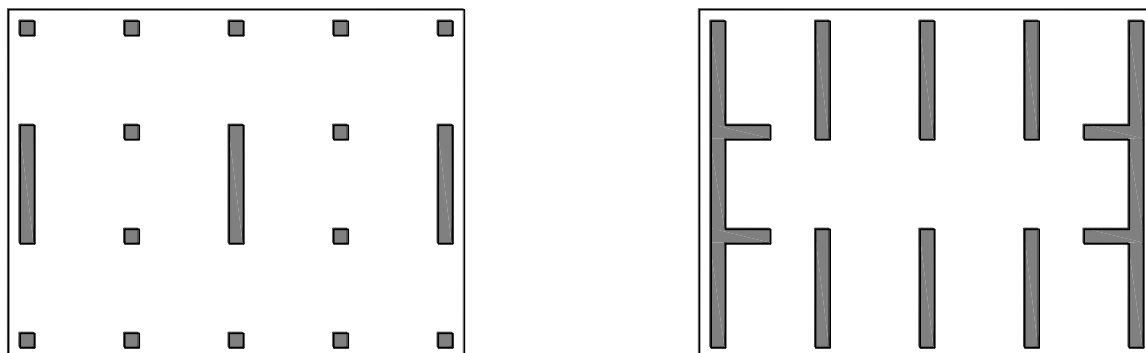
2.3.3.1 [4.2.1.3(1)P] Горизонтальные сейсмические движения являются двунаправленными в плане и следовательно конструктивная система здания должна быть способна противостоять горизонтальным воздействиям в любом направлении.

2.3.3.2 [4.2.1.3(2)] Для выполнения 2.3.3.1 вертикальные конструктивные элементы должны быть ориентированы в ортогональных направлениях в плане здания, обеспечивая близкие сопротивляемости и характеристики жесткости конструктивной системы в обоих главных направлениях.

ПРИМЕЧАНИЕ Ориентация вертикальных конструктивных элементов по ортогональным в плане здания направлениям является наиболее простым способом обеспечения способности конструктивной системы противостоять горизонтальным сейсмическим воздействиям в любом направлении.

Конструктивные системы сейсмостойких зданий, в которых конструктивные элементы ориентированы в плане здания в ортогональных направлениях, но имеют существенно разные сопротивляемости и жесткости по каждому из направлений, следует рассматривать как системы,

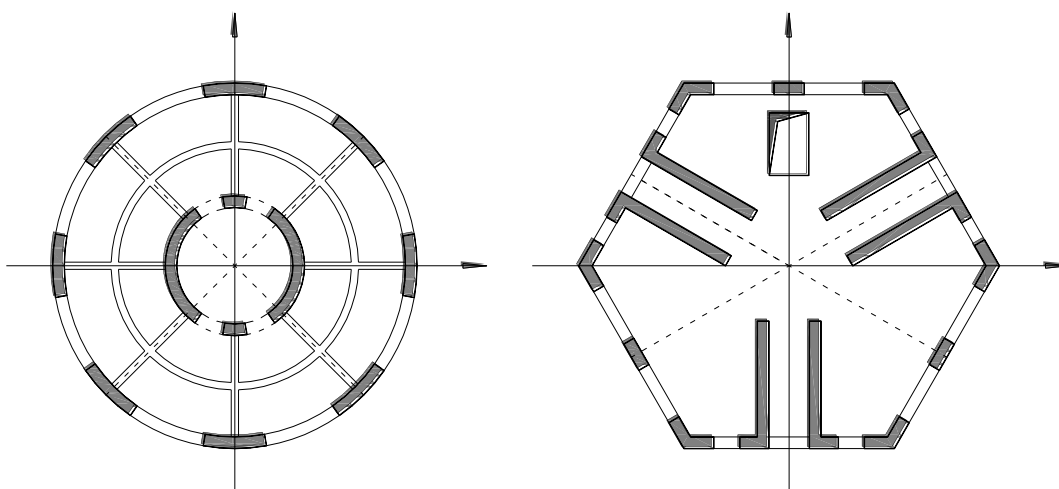
не удовлетворяющие требованию 2.3.3.1. Примеры конструктивных систем с ортогональной ориентацией вертикальных конструктивных элементов в плане, но с существенно разной горизонтальной жесткостью и сопротивляемостью сейсмическим воздействиям в главных ортогональных направлениях показаны на Рисунке 2.5.



**Рисунок 2.5 – Примеры конструктивных систем с ортогональной ориентацией вертикальных конструктивных элементов в плане, но разной горизонтальной жесткостью и сопротивляемостью сейсмическим воздействиям в главных ортогональных направлениях**

2.3.3.3 Конструктивные системы, в которых вертикальные конструктивные элементы ориентированы не в ортогональных направлениях в плане здания, также могут рассматриваться как соответствующие положению 2.3.3.1, если эти системы обладают примерно одинаковой жесткостью и сопротивляемостью в любом направлении.

**ПРИМЕЧАНИЕ** На Рисунке 2.6 показаны конструктивные системы, имеющие в плане форму окружности и правильного шестиугольника, в которых вертикальные конструктивные элементы ориентированы по направлениям геометрических осей симметрии. Такие и подобные им конструктивные системы, хотя и характеризуются более сложным поведением при сейсмических воздействиях, чем системы с ортогональным расположением вертикальных конструктивных элементов, и нуждаются в более сложных расчетных моделях для оценки сейсмостойкости, следует считать соответствующими положению 2.3.3.1.



**Рисунок 2.6 – Примеры конструктивных систем, имеющих близкие жесткости и сопротивляемости в главных ортогональных направлениях при конфигурациях в плане в виде окружности и правильного шестиугольника**

2.3.3.4 [4.2.1.3(3)] При выборе характеристик жесткости здания, помимо стремления минимизировать эффекты сейсмического воздействия (исходя из специфических особенностей площадки), следует принимать во внимание необходимость ограничения его чрезмерных перемещений, способных привести к неустойчивости конструктивной системы вследствие эффектов второго рода, либо к ее чрезмерным повреждениям.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Здания с высокой горизонтальной жесткостью, как правило, подвергаются при землетрясениях более интенсивным сейсмическим нагрузкам, чем здания с низкой горизонтальной жесткостью, но более эффективны в части ограничения чрезмерных перемещений, способных вызвать обширные повреждения неконструктивных элементов.

Кроме того, здания с высокой горизонтальной жесткостью в меньшей степени подвержены эффектам второго рода.

Для уменьшения повреждений неконструктивных элементов зданий при землетрясениях в СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в настоящем Пособии предусмотрены соответствующие проверки безопасности, основанные на ограничениях величин перекосов этажей (см. 7.3.2).

### 2.3.4 Сопrotивляемость и жесткость на кручение

2.3.4.1 [4.2.1.4(1)] Помимо сопротивляемости и жесткости в поперечных направлениях, здания должны обладать адекватными сопротивляемостью и жесткостью на кручение, способными ограничить крутильные колебания, которые, как правило, увеличивают неравномерность нагружения разных конструктивных элементов.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Крутильные колебания здания в плане при сейсмических воздействиях могут быть обусловлены рядом причин:

- а) эксцентриситетами между центрами масс и жесткостей в плане здания, из-за несбалансированного распределения масс и жесткостей;
- б) неоднородными деформациями фундаментов и/или грунтового основания здания;
- в) отрывами фундаментов от основания при качательных колебаниях здания;
- г) неравномерностью поля сейсмических колебаний основания.

2.3.4.2 Следует принимать во внимание, что при сейсмических воздействиях, в силу различного рода несовершенств и особенностей сейсмических воздействий, даже симметрично расположенные однотипные элементы конструктивной системы с симметричной конфигурацией и симметричным распределением масс и жесткостей в плане, могут получать повреждения различной интенсивности. Как следствие, в процессе сейсмических воздействий симметричная конструктивная система может преобразоваться в асимметричную систему. По этим причинам эффекты крутильных колебаний могут оказаться значительными не только для зданий с несимметричной конфигурацией в плане, но и для зданий с симметричной конфигурацией.

Примеры конструктивных систем со сбалансированным распределением масс и жесткостей относительно горизонтальных ортогональных осей, но с разными способностями сопротивляться крутильным колебаниям в плане, показаны на Рисунке 2.7.

Примеры конструктивных систем с простой формой в плане, но с несбалансированным распределением масс и жесткостей, значительно увеличивающим крутильные колебания здания показаны на Рисунке 2.8.

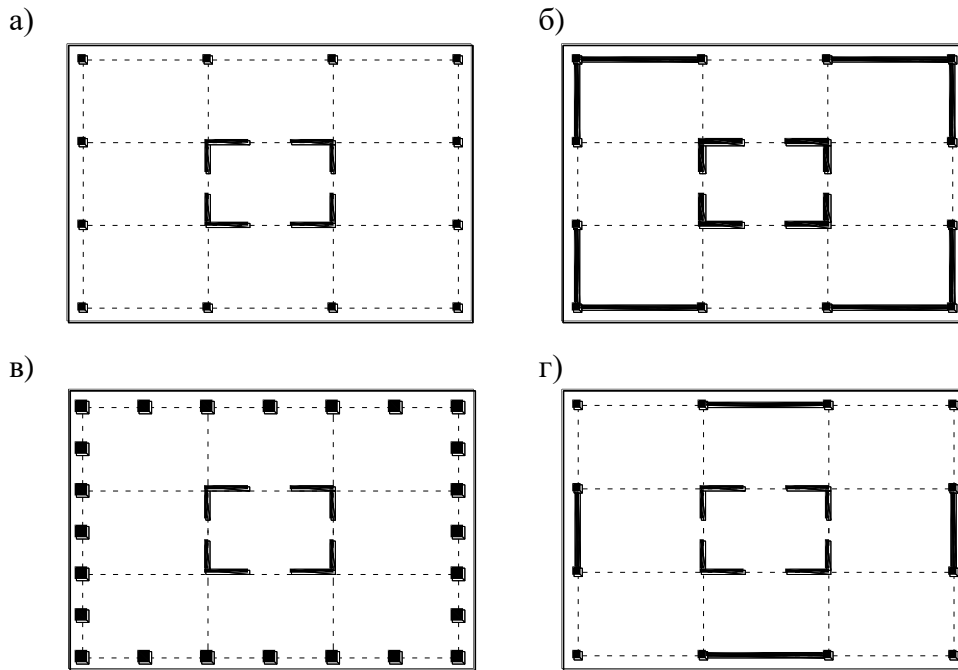


Рисунок 2.7 – Примеры симметричных в плане конструктивных систем с низкой а) и высокой б), в), г) сопротивляемостью кручению в плане

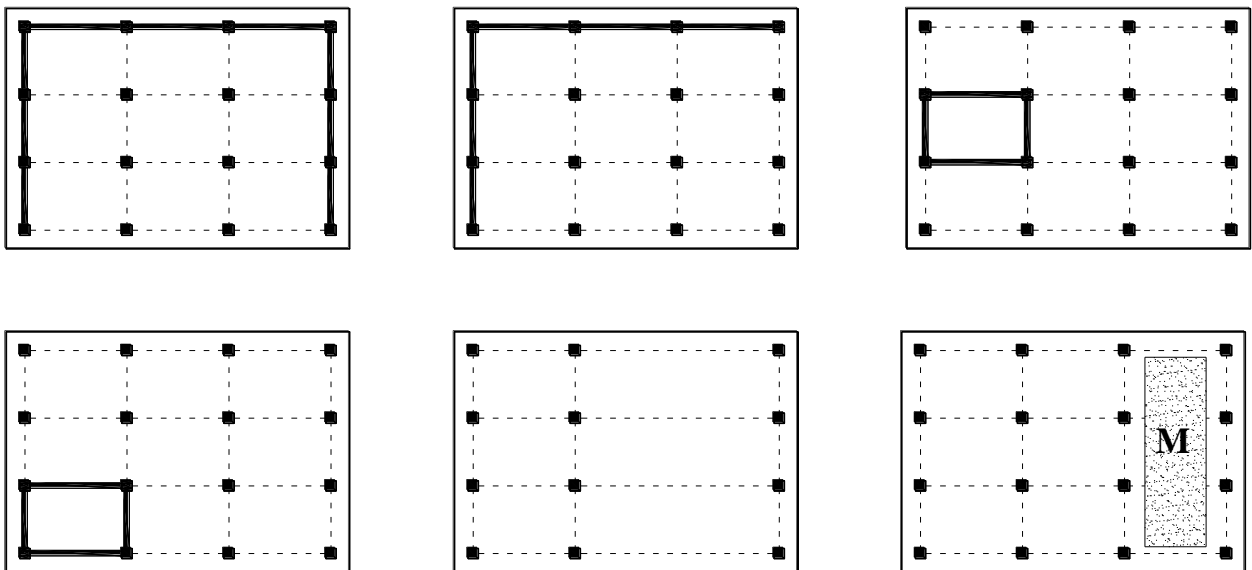


Рисунок 2.8 – Примеры конструктивных систем с несбалансированным распределением жесткостей и/или масс (М) в плане

2.3.4.3 Для ограничения крутильных колебаний зданий в плане рекомендуется:

- а) применять конструктивно-планировочные решения, характеризующиеся сбалансированным распределением масс и жесткостей в плане здания и/или позволяющие свести к минимуму эксцентриситеты между центрами масс и жесткостей;
- б) применять конструктивно-планировочные решения, в которых вертикальные конструктивные элементы в конструктивной системе, сопротивляющейся сейсмическим воздействиям, размещены близко к периметру здания [4.2.1.4(1)];



в) не применять, по возможности, конструктивно-планировочные решения, при которых существенные части массы здания сосредоточены на его краевых участках в плане (асимметрично или симметрично);

г) ограничивать протяженность зданий в плане (см. 3.2.1.2.4).

### 2.3.5 Диафрагмальное поведение междуэтажных перекрытий

2.3.5.1 [4.2.1.5(1)] Междуэтажные перекрытия (включая покрытия) оказывают большое влияние на поведение зданий при сейсмических воздействиях. Они выступают в качестве горизонтальных диафрагм жесткости, которые собирают и передают инерционные силы на вертикальные конструкции и обеспечивают совместное сопротивление вертикальных конструкций горизонтальным сейсмическим воздействиям.

2.3.5.2 [4.2.1.5(2)] Системы перекрытий и покрытий должны иметь адекватные жесткости и сопротивляемости в своей плоскости, а также эффективные связи с вертикальными конструкциями.

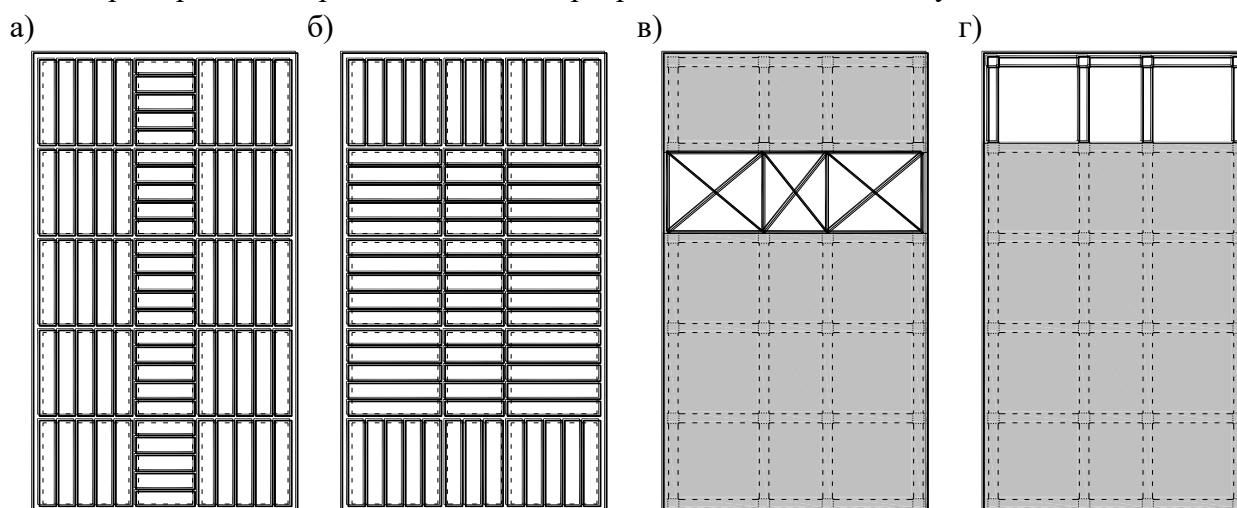
2.3.5.3 [4.2.1.5(3)] Горизонтальные диафрагмы должны обладать жесткостью в своей плоскости, достаточной для передачи горизонтальных инерционных сил вертикальным конструкциям в соответствии с результатами расчета.

2.3.5.4 Для обеспечения совместного сопротивления вертикальных конструкций горизонтальным воздействиям, перекрытия, по возможности, должны быть однородными в плане.

К однородным в плане перекрытиям не следует относить:

- сборные перекрытия с разными направлениями раскладки пустотных плит;
- перекрытия, ослабленные большими проемами;
- перекрытия с податливыми участками или проемами, способными нарушить совместное сопротивление вертикальных конструкций сейсмическим воздействиям.

Примеры неоднородных в плане перекрытий показаны на Рисунке 2.9.



- а), б) – сборные перекрытия с разными направлениями раскладки плит в плане;  
в), г) – перекрытия с податливыми участками и проемами, способными нарушить совместное сопротивление вертикальных конструкций сейсмическим воздействиям.

**Рисунок 2.9 – Примеры неоднородных в плане перекрытий**

- 2.3.5.5 Работа перекрытий как горизонтальных диафрагм жесткости особенно важна:
- для зданий со сложной и неоднородной компоновкой вертикальных конструкций в плане [4.2.1.5(1)];
  - в случаях использования вертикальных конструкций с разными характеристиками горизонтальной жесткости (например, в двойных или смешанных конструктивных системах) [4.2.1.5(1)];
  - для зданий с некомпактными или с очень протяженными в плане формами [4.2.1.5(2)];
  - для перекрытий с проемами в плане, особенно, если эти проемы расположены в близости от основных вертикальных конструктивных элементов, что затрудняет эффективную связь между вертикальными и горизонтальными конструкциями [4.2.1.5(2)];
  - для зданий, в которых вертикальные элементы, расположенные выше или ниже горизонтальных диафрагм, имеют существенно разные жесткости или взаимно смещены [4.2.1.5(3)].

### 2.3.6 Фундамент, соответствующий параметрам здания

2.3.6.1 Правильный выбор конструктивных решений фундаментов имеет первостепенное значения для обеспечения сейсмостойкости здания и его ремонтпригодности после сейсмического события.

ПРИМЕЧАНИЕ Значительные повреждения фундаментов нарушают способность зданий эффективно сопротивляться сейсмическим воздействиям. Устранение повреждений фундаментов, как правило, трудоемко и сопряжено с большими экономическими затратами.

2.3.6.2 При проектировании фундаментов зданий следует соблюдать положения СП РК EN 1997-1:2004/2011, СП РК EN 1998-5:2004/2013, положения 2.2.4.2 НТП 08-01.1-2012, специальные требования других Пособий, разработанных в развитие Разделов 5–10 СП РК EN 1998-1:2004/2012, а также положения нижеследующих пунктов.

2.3.6.3 [4.2.1.6(1)Р] Расчет и конструирование фундаментов и их соединений с надфундаментным строением должны гарантировать, что все здание будет подвержено равномерному сейсмическому возмущению.

2.3.6.4 Фундаменты должны обладать жесткостью, достаточной для передачи сейсмических воздействий на вышерасположенную часть здания без различного рода неблагоприятных локальных эффектов. Например, несинфазных горизонтальных и/или вертикальных перемещений отдельных опор зданий.

2.3.6.5 [4.2.1.6(2)] Для зданий, конструктивные системы которых представлены дискретным количеством несущих стен, отличающихся по ширине и жесткости, в общем случае, следует выбирать жесткий фундамент коробчатого или кессонного типа, содержащий фундаментную плиту и плиту покрытия.

2.3.6.6 [4.2.1.6(3)] Отдельно расположенные элементы фундаментов (столбчатые или свайные) рекомендуется объединять фундаментными плитами или связевыми балками, расположенными между этими элементами в обоих главных направлениях и подпадающими под критерии и правила пункта 5.4.1.2 СП РК EN 1998-5:2004/2013.

## 2.4 Первичные и вторичные элементы здания

2.4.1 [4.2.2(1)P] Определенное количество элементов конструктивных систем (например, балок и/или колонн) можно рассматривать как "вторичные" элементы, не являющиеся частью конструктивной системы, обеспечивающей восприятие сейсмических воздействий. Прочностью и жесткостью этих элементов при расчетах на сейсмические воздействия можно пренебречь и они могут не соответствовать требованиям Разделов 5–9 СП РК EN 1998-1:2004/2012. Тем не менее, эти элементы и их соединения должны быть рассчитаны и сконструированы таким образом, чтобы были способны выдерживать гравитационные нагрузки при смещениях, вызванных самыми неблагоприятными расчетными сейсмическими воздействиями. При проектировании этих элементов следует должным образом учитывать эффекты второго рода (P-Δ эффекты).

2.4.2 [4.2.2(2)] Правила расчета и конструирования вторичных элементов, дополняющие положения СП РК EN 1992, СП РК EN 1993, СП РК EN 1994, СП РК EN 1995 и СП РК EN 1996, содержатся в Разделах 5 – 9 СП РК EN 1998-1:2004/2012.

2.4.3 [4.2.2(3)] Все конструктивные элементы здания, не выделенные в качестве вторичных элементов, следует рассматривать как первичные элементы. Они являются частью конструктивной системы сопротивляющейся горизонтальным нагрузкам и должны моделироваться при расчете здания в соответствии с Разделом 6. Расчет и конструирование первичных элементов, сопротивляющихся сейсмическим воздействиям, следует осуществлять в соответствии с требованиями Разделов 5 – 9 СП РК EN 1998-1:2004/2012.

2.4.4 [4.2.2(4)] Общая горизонтальная жесткость всех вторичных элементов не должна превышать 15 % от общей горизонтальной жесткости всех первичных элементов в рассматриваемом направлении.

2.4.5 Классификацию вертикальных несущих элементов (колонн и стен) конструктивных систем на первичные и вторичные рекомендуется применять при количественной оценке сейсмостойкости зданий существующей застройки и разработке проектов их усиления или восстановления.

2.4.6 [4.2.2(5)] Назначение некоторых конструктивных элементов здания вторичными элементами не позволяет изменять классификацию здания с нерегулярной на регулярную, соответствующую описанию в Разделе 3.

### 3 КРИТЕРИИ РЕГУЛЯРНОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ

#### 3.1 Общие положения

3.1.1 Конструктивные системы зданий, проектируемых для строительства в сейсмических зонах, классифицируются в 4.2.3.1(1)Р СП РК EN 1998-1:2004/2012 на регулярные и нерегулярные.

3.1.2 В настоящем Пособии принята альтернативная классификация конструктивных систем зданий.

Согласно принятой классификации конструктивные системы зданий подразделяются на регулярные, умеренно нерегулярные и чрезмерно нерегулярные.

3.1.3 Различия между регулярными, умеренно нерегулярными и чрезмерно нерегулярными конструктивными системами зданий имеют значение для аспектов проектирования, связанных с выбором:

а) расчетной модели здания, которая в зависимости от классификации здания по регулярности может быть представлена в упрощенном плоском виде или в пространственном виде [4.2.3.1(2)];

б) методики определения расчетных сейсмических нагрузок, которая может основываться на упрощенном подходе (на методе поперечных сил) или на модально-спектральном анализе [4.2.3.1(2)];

в) значения коэффициента поведения  $q$ , которое должно быть уменьшено:

- для нерегулярных в плане конструктивных систем;
- для нерегулярных по высоте конструктивных систем;
- для конструктивных систем с недостаточной жесткостью на кручение.

3.1.4 В случае применения для расчета здания пространственной расчетной модели и модально-спектрального метода различия между регулярными, умеренно нерегулярными и чрезмерно нерегулярными конструктивными системами имеет значение только для аспектов проектирования, связанных с выбором значения коэффициента поведения  $q$ .

**ПРИМЕЧАНИЕ** Значения коэффициента поведения  $q$ , принимаемые в зависимости от регулярности конструктивных систем, даны в соответствующих Пособиях к СП РК EN 1998-1:2004/2012 или, при отсутствии Пособий, в соответствующих Разделах СП РК EN 1998-1:2004/2012.

3.1.5 Критерии, в соответствии с которыми следует оценивать регулярность зданий в плане и по высоте, даны в 3.2, 3.3 и 3.4. Правила моделирования и расчета зданий даны в Разделе 6 [4.2.3.1(4)].

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для зданий, состоящих из более чем одного динамически независимого отсека, классификация и соответствующие критерии, приведенные в 3.2, 3.3 и 3.4, относятся к динамически независимым отсекам. Для таких зданий под термином «здание» подразумевается «отдельный динамически независимый отсек».

3.1.6 Критерии, приведенные в 3.2 и 3.3, соответствуют положениям СП РК EN 1998-1:2004/2012. Эти критерии следует принимать во внимание на стадии концептуального проектирования зданий.

3.1.7 Критерии регулярности, приведенные в 3.4, являются альтернативными критериям СП РК EN 1998-1:2004/2012 и позволяют оценивать регулярность зданий по результатам их общего расчета.

3.1.8 Согласно положениям СП РК EN 1998-1:2004/2012 критерии регулярности конструктивных систем должны восприниматься как необходимые условия [4.2.3.1(5)P].

3.1.9 Должно быть проверено, что принятая оценка регулярности здания не ухудшается другими характеристиками, не включенными в эти критерии [4.2.3.1(5)P].

3.1.10 Если оценка регулярности здания в плане и/или по высоте, принятая на стадии концептуального проектирования, отличается от оценки, принятой по результатам общего расчета, то при определении значений коэффициента поведения  $q$  следует принимать во внимание наиболее неблагоприятную оценку.

3.1.11 Если установлено, что конструктивная система здания, является чрезмерно нерегулярной в плане и/или по высоте, то она подлежат пересмотру и приведению в соответствие с критериями для регулярных или умеренно нерегулярных зданий. В ином случае проектирование таких зданий следует осуществлять по специальным техническим условиям и при участии научно-исследовательских организаций специализирующихся в области сейсмостойкого строительства.

3.1.12 [4.2.3.1(3)P] При расчете и проектировании зданий показатели их конструктивной регулярности в плане и по высоте рассматриваются независимо.

3.1.13 [4.3.3.5.1(4)] Если конструктивная система здания или классификации его регулярности по высоте различаются по разным горизонтальным направлениям, то значения коэффициента поведения  $q$  тоже могут быть различными.

3.1.14 Значение коэффициента поведения  $q$  может быть различным для разных горизонтальных направлений здания, но класс пластичности конструктивной системы должен быть одинаковым во всех направлениях [3.2.2.5(3)P] .

3.1.15 Для зданий с конструктивными системами, различающимися по разным главным горизонтальным направлениям, следует соблюдать положения пункта 2.3.3.2 настоящего Пособия.

## **3.2 Критерии регулярности зданий в плане, принимаемые во внимание на этапе концептуального проектирования**

### **3.2.1 Регулярные в плане здания**

3.2.1.1 Здание, классифицированное как регулярное в плане, должно соответствовать требованиям в пунктах 3.2.1.2 – 3.2.1.4.

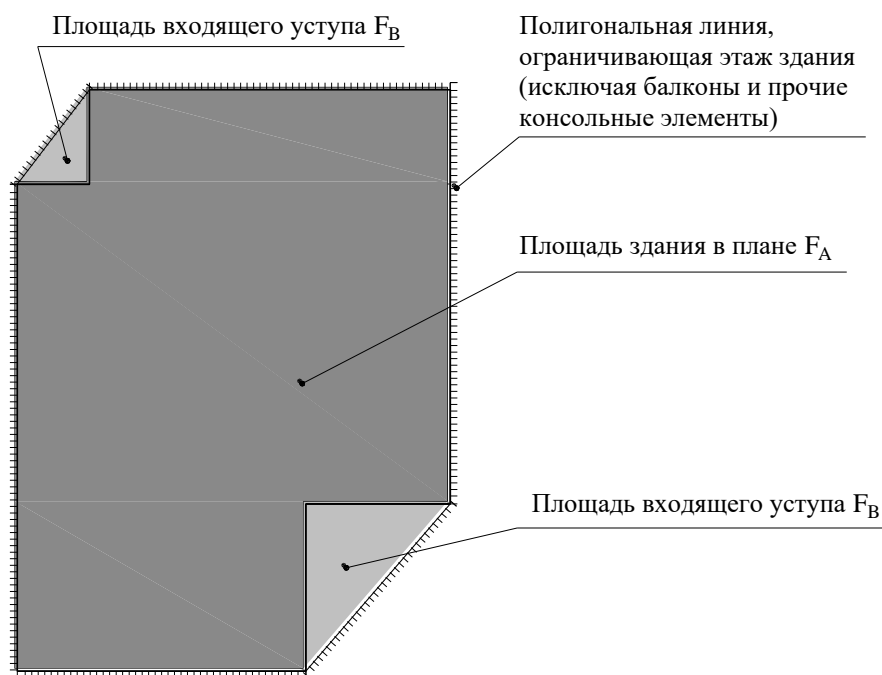
ПРИМЕЧАНИЕ В пункте 3.2.1.2 приведены критерии, принятые в Подразделе 4.2.3.2 СП РК EN 1998-1:2004/2012. В пунктах 3.2.1.3 и 3.2.1.4 приведены требования, дополняющие и развивающие положения СП РК EN 1998-1:2004/2012.

3.2.1.2 Согласно 4.2.3.2(1)P СП РК EN 1998-1:2004/2012, для здания, классифицированного на стадии концептуального проектирования как регулярное в плане, должны выполняться требования, перечисленные в 3.2.1.2.1 – 3.2.1.2.5.

3.2.1.2.1 [4.2.3.2(2)] Распределение масс и горизонтальных жесткостей в конструктивной системе здания должно быть приблизительно симметричным в плане по отношению к двум ортогональным осям.

3.2.1.2.2 Конфигурация здания в плане должна быть компактной, т.е. каждый этаж должен быть ограничен полигональной линией, образующей выпуклый многоугольник.

Если в плане имеются входящие уступы, условие регулярности в плане можно считать выполненным, если эти уступы не влияют на жесткость перекрытия и для каждого уступа площадь между контуром перекрытия и выпуклым многоугольником не должна превышать 5 % общей площади перекрытия (Рисунок 3.1) [4.2.3.2(3)].



**Рисунок 3.1 – К определению компактных конфигураций зданий**

3.2.1.2.3 [4.2.3.2(4)] Жесткость перекрытий в плане должна быть достаточно велика по сравнению с горизонтальной жесткостью вертикальных конструктивных элементов. Деформации перекрытия должны мало влиять на распределение сил между вертикальными элементами конструктивной системы. В этом отношении особое внимание следует уделять сооружениям с L, С, Н, I и X-образными формами в плане, у которых горизонтальные жесткости боковых ветвей должны быть сравнимы с жесткостью центральной части, а перекрытия должны являться жесткими горизонтальными диафрагмами. Положения этого пункта следует учитывать при анализе общего поведения здания.

3.2.1.2.4 [4.2.3.2(5)] Гибкость здания в плане  $\lambda = L_{\max}/L_{\min}$  должна быть не более 4, где  $L_{\max}$  и  $L_{\min}$  соответственно больший и меньший размер здания в плане в ортогональных направлениях.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Пункт 3.2.1.2.4 регламентирует только геометрические пропорции зданий в плане. Абсолютные размеры зданий в плане регламентированы в Пособиях, составленных к Разделам 5 – 9 СП РК EN 1998-1:2004/2012.

3.2.1.2.5 Для каждого уровня здания и для каждого направления расчета по осям  $x$  и  $y$  эксцентриситет  $e_o$  и радиус кручения  $r$  должны удовлетворять двум указанным ниже условиям, выраженным для расчета по направлению  $y$  [4.2.3.2(6)]:

$$e_{ox} \leq 0,30 \cdot r_x, \quad (3.1)$$

$$r_x \geq l_s, \quad (3.2)$$

где

$e_{ox}$  – расстояние между центром жесткости и центром массы по направлению  $x$ , являющееся нормалью к рассматриваемому направлению;

$r_x$  – корень квадратный из соотношения крутильной (угловой) жесткости к поперечной жесткости в направлении  $y$  («радиус кручения»);

$l_s$  – радиус инерции массы этажа в плане (корень квадратный из соотношения полярного момента инерции массы этажа в плане относительно центра масс этажа к массе этажа).

Правила определения центра жесткости, центра масс, радиуса кручения и радиуса инерции массы приведены в Приложении А.

ПРИМЕЧАНИЕ При соблюдении Условий (3.1) и (3.2) первая крутильная форма колебаний здания не возникнет на периоде, значение которого будет превышать значения периодов первых поступательных форм собственных колебаний здания в ортогональных направлениях.

3.2.1.3 Для здания, классифицированного как регулярное в плане, в дополнение к требованиям, изложенным в пункте 3.2.1.2, должны соблюдаться требования, приведенные в нижеследующих пунктах 3.2.1.3.1 и 3.2.1.3.2.

3.2.1.3.1 В здании, классифицированном как регулярное в плане:

а) расположение уступов не должно затруднять эффективную связь между вертикальными конструкциями;

б) глубина каждого уступа (кратчайшее расстояние от вершины входящего угла до полигональной линии, образующей выпуклый многоугольник), по крайней мере, по одному из направлений не должна превышать 15 % от размеров этажа в этом направлении;

в) размер выступа в плане должен быть не менее его ширины;

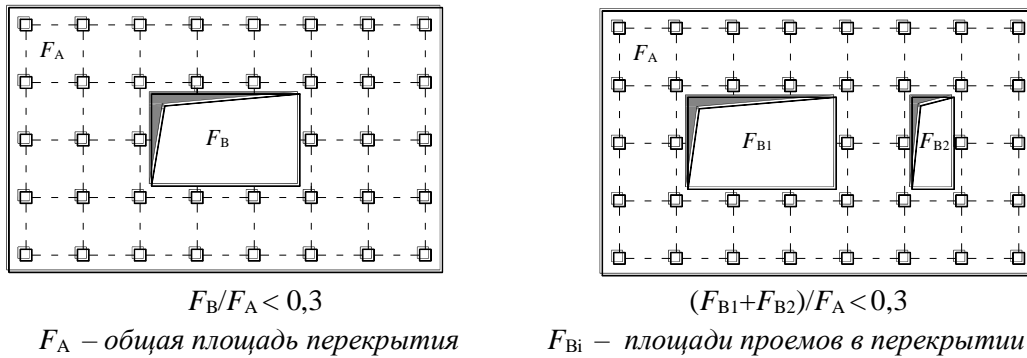
г) суммарная площадь между контуром перекрытия и полигональной линией, огибающей перекрытие, не должна превышать 15 % от общей площади перекрытия.

3.2.1.3.2 Перекрытия регулярного здания должны соответствовать следующим дополнительным требованиям:

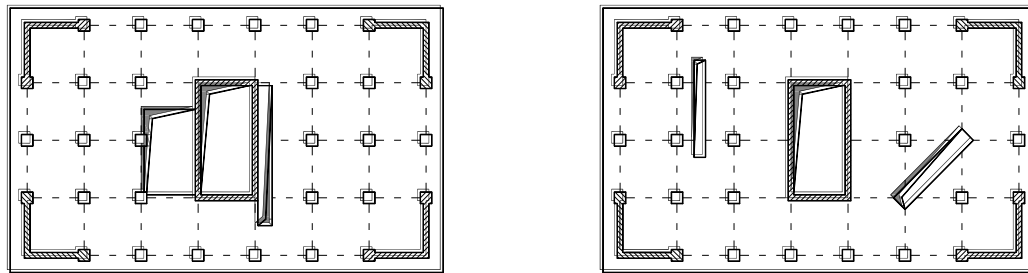
а) иметь однородные конструктивные решения в плане;

б) не иметь проемы, общая площадь которых превышает 30 % общей площади перекрытия в плане (Рисунок 3.2);

в) не иметь проемы, нарушающие прямую и короткую передачу инерционных сил, возникающих в распределенных массах здания и/или затрудняющие эффективную связь между вертикальными конструкциями (Рисунок 3.3).



**Рисунок 3.2 – Перекрытия с проемами, соответствующие условиям 3.2.1.3.2 а) – б)**

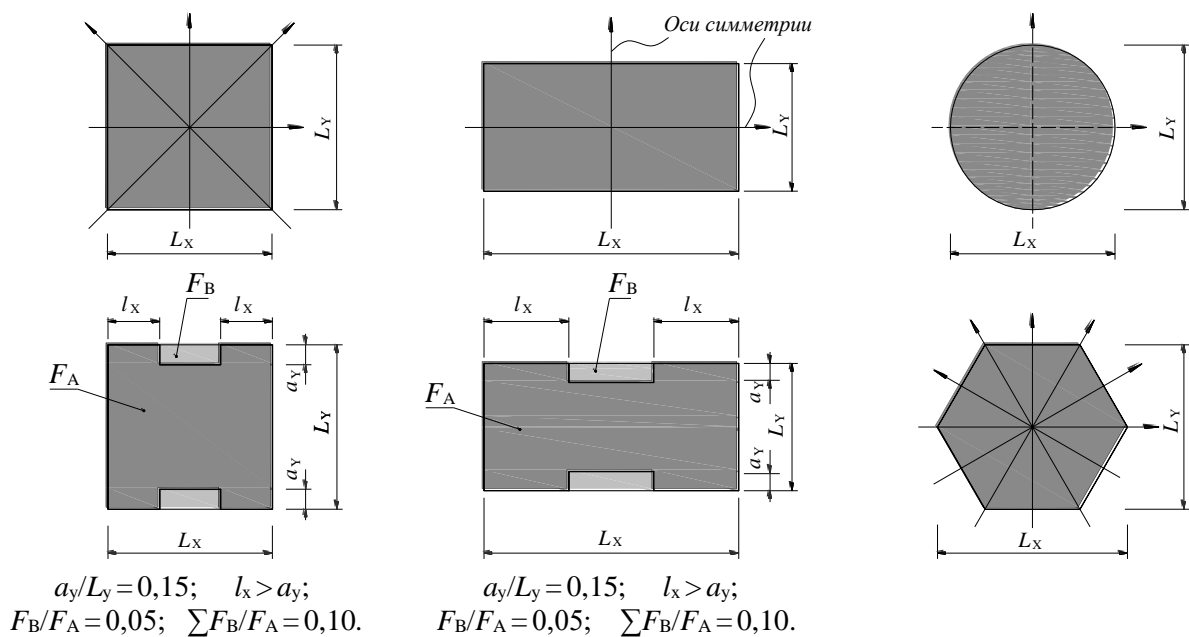


**Рисунок 3.3 – Перекрытия с проемами, не соответствующие условию 3.2.1.3.2 в)**

3.2.1.4 К регулярным в плане зданиям допускается относить также здания, отвечающие всем следующим условиям:

- а) имеющие в плане форму окружности или правильного n-угольника ( $n \geq 5$ );
- б) имеющие приблизительно симметричное и равномерное распределение масс и жесткостей по отношению к трем или более геометрическим осям симметрии, пересекающимся под равными или примерно равными углами;
- в) соответствуют пунктам 3.2.1.2.2–3.2.1.2.5 и 3.2.1.3.

Примеры зданий, у которых формы в плане соответствуют положениям 3.2.1, приведены на Рисунке 3.4.



**Рисунок 3.4 – Примеры регулярных в плане зданий**



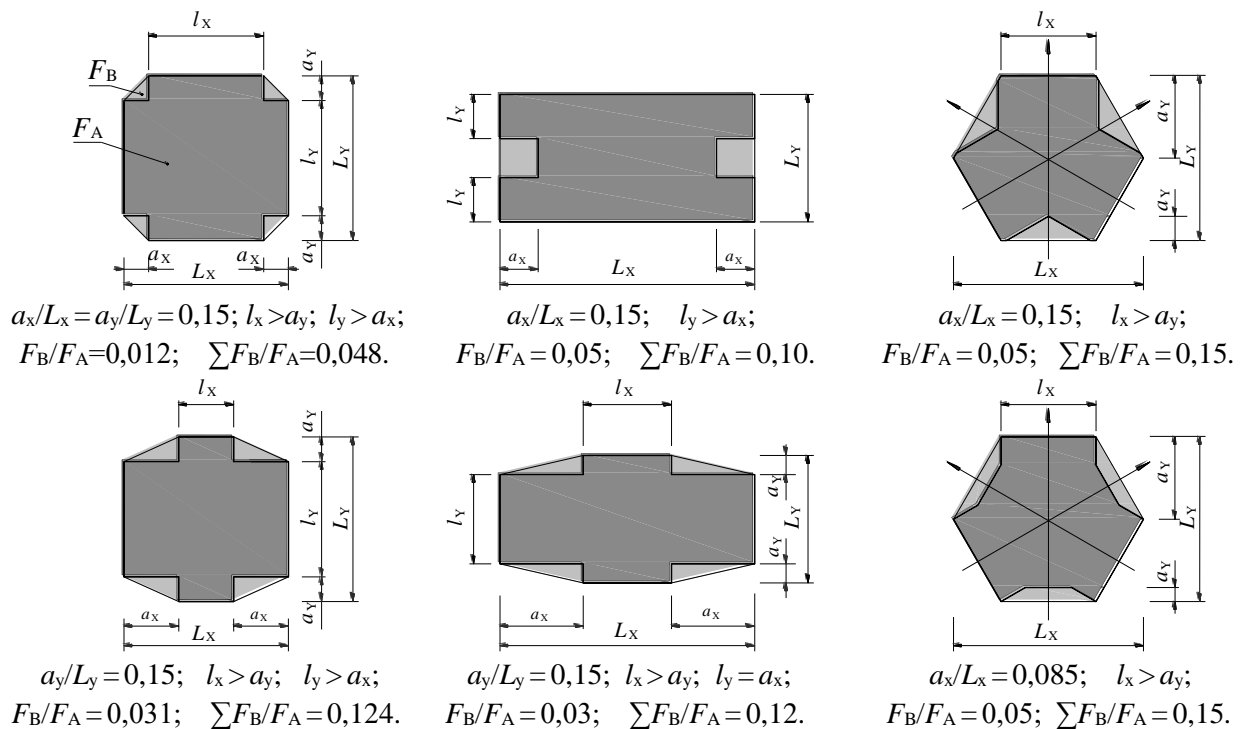


Рисунок 3.4 (продолжение) – Примеры регулярных в плане зданий

### 3.2.2 Умеренно нерегулярные в плане здания

3.2.2.1 Для здания, классифицированного на стадии концептуального проектирования как умеренно нерегулярное в плане, должны выполняться следующие требования.

3.2.2.1.1 Применяется пункт 3.2.1.2.1.

3.2.2.1.2 Применяется пункт 3.2.1.2.2 со следующим изменением: для каждого уступа площадь между контуром перекрытия и выпуклым многоугольником, огибающим перекрытие, не должна превышать 10 % общей площади перекрытия.

3.2.2.1.3 Применяется пункт 3.2.1.2.3.

3.2.2.1.4 Гибкость здания в плане  $\lambda = L_{\max}/L_{\min}$  должна быть не более 5, где  $L_{\max}$  и  $L_{\min}$  соответственно больший и меньший размер здания в плане в ортогональных направлениях.

3.2.2.1.5 Для каждого уровня здания и для каждого направления расчета по осям  $x$  и  $y$  эксцентриситет  $e_o$  и радиус кручения  $r$  должны удовлетворять двум указанным ниже условиям, выраженным для расчета по направлению  $y$ :

$$e_{ox} \leq 0,40 \cdot r_x, \quad (3.3)$$

$$r_x \geq l_s. \quad (3.4)$$

3.2.2.2 Для здания, классифицированного как умеренно нерегулярное в плане, помимо требований, изложенных в пунктах 3.2.2.1.1 и 3.2.2.1.2, должны соблюдаться дополнительные требования, приведенные в нижеследующих пунктах 3.2.2.2.1 и 3.2.2.2.2.

3.2.2.2.1 Конфигурация умеренно нерегулярного здания должна соответствовать следующим дополнительным требованиям:

а) применяется пункт 3.2.1.3.1 а);

б) глубина каждого уступа, по крайней мере, по одному из направлений не должна превышать 20 % от размеров этажа в этом направлении;

в) применяется пункт 3.2.1.3.1 в);

г) суммарная площадь между контуром перекрытия и выпуклым многоугольником, образованным полигональной линией, огибающей перекрытие, не должна превышать 20 % общей площади перекрытия.

3.2.2.2.2 Перекрытия (покрытие) здания должны отвечать следующим требованиям:

а) применяется пункт 3.2.1.3.2 а);

б) не должны иметь проемы, общая площадь которых превышает 40 % площади перекрытия.

### **3.2.3 Чрезмерно нерегулярные в плане здания**

3.2.3.1 Здания, конструктивно-планировочные решения которых не соответствуют положениям 3.2.1 и 3.2.2, следует классифицировать как чрезмерно нерегулярные в плане.

Условия проектирования зданий, классифицированных как чрезмерно нерегулярные в плане, оговорены в 3.1.11.

## **3.3 Критерии регулярности зданий по высоте, принимаемые во внимание на этапе концептуального проектирования**

### **3.3.1 Регулярные по высоте здания**

3.3.1.1 [4.2.3.3(1)Р] Здание, классифицированное как регулярное по высоте, должно удовлетворять всем условиям, перечисленным в 3.3.1.1.1 – 3.3.1.1.4.

3.3.1.1.1 [4.2.3.3(2)] Все конструкции, воспринимающие горизонтальные нагрузки, такие, как ядра жесткости, несущие стены или каркасы, должны быть непрерывными от фундамента до верха здания или, если на разных отметках по высоте присутствуют уступы, до верха соответствующей зоны здания.

3.3.1.1.2 [4.2.3.3(3)] Горизонтальные жесткости и массы отдельных этажей должны оставаться постоянными или постепенно уменьшаться без резких изменений от основания к верху здания.

3.3.1.1.3 В каркасных зданиях отношение фактического сопротивления этажа к сопротивлению, требуемому по расчету, не должно иметь больших различий между смежными этажами (например, за счет заполнений из каменной кладки) [4.2.3.3(4)].

3.3.1.1.4 Если в здании имеются уступы по высоте, то необходимо соблюдать следующие дополнительные условия [4.2.3.3(5)]:

а) для последовательно расположенных уступов, сохраняющих осевую симметрию, суммарный размер уступов на любом этаже должен составлять не более чем 20 % от предыдущего размера в плане нижерасположенного этажа в направлении уступов (см. Рисунок 3.6 а) и Рисунок 3.6 б));

б) для единичных уступов, сохраняющих осевую симметрию, в пределах менее 15 % от общей высоты основной конструктивной системы, суммарный размер уступов должен составлять не более 50 % от предыдущего размера в плане нижерасположенной базовой зоны в направлении уступов (см. Рисунок 3.6 в)). В этом случае конструкция базовой зоны в пределах вертикальной проекции периметра верхних этажей должна проектироваться

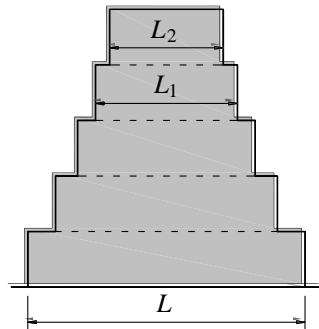
так, чтобы воспринимать, по крайней мере, 75 % горизонтальных поперечных сил, которые будут развиваться в этой зоне в аналогичном здании, но без увеличенной базы;

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для соблюдения условия б) расчеты здания, как правило, должны быть выполнены с использованием двух расчетных моделей. Первая расчетная модель должна соответствовать фактической конфигурации здания. Вторая расчетная модель должна соответствовать конфигурации здания без расширенной базовой зоны. Результаты расчетов, выполненных с использованием второй расчетной модели должны подтвердить, что конструкция базовой зоны в пределах вертикальной проекции периметра здания способна воспринимать не менее 75 % горизонтальных поперечных сил, определенных при использовании первой модели, и не имеет недопустимых горизонтальных перекосов этажей.

в) если уступы не сохраняют симметрию, то на каждой внешней стороне здания:

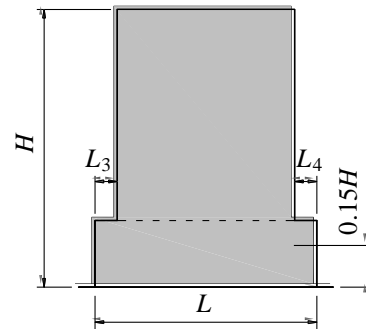
- сумма уступов на всех этажах не должна превышать 30 % от размера в плане нижнего этажа, расположенного над фундаментом или над верхом жесткой подземной части;
- отдельные уступы не должны быть более 10 % от предыдущего размера здания в плане (см. Рисунок 3.6 г)).

а)



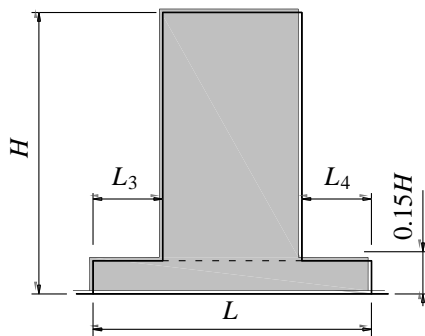
Критерий для а):  $\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,2$

б) (имеющийся уступ более 0,15H)



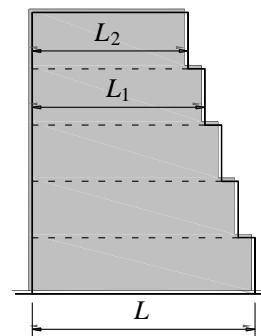
Критерий для б):  $\frac{L_3 + L_4}{L} \leq 0,2$   
 $L_3$  и  $L_4 > 0$

в) (имеющийся уступ менее 0,15H)



Критерий для в):  $\frac{L_3 + L_4}{L} \leq 0,5$   
 $L_3$  и  $L_4 > 0$

г)



Критерий для г):  $\frac{L - L_2}{L} \leq 0,3$   
 $\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,1$

**Рисунок 3.6 – Критерии регулярности для зданий с уступами**

3.3.1.2 К регулярным по высоте не могут быть отнесены конструктивные системы, даже если они соответствуют Принципам, изложенным в 3.3.1, у которых колонны или стены имеют отклонение от вертикали.

### 3.3.2 Умеренно нерегулярные по высоте здания

3.3.2.1 Здание, классифицированное как умеренно нерегулярное по высоте, должно удовлетворять всем условиям, перечисленным в пунктах 3.3.2.1.1– 3.3.1.1.4.

3.3.2.1.1 Применяется пункт 3.3.1.1.1.

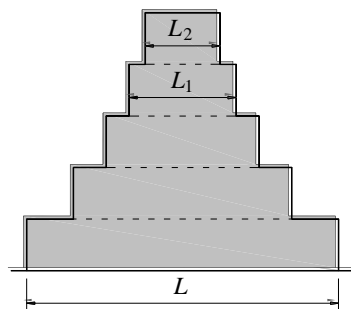
3.3.2.1.2 Применяется пункт 3.3.1.1.2.

3.3.2.1.3 Применяется пункт 3.3.1.1.3.

3.3.2.1.4 Если в здании имеются уступы, то необходимо соблюдать следующие дополнительные условия (см. Рисунок 3.7 и нижеследующие пункты а) – в)):

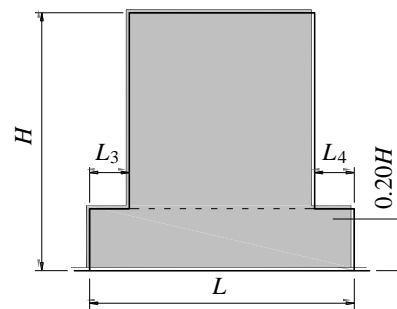
а) для последовательно расположенных уступов, сохраняющих осевую симметрию, уступ на любом этаже должен быть не более чем 30 % от предыдущего размера в плане в направлении уступа (см. Рисунок 3.7 а) и Рисунок 3.7 б));

а)



$$\text{Критерий для а): } \frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,3$$

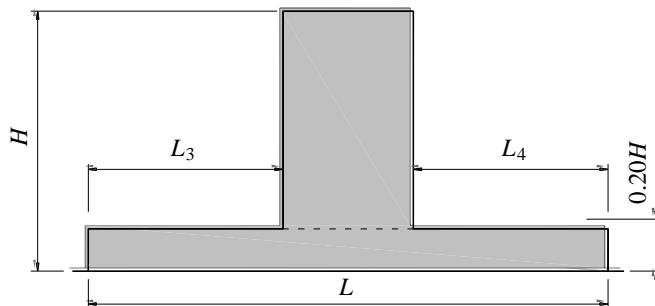
б) (имеющийся уступ более 0,20H)



$$\text{Критерий для б): } \frac{L_3 + L_4}{L} \leq 0,3$$

$$L_3 \text{ и } L_4 > 0$$

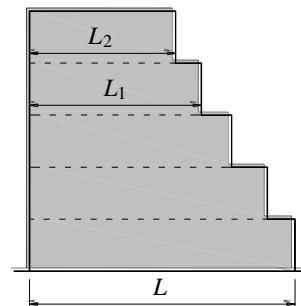
в) (имеющийся уступ менее 0,20H)



$$\text{Критерий для в): } \frac{L_3 + L_4}{L} \leq 0,75$$

$$L_3 \text{ и } L_4 > 0$$

г)



$$\text{Критерий для г): } \frac{L - L_2}{L} \leq 0,45$$

$$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,1$$

**Рисунок 3.7 – Критерии регулярности для зданий с уступами**

б) для единичного уступа в пределах менее 20 % от общей высоты основной конструктивной системы, уступ должен быть не более 75 % предыдущего размера в плане (см. Рисунок 3.7 в)). В этом случае конструкция базовой зоны в пределах вертикальной проекции периметра верхних этажей должна проектироваться так, чтобы воспринимать, по крайней мере, 75 % горизонтальных поперечных сил, которые будут развиваться в этой зоне в аналогичном здании, но без увеличенной базы;

в) если уступы не сохраняют симметрию, то на каждой внешней стороне здания:

- сумма уступов на всех этажах не должна превышать 45 % от размера в плане нижнего этажа, расположенного над фундаментом или над верхом жесткой подземной части;
- отдельные уступы не должны быть более 15 % от предыдущего размера здания в плане (см. Рисунок 3.7 г)).

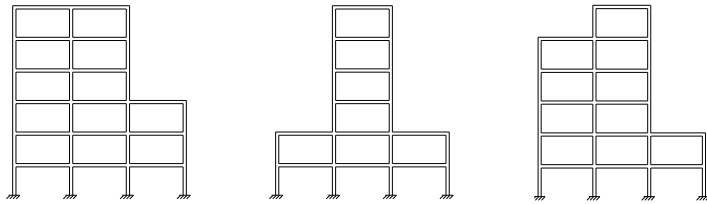
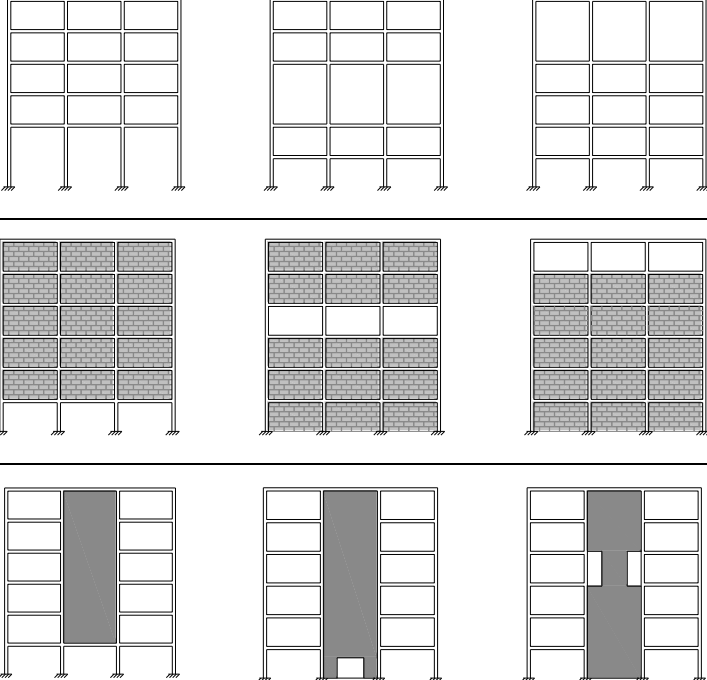
### 3.3.3 Чрезмерно нерегулярные по высоте здания

3.3.3.1 Здания с конструктивно-планировочными решениями не соответствующими положениям 3.3.1 и 3.3.2 классифицируются как чрезмерно нерегулярные по высоте.

Условия проектирования зданий, классифицированных как чрезмерно нерегулярные по высоте, оговорены в пункте 3.1.11.

ПРИМЕЧАНИЕ Примеры чрезмерно нерегулярных по высоте конструктивных систем зданий приведены в Таблице 3.1.

**Таблица 3.1 – Примеры чрезмерно нерегулярных по высоте конструктивных систем**

	Типы чрезмерно нерегулярных по высоте конструктивных систем	Основные признаки чрезмерной нерегулярности
1		<p>Уступы по геометрическим показателям не соответствуют условиям 3.3.1.1.4 а) – в) и 3.3.2.1.4 а) – в)</p>
2		<p>Жесткости нижних, промежуточных или верхних этажей существенно меньше жесткостей смежных по высоте этажей</p>

**Таблица 3.1 – Примеры чрезмерно нерегулярных по высоте конструктивных систем**  
(продолжение)

Типы чрезмерно нерегулярных по высоте конструктивных систем		Основные признаки чрезмерной нерегулярности
3		Этажи, массы которых резко отличаются от масс смежных по высоте этажей.
4		<p>Конструктивные решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способствующие появлению уязвимых зон, в которых концентрации напряжений или большие пластические деформации материала могут стать причиной преждевременного разрушения конструкций;</li> <li>– не обеспечивающие ясные и предсказуемые пути передачи сейсмических нагрузок.</li> </ul>

### 3.4 Проверки регулярности зданий по результатам общих расчетов

#### 3.4.1 Проверка регулярности зданий в плане

3.4.1.1 Здание, классифицированное как регулярное в плане по результатам общего расчета, должно удовлетворять следующим условиям, указанным ниже:

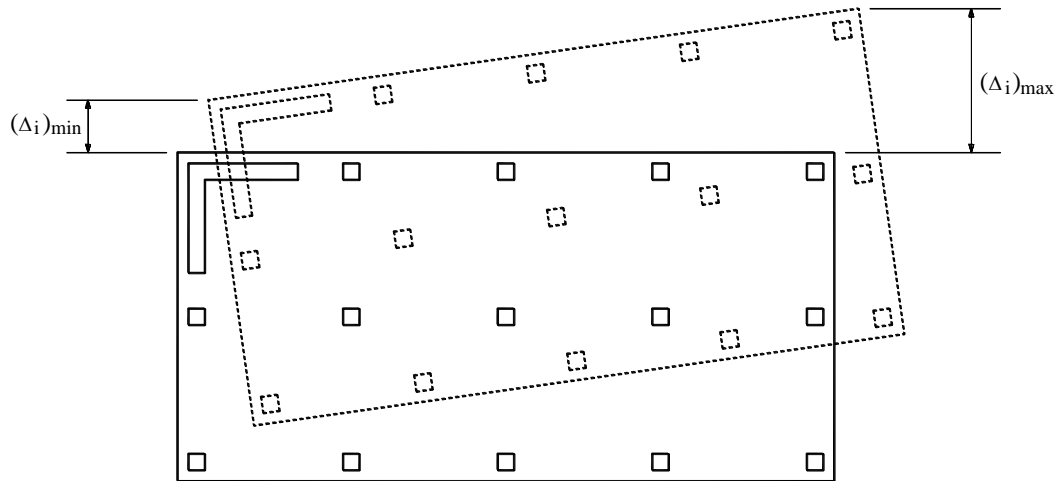
а) первая и вторая формы собственных колебаний здания не должны являться крутильными в плане;

ПРИМЕЧАНИЕ В качестве первой и второй форм собственных колебаний здания следует рассматривать низшие поступательные формы его колебаний в двух горизонтальных ортогональных направлениях. При проверке здания на соответствие требованию 3.4.1.1 а) «локальные» формы колебаний, характеризующие вибрации отдельных элементов здания (консольных плит, междуэтажных перекрытий, тонких стен из плоскости, гибких надстроек над зданием и других элементов) во внимание не принимаются.

б) максимальное и среднее значения горизонтальных перемещений в плане каждого перекрытия по любой из поступательных форм колебаний здания не должны различаться более чем на 10 % (см. Рисунок 3.8);

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В качестве максимального значения горизонтального перемещения перекрытия следует рассматривать наибольшее перемещение одного из краев перекрытия (см. Рисунок 3.8). В качестве среднего значения горизонтального перемещения перекрытия следует принимать среднеарифметическое значение горизонтальных перемещений на краях перекрытия  $(\Delta_i)_{\max}$  и  $(\Delta_i)_{\min}$ .

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Пункты 3.4.1.1 а) и б) являются альтернативными по отношению к пункту 3.2.1.2.5.



**Рисунок 3.8 – К проверке горизонтальных перемещений в уровне перекрытий**

в) при расчетах зданий на сейсмические воздействия с учетом реальной податливости перекрытий, расчетные значения горизонтальных перемещений перекрытий не превышают более чем на 10 % значения, полученные в предположении абсолютной жесткости перекрытий [4.3.1(4), см. Примечание].

3.4.1.2 Здание, классифицированное как умеренно нерегулярное в плане по результатам его общего расчета, должно удовлетворять следующим условиям, указанным ниже:

а) первая форма собственных колебаний здания не должна являться крутильной в плане;

б) максимальное и среднее значения горизонтальных перемещений в плане каждого перекрытия по любой из поступательных форм колебаний здания не должны различаться более чем на 20 %;

в) применяется пункт 3.4.1.1 в).

ПРИМЕЧАНИЕ Пункты 3.4.1.2 а) и б) являются альтернативными пункту 3.2.2.1.5.

3.4.1.3 Конструктивную систему, у которой первая форма собственных колебаний является крутильной в плане, следует классифицировать как крутильно-податливую систему.

Если установлено, что конструктивная система здания, является крутильно-податливой в плане, то она подлежат пересмотру и приведению в соответствие с положениями подраздела 2.3.4.

### 3.4.2 Проверка регулярности зданий по высоте

3.4.2.1 Конструктивно-планировочные решения здания, принятые на стадии концептуального проектирования, можно считать регулярными по высоте, если в дополнение к требованиям пункта 3.3.1.1:

- различия между относительными горизонтальными жесткостями смежных по высоте этажей не превышают 30 %;
- различия между массами смежных по высоте этажей составляют менее 30 %;
- различия между способностями смежных этажей здания сопротивляться сейсмическим воздействиям составляют менее 30 %.

ПРИМЕЧАНИЕ Значение относительной горизонтальной жесткости этажа здания определяется как отношение жесткости этажа к его высоте.

3.4.2.2 Положения пункта 3.4.2.1 допускается не распространять:

- а) на верхние или промежуточные по высоте зданий этажи, которые являются аутригерными структурами;
- б) на крыши, мансардные этажи и верхние технические этажи зданий.

Для конструкций крыш, а также мансардных и верхних технических этажей следует соблюдать условие, определяемое Выражением (3.5):

$$\frac{m_u}{C_u} \leq 1,4 \frac{m_{u-1}}{C_{u-1}}, \quad (3.5)$$

где

$C_u$  – жесткость верхней части здания (например, мансардного или технического этажа);

$m_u$  – масса верхней части здания (мансардного или технического этажа);

$C_{u-1}$  – жесткость этажа здания, расположенного ниже мансардного или технического этажа;

$m_{u-1}$  – масса этажа здания, расположенного ниже мансардного или технического этажа.

3.4.2.3 Конструктивно-планировочные решения здания, принятые на стадии концептуального проектирования, можно считать умеренно нерегулярными по высоте, если в дополнение к требованиям пункта 3.3.2.1:

- различия между горизонтальными жесткостями смежных по высоте этажей составляют менее 40 %;
- различия между массами смежных по высоте этажей составляют менее 40 %;
- различия между способностями смежных этажей здания сопротивляться сейсмическим воздействиям составляют менее 40 %.

3.4.2.4 К умеренно нерегулярным по высоте конструктивным системам, даже если они соответствуют Принципам, изложенным в 3.3.2, не могут быть отнесены конструктивные системы, имеющие вид перевернутой пирамиды.



#### 4 КОЭФФИЦИЕНТЫ КОМБИНАЦИЙ, ПРИНИМАЕМЫЕ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЭФФЕКТОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

4.1 Массы здания, учитываемые при определении сейсмических нагрузок и вычислении эффектов сейсмических воздействий, следует определять с учетом постоянных и переменных нагрузок.

При определении масс здания постоянные и переменные нагрузки следует комбинировать в соответствии с Выражением (4.1):

$$\sum_k \frac{G_{k,j}}{g} + \sum_i \left[ \psi_{E,i} \cdot \frac{Q_{k,i}}{g} \right], \quad (4.1)$$

где

$G_{k,j}$  – характеристическое значение  $j$ -й постоянной нагрузки;

$Q_{k,i}$  – характеристическое значение  $i$ -й переменной нагрузки;

$g$  – ускорение силы тяжести (9,81 м/с<sup>2</sup>);

$\psi_{E,i}$  – коэффициент комбинаций для переменного воздействия  $i$ , используемый при определении эффектов расчетного сейсмического воздействия (вычисления масс здания, учитываемых при определении расчетных сейсмических нагрузок на здание).

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Из Выражения (4.1) следует, что при определении масс здания, учитываемых при определении сейсмических нагрузок, постоянные нагрузки учитываются полностью, а переменные умножаются на понижающий коэффициент  $\psi_{E,i}$ .

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Ускорение силы тяжести  $g$  включено в Выражение (4.1), так как постоянные и переменные нагрузки ( $Q$  и  $G$ ) являются гравитационными нагрузками, а сейсмические нагрузки – инерционными.

4.2 [4.2.4(2)P] Коэффициенты комбинаций  $\psi_{E,i}$ , принятые в Выражении (4.1) для вычисления эффектов сейсмических воздействий, рассчитываются с использованием следующего Выражения:

$$\psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2i}, \quad (4.2)$$

где  $\varphi$  – коэффициент, учитывающий отсутствие жесткой связи между конструкцией и действующей на нее переменной нагрузкой.

4.3 Величины коэффициента  $\varphi$ , принятые в Национальном приложении к СП РК EN 1998-1:2004/2012, даны в Таблице 4.1.

4.4 Величины коэффициента  $\psi_{2i}$  (для квазипостоянного значения переменного воздействия  $q_i$ ), принятые в Национальном приложении к СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011, приведены в Таблице 4.2 [4.2.4(1)P].

4.5 Снижение переменных нагрузок на перекрытия, предусмотренное пунктом 6.3.1.2(10) СП РК EN 1991-1-1-2002/2011, при определении масс здания и вычислении эффектов сейсмических воздействий не учитывается.

4.6 В комбинациях нагрузок, включающих сейсмическую нагрузку, температурные климатические и ветровые воздействия не учитываются.

Таблица 4.1 – Величины  $\phi$  для вычисления  $\psi_{Ei}$ 

Тип переменного воздействия	Этаж	$\phi$
Категории А – С*	Крыша	1,0
	Этажи с взаимосвязанными заселениями (с коррелированной нагрузкой от людей)	0,8
	Независимо заселенные этажи	0,5
Категория D – F* и архивы		1,0
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Независимо заселенными этажами считаются этажи, занимаемые разными арендаторами.</p> <p>* Категории согласно определениям, приведенным в СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011.</p>		

Таблица 4.2 – Значения коэффициентов  $\psi_{2,i}$ 

Воздействия	$\psi_{2,i}$
Приложенные нагрузки в зданиях, (категории см. СП РК EN 1991-1-1:2002/2011): Категория А: жилые помещения (квартиры жилых зданий, спальные помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов, жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц, палаты больниц и санаториев, террасы)	0,3
Категория В: офисные, лабораторные и технические помещения (служебные помещения административного, инженерно-технического, научного персонала организаций и учреждений, бытовые помещения промышленных предприятий и общественных зданий и сооружений, помещения предприятий бытового обслуживания, технические этажи)	0,3
Категория С: помещения, в которых возможно скопление людей: – классные помещения учреждений просвещения, кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения, лаборатории учреждений просвещения, науки, помещения электронно-вычислительных машин, кухни общественных зданий; – залы: читальные, обеденные (в кафе, ресторанах, столовых), собраний, ожидания, зрительные, концертные, спортивные, выставочные, экспозиционные; – вестибюли, фойе, коридоры, лестницы (с относящимися к ним проходами), примыкающие к помещениям категорий А, В, С, балконы (лоджии); – сцены зрелищных сооружений и трибуны спортивных сооружений.	0,6
Категория D: торговые площади	0,6
Категория E: складские площади, книгохранилища, архивы	0,8
Категория F: транспортные проезды при: а) вес транспортного средства не более 30 кН б) то же, более 30 кН, но менее 160 кН	0,6 0,3
Категория H: крыши	0
Снеговые нагрузки на здания (см. СП РК EN 1991-1-3:2003/2011) для площадок, расположенных на высоте: – 1000 м и более над уровнем моря; – менее 1000 м над уровнем моря	0,2 0

## 5 КЛАССЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

5.1 [4.2.5(1)P] Здания и сооружения, проектируемые в соответствии с положениями СП РК EN 1998-1:2004/2012, классифицируются по четырем классам ответственности в зависимости от опасности последствий их разрушения для безопасности людей, от их важности для общественной безопасности и гражданской защиты в период непосредственно после землетрясения, а также от социальных и экономических последствий разрушения.

5.2 Определения классов ответственности указанных выше зданий и сооружений даны в Таблице 5.1.

**Таблица 5.1 – Классы ответственности**

Классы ответственности	Характеристика класса ответственности	Типы зданий и сооружений
I	Здания второстепенной важности для общественной безопасности	Здания, повреждения которых не представляют угрозы для безопасности людей, не сопровождаются порчей ценного оборудования, не вызывают прекращения непрерывных технологических процессов и/или загрязнения окружающей среды: – небольшие складские здания и сельскохозяйственные сооружения (теплицы, парники); – временные (мобильные) здания с ограниченными сроками службы; – легкие открытые павильоны и т.п.
II	Здания, не принадлежащие к категориям I, III и IV	Жилые и общественные здания, за исключением зданий, отнесенных к категориям III и IV.
III	Здания, сейсмостойкость которых важна с точки зрения социальных последствий их разрушения	Здания, эксплуатация которых связана с длительным скоплением большого количества людей: – здания дошкольных учреждений и школ, колледжей, училищ, высших учебных заведений и т.п.; – здания больниц (кроме, отнесенных к классу IV), домов престарелых, родильных домов и т.п.; – здания театров, кинотеатров, концертных залов и другие сооружения культурно-зрелищного и развлекательного назначения с общей вместимостью от 300 до 3000 человек.

Таблица 5.1 (продолжение) – Классы ответственности

Классы ответственности	Характеристика класса ответственности	Типы зданий и сооружений
IV	Здания и сооружения, функционирование которых после землетрясения жизненно важно для гражданской защиты	<p>Здания, функционирование которых необходимо при ликвидации последствий землетрясений:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– системы энерго- и водоснабжения (в том числе резервные системы энерго- и водоснабжения объектов категории ответственности IV);</li> <li>– пожарные депо и системы пожаротушения (в том числе, предназначенные для поддержания давления воды при пожаротушении);</li> <li>– сооружения связи;</li> <li>– административные здания органов внутренних дел и национальной безопасности;</li> <li>– здания и специальные сооружения организаций по ликвидации чрезвычайных ситуаций;</li> <li>– здания госпиталей и больниц с травматологическими и хирургическими отделениями;</li> <li>– большие и средние железнодорожные вокзалы и аэропорты, а также системы обеспечения их функционирования (в том числе управления движением); ангары для самолетов;</li> <li>– гаражи для автомобилей аварийных служб разного назначения;</li> <li>– здания, определенные как укрытия на случай землетрясения.</li> </ul>
	Уникальные здания и сооружения	<p>Здания с высоким уровнем ответственности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– крупные крытые стадионы, концертные залы и другие культурно-зрелищные сооружения с общей вместимостью более 3000 человек;</li> <li>– здания музеев и памятники, представляющие большую художественную и историческую ценность.</li> </ul> <p>Здания с хранилищами национальных и культурных ценностей.</p>
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1 Классы ответственности I, II и III или IV приблизительно отвечают последствиям классов СС1, СС2 и СС3 соответственно, определенным в СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 (Приложение В).</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2 Здания оборонного значения и содержащие высокотоксичные или взрывоопасные вещества в настоящем Пособии не рассматриваются.</p> <p>Для зданий и сооружений, содержащих опасное оборудование или материалы, коэффициент ответственности должен приниматься в соответствии с критериями, изложенными в СП РК EN 1998-4:2006/2013 [4.2.5(6)].</p>		

5.3 [4.2.5(2)P] Классы ответственности характеризуются в соответствии с СП РК EN 1998-1:2004/2012 (см. 2.1(3)) разными коэффициентами ответственности  $\gamma_l$ .

5.4 [4.2.5(5)P] Значение  $\gamma_l$  для класса ответственности II по определению равно 1,0.

5.5 Значения коэффициента  $\gamma_l$ , соответствующие установленным классам ответственности, приведены в Таблице 5.2.

**Таблица 5.2 – Значения коэффициентов ответственности для зданий и сооружений**

Классы ответственности	Значения коэффициентов $\gamma_l$
I	0,8
II	1
III	1,25
IV	1,5

5.6 Значения коэффициента  $\gamma_l$  следует принимать во внимание при определении расчетного значения ускорения основания  $a_g$ , соответствующего расчетной сейсмической ситуации.

ПРИМЕЧАНИЕ Подробнее в пункте 3.2.2.2.1 и НТП РК 08-01.1-2012 (см. 4.1.2).

5.7 При определении расчетных сейсмических нагрузок на здания высотой более пяти этажей (кроме зданий с системами сейсмоизоляции), помимо коэффициента ответственности  $\gamma_l$ , следует применять коэффициент  $\gamma_h$ , учитывающий высоту зданий.

Порядок применения коэффициента  $\gamma_h$  для зданий с классами ответственности III и IV оговорен в примечании к пункту 6.2.2.1.1.

5.8 При определении расчетных сейсмических нагрузок на здания с системами сейсмоизоляции следует пользоваться положениями НТП РК-08-01.6-2013.

## 6 РАСЧЕТ ЗДАНИЙ

### 6.1 Выбор расчетной модели здания

6.1.1 Выбор расчетной модели здания является важнейшей составной частью расчета, существенно влияющей на его конечные результаты.

6.1.2 Расчетная модель здания должна достоверно описывать:

– конфигурацию здания, расположение и геометрические характеристики его конструктивных элементов;

– жесткость вертикальных конструкций, воспринимающих сейсмические воздействия, и податливость междуэтажных перекрытий (покрытий) в плоскости и из плоскости;

– условия взаимодействия в системе здания смежных конструктивных элементов; влияние зон стыковых соединений на деформативность здания (например, концевых зон балок или колонн в конструктивных системах каркасного типа) [4.3.1(2)];

– неконструктивные элементы, способные повлиять на реакцию первичной конструкции (например, стеновые заполнения каркасов, значительно увеличивающие горизонтальную жесткость и сопротивляемость зданий) [4.3.1(2)];

ПРИМЕЧАНИЕ Требования к заполнениям из каменной кладки бетонных, стальных и сталежелезобетонных каркасов приведены в 7.4;

– условия взаимодействия зданий с грунтовым основанием и иные характеристики конструктивной системы, способные повлиять на эффекты сейсмического воздействия.

6.1.3 [4.3.1(1)P] Расчетная модель здания должна адекватно отображать распределение жесткостей и масс в плане и по высоте здания, чтобы все значимые формы деформирования и силы инерции учитывались при рассматриваемом сейсмическом воздействии. В случае нелинейного расчета модель должна адекватно отображать также прочностные показатели конструктивных элементов.

6.1.4 Расчетная модель здания должна описывать действительные условия работы конструктивных элементов при сейсмических воздействиях. При неоднозначности возможного описания действительных условий работы конструктивных элементов в системе здания, предпочтительно применять те расчетные модели, которые заведомо ставят рассчитываемые конструктивные элементы в менее благоприятные условия.

6.1.5 Расчетные модели, применяемые для описания поведения зданий при внешних воздействиях, классифицируются по характеру учета пространственной работы на двух- и трехмерные.

При двухмерной (плоской) расчетной модели здание рассматривается как система конструктивных элементов, условно расположенных в одной плоскости в направлении сейсмического воздействия. В двухмерной расчетной модели жесткость и сопротивляемость конструкций из плоскости не учитывается, а условия взаимодействие смежных в плане конструкций разного направления игнорируются или описываются с помощью различного рода предпосылок и допущений.

ПРИМЕЧАНИЕ Двухмерные (плоские) расчетные модели обладают рядом существенных недостатков:

- весьма условно описывают особенности пространственного поведения конструктивных систем при статических и сейсмических воздействиях;
- не позволяют с достаточной степенью достоверности выявить сейсмические эффекты, обусловленные пространственным характером сейсмических воздействий;
- не позволяют выполнять оценки и проверки регулярности зданий в соответствии с критериями, приведенными в Разделе 3.

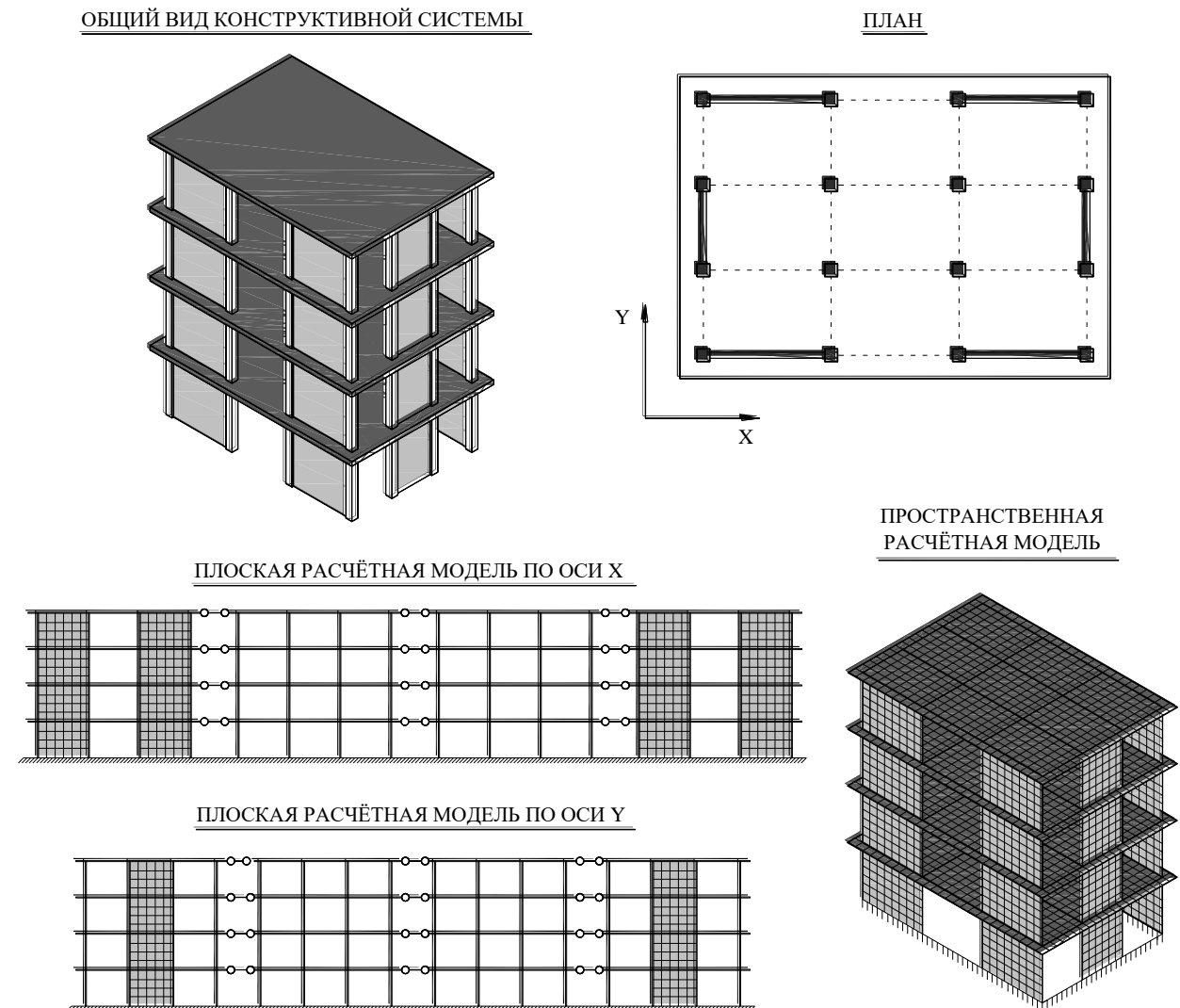
При применении трехмерной расчетной модели здание рассматривается как пространственная совокупность вертикальных и горизонтальных конструктивных элементов, способная воспринимать приложенную к ней пространственную систему внешних воздействий. Трехмерная расчетная модель наиболее полно соответствует общему случаю описания здания.

Примеры двух- и трехмерных расчетных моделей зданий показаны на Рисунке 6.1.

ПРИМЕЧАНИЕ Современные программные комплексы позволяют выполнять расчеты зданий в линейно-упругой постановке с учетом пространственной работы конструкций и пространственного характера сейсмических воздействий. Поэтому рекомендуется:

- расчеты зданий в линейно-упругой постановке выполнять с использованием пространственных (трехмерных) расчетных моделей;

– двумерные расчетные модели применять, в необходимых случаях, при выполнении расчетов (статических или динамических), учитывающих нелинейный характер работы конструкций.



**Рисунок 6.1 – Плоские и пространственная расчетные модели здания**

6.1.6 [4.3.1(10)P] Массы здания должны быть определены исходя из гравитационных нагрузок, принимаемых в комбинациях воздействий, указанных в НТП РК 08-01.1-2012 (см.3.3.4).

Коэффициенты комбинаций  $\psi_{Ei}$  рассмотрены в Разделе 4.

6.1.7 В общем случае распределенные массы приложенных статических нагрузок и частей зданий следует принимать сосредоточенными в характерных точках динамической расчетной модели (в ее узлах). При этом модель рассматривается как динамическая система с конечным числом степеней свободы, а сейсмические нагрузки считаются приложенными в местах сосредоточения масс.

6.1.8 [4.3.1(4)] В тех случаях, когда перекрытия здания можно рассматривать как жесткие в своих плоскостях диафрагмы, массы и моменты инерции каждого этажа могут быть сосредоточены в центре тяжести перекрытий.

6.1.9 [4.3.1(9)P] Деформативность фундамента, если она может оказывать неблагоприятное влияние на реакцию здания, необходимо учитывать в расчетной модели в обязательном порядке.

ПРИМЕЧАНИЕ Деформативность фундамента (включая взаимодействие здания с основанием) может учитываться в расчете и в тех случаях, когда она оказывает благоприятное влияние на его реакцию.

6.1.10 [4.3.3.1(11)] Во всех случаях применения пространственной расчетной модели, расчетное сейсмическое воздействие должно быть приложено вдоль всех значимых горизонтальных направлений (принимаемых в зависимости от компоновки конструкций в здании) и вдоль ортогональных им горизонтальным направлениям.

Для зданий с конструкциями, воспринимающими горизонтальные нагрузки в ортогональных направлениях, эти два направления следует рассматривать в качестве главных.

ПРИМЕЧАНИЕ Определение термина главные направления см. 1.5.8.

## 6.2 Методы расчета

### 6.2.1 Общие сведения

6.2.1.1 [4.3.3.1(1)] В рамках Раздела 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 сейсмические эффекты и эффекты других воздействий, учитываемых в сейсмической расчетной ситуации, допускается определять по результатам анализа линейно-упругого поведения здания.

6.2.1.2 [4.3.3.1(3)] В зависимости от конструктивных характеристик здания для определения эффекта сейсмических воздействий может быть использован один из двух типов линейно-упругого анализа:

- а) «метод поперечной силы»;
- б) «модально-спектральный метод».

ПРИМЕЧАНИЕ При определении сейсмических эффектов методом поперечных сил и модально-спектральным методом параметры сейсмического воздействия характеризуются расчетными спектрами реакций, построенными для однонаправленных поступательных движений основания.

6.2.1.3 Метод поперечной силы – это упрощенный метод определения сейсмических эффектов, который допускается применять при анализе простых регулярных конструктивных систем, поведение которых может быть описано плоскими расчетными моделями, а реакция на сейсмические воздействия зависит только от периода и формы собственных колебаний по основному тону.

ПРИМЕЧАНИЕ Методом поперечной силы имеет ряд существенных недостатков:

- периоды колебаний здания по основному тону определяются по приближенным эмпирическим формулам;
- формы колебаний здания в горизонтальных направлениях аппроксимируются горизонтальными перемещениями, линейно увеличивающимися по высоте (это не позволяет применять метод поперечных сил для расчета зданий, имеющих нерегулярности по высоте);



– эффекты сейсмического воздействия определяются исходя из значения ординаты расчетного спектра реакции только на периоде, равном периоду колебаний здания по основному тону; влияние высших форм колебаний на сейсмические эффекты не учитывается;

– сейсмические нагрузки прикладываются только в уровнях междуэтажных перекрытий;

– горизонтальные сейсмические нагрузки распределяются между элементами системы, сопротивляющейся горизонтальной нагрузке, в соответствии с предположением о недеформируемости перекрытий в своей плоскости и без учета фактического распределения масс в системе.

В соответствии с результатами соответствующих исследований и анализа инструментальных записей колебаний зданий при землетрясениях, метод поперечной силы можно применять для определения расчетных сейсмических нагрузок на здания с периодами колебаний по основному тону не более 0,6 с.

Учитывая современный уровень распространения специализированных программных комплексов, позволяющих определять сейсмические нагрузки на здание спектрально-модальным методом, метод поперечной силы в настоящем Пособии не рассматривается.

6.2.1.4 [4.3.3.1(2)P] В качестве эталонного метода определения сейсмических нагрузок следует принимать модально-спектральный метод.

6.2.1.5 Модально-спектральный метод определения эффектов сейсмических воздействий применим для расчета всех типов зданий.

ПРИМЕЧАНИЕ Модально-спектральный метод позволяет определять эффекты сейсмических воздействий в более строгой постановке, чем метод поперечной силы.

При определении сейсмических эффектов модально-спектральным методом:

– используются результаты модального анализа модели здания – периоды (частоты) и формы собственных колебаний, определенные с использованием методов динамики сооружений;

– эффекты сейсмического воздействия определяются исходя из значений расчетного спектра реакции на периодах, соответствующих периодам учтенных форм колебаний здания;

– сейсмические нагрузки прикладываются ко всем массам, сосредоточенным в узлах расчетной модели;

– горизонтальные сейсмические нагрузки распределяются между элементами конструктивной системы, сопротивляющейся сейсмическим воздействиям, в соответствии с податливостью перекрытий и фактическим распределением масс в системе.

6.2.1.6 В дополнение к спектрально-модальному методу расчетные эффекты сейсмического воздействия допускается определять по результатам линейно-упругого анализа во временной области, выполняемого с использованием инструментальных и синтезированных акселерограмм.

ПРИМЕЧАНИЕ Определение расчетных эффектов сейсмического воздействия по пункту 6.2.1.6 можно выполнять для зданий, повреждения которых при землетрясениях недопустимы. Требования к акселерограммам, используемым при линейно-упругих расчетах зданий во временной области, даны в НТП РК 08-01.1-2012 (см. 4.3.1).

6.2.1.7 [4.3.3.1(4)] В качестве альтернативы линейным методам определения сейсмических эффектов могут также применяться нелинейные методы:

а) простой (pushover) нелинейный статический расчет;

б) нелинейный расчет во временной области (динамический), если удовлетворяются условия в 4.3.3.4 СП РК EN 1998-1:2004/2012.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Условия, при которых линейные методы 6.2.1.2 а) и 6.2.1.2 б) или нелинейные методы 6.2.1.7 а) и 6.2.1.7 б) могут быть применены для зданий с сейсмоизолирующими фундаментами, приведены в СП РК EN 1998-1:2004/2012 (Раздел 10).

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Нелинейные методы определения сейсмических эффектов следует выполнять при сопровождении специализированной научно-исследовательской организации.

6.2.1.8 [4.3.3.1(5)] Нелинейный расчет должен быть достаточно обоснован в отношении исходной сейсмологической информации, используемой расчетной модели, метода интерпретации результатов расчетов и необходимых условий, которые должны быть учтены.

6.2.1.9 [4.3.3.1(6)] Здания без систем сейсмоизоляции, запроектированные на основании простого нелинейного статического расчета без использования коэффициента поведения  $q$  (см. 4.3.3.4.2.1(1)d СП РК EN 1998-1:2004/2012), должны удовлетворять положениям 4.4.2.2(5) СП РК EN 1998-1:2004/2012, а также правилам для диссипативных здания (см. Разделы 5 – 9 СП РК EN 1998-1:2004/2012).

## 6.2.2 Модально-спектральный метод определения расчетных сейсмических нагрузок

### 6.2.2.1 Общие положения

6.2.2.1.1 Для определения расчетной сейсмической нагрузки  $F_{ik}$  в выбранном направлении модально-спектральным методом применяется Выражение:

$$F_{ik} = \gamma_h \cdot S_d(T_k) \cdot m_{ik}, \quad (6.1)$$

где

$F_{ik}$  – расчетная сейсмическая нагрузка в рассматриваемом направлении здания, приложенная к точке  $i$  и соответствующая  $k$ -й форме собственных колебаний здания;

$\gamma_h$  – коэффициент, учитывающий высоту здания, определяемый из Выражения:

$$\gamma_h = 1 + 0,06(n - 5), \quad 1,0 \leq \gamma_h \leq 1,8, \quad (6.2)$$

$n$  – количество этажей в здании (кроме этажей, расположенных ниже планировочной отметки грунта, а также цокольного этажа);

ПРИМЕЧАНИЕ При определении расчетных сейсмических нагрузок на здания высотой более пяти этажей, с классами ответственности III и IV, следует учитывать только один из двух коэффициентов –  $\gamma_i$  или  $\gamma_h$ , тот, значение которого больше.

$S_d(T_k)$  – ордината расчетного спектра реакций на периоде  $T_k$  (см. НТП РК 08-01.1-2012 (4.2.5));

$T_k$  – период колебаний здания по  $k$ -й форме;

$m_{ik}$  – эффективная модальная масса, отнесенная к точке  $i$ , соответствующая  $k$ -й форме колебаний, определяемая из Выражения:

$$m_{ik} = m_i \cdot \eta_{ik}, \quad (6.3)$$

$\eta_{ik}$  – коэффициент, значения которого в рассматриваемой точке  $i$  зависят от формы деформирования здания при его собственных колебаниях по  $k$ -й форме и направления сейсмического воздействия.

Значения коэффициента  $\eta_{ik}$  могут быть определены с помощью Выражения:

$$\eta_{ik} = \frac{X_k(x_i) \sum_{j=1}^n r_j \cdot m_j X_k(x_j)}{\sum_{j=1}^n m_j X_k^2(x_j)}, \quad (6.4)$$

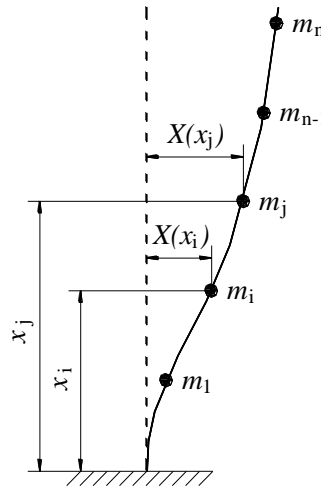
где

$X_k(x_i)$  и  $X_k(x_j)$  – смещения здания при собственных колебаниях по  $k$ -й форме в рассматриваемой точке  $i$  и во всех точках  $j$ , где в соответствии с расчетной моделью его масса принята сосредоточенной (Рисунок 6.2);

$m_j$  – масса здания отнесенная к точке  $j$  расчетной модели;

$n$  – количество сосредоточенных масс;

$r_j$  – коэффициент, принимаемый равным 1, если направление рассматриваемой компоненты сейсмического воздействия совпадает с направлением рассматриваемой степени свободы  $j$ -й массы и 0, если направление рассматриваемой компоненты сейсмического воздействия не совпадает с направлением рассматриваемой степени свободы  $j$ -й массы.



**Рисунок 6.2 – К определению значений коэффициентов  $\eta_{ik}$**

6.2.2.1.2 При модальном анализе периоды и формы собственных колебаний зданий следует определять с использованием расчетных моделей, описывающих поведение конструкций в предположении их линейно-упругой работы.

6.2.2.1.3 При вычислении жесткостных характеристик элементов конструктивных систем (за исключением оговоренных в пункте 6.2.2.1.4) следует:

а) в качестве значений деформационных характеристик материалов конструкций и грунтов основания (модулей упругости, модулей сдвига, коэффициентов Пуассона и др.) принимать расчетные значения, приведенные в соответствующих СП РК EN;

б) учитывать полное сечение элементов конструкции (например, расчетное сечение железобетонных элементов должно включать растянутую зону бетона).

6.2.2.1.4 При определении жесткостей железобетонных балок в рамных и двойных конструктивных системах эквивалентных рамным допускается учитывать эффект трещинообразования в балках. Жесткости балок при учете эффекта трещинообразования должны соответствовать состоянию, при котором начинается пластическая деформация арматуры [4.3.1(6)].

**Жесткости балок, при отсутствии результатов точного анализа, допускается определять с использованием понижающего коэффициента 0,7.**

6.2.2.1.5 При определении значений периодов и форм собственных колебаний зданий с учетом упругой податливости основания жесткостные характеристики грунтов следует принимать исходя из экспериментальных данных об их свойствах при динамических воздействиях.

**ПРИМЕЧАНИЕ** При отсутствии экспериментальных данных о жесткостных характеристиках грунтов при динамических воздействиях, допускается использовать в расчетах характеристики статической жесткости грунтов, **увеличенные в 10 раз.**

6.2.2.1.6 [4.3.3.3.1(2)P] При определении сейсмического эффекта модально-спектральным методом необходимо учитывать все формы колебаний, существенно влияющие на общую реакцию здания.

6.2.2.1.7 [4.3.3.3.1(3)] Требования, указанные в пункте 6.2.2.1.6, могут считаться выполненными, если соблюдается любое из перечисленных ниже условий:

- **сумма эффективных модальных масс для учитываемых форм колебаний составляет, по меньшей мере, 90 % от общей массы здания;**
- **учитываются все формы колебаний с эффективными модальными массами, превышающими 5 % от общей массы.**

**ПРИМЕЧАНИЕ** Эффективная модальная масса  $m_k$ , соответствующая форме  $k$ , определена так, что поперечная сила в основании здания  $F_{bk}$ , действующая в направлении приложенного сейсмического воздействия, может быть определена из Выражения  $F_{bk} = S_d(T_k) m_k$ . Можно показать, что сумма эффективных модальных масс (для всех форм колебаний по данному направлению) равна массе здания.

6.2.2.1.8 [4.3.3.3.1(4)] При использовании пространственной расчетной модели вышеупомянутые условия должны быть проверены для каждого значимого направления здания.

6.2.2.1.9 Если требования, указанные в 6.2.2.1.7, не могут быть выполнены (например, в зданиях со значительным вкладом локальных или крутильных форм колебаний), то при определении сейсмических эффектов следует учитывать все формы колебаний здания в рассматриваемом направлении с **периодами более  $0,15T_1$**  (где  $T_1$  – период первой формы собственных колебаний здания в рассматриваемом направлении) и **более  $0,5T_B$**  (где  $T_B$  – минимальное значение периода на постоянном участке графика спектральных ускорений).

## 6.2.2.2 Эффекты случайного кручения здания в плане

6.2.2.2.1 Помимо горизонтальных сейсмических нагрузок, определяемых в соответствии с 6.2.2.1, следует учитывать эффекты кручения здания в плане, обусловленные

неопределенностями в расположении масс и пространственной вариацией сейсмического движения.

6.2.2.2.2 [4.3.2(1)Р] Для того, чтобы учесть неопределенности в расположении масс и пространственной вариации сейсмического движения, расчетные центры массы на каждом этаже  $i$  следует рассматривать как смещенные относительно номинального положения в каждом направлении на величину случайного эксцентриситета:

$$e_{ai} = \pm 0,05 \cdot L_i, \quad (6.5)$$

где

$e_{ai}$  – случайный эксцентриситет массы этажа  $i$  от номинального положения, принимаемый в одинаковом направлении на всех этажах;

$L_i$  – размер перекрытия в направлении ортогональном к направлению сейсмического воздействия.

ПРИМЕЧАНИЕ Применение пункта 6.2.2.2.2 влечет за собой необходимость использования дополнительно не менее четырех расчетных моделей рассматриваемого здания, различающихся между собой только знаками смещения масс от номинального положения.

Необходимость использования нескольких расчетных моделей вызвана тем, что при смещении поэтажных масс относительно их номинального положения, меняются динамические характеристики рассматриваемой конструктивной системы (периоды и формы колебаний), а соответственно расчетные значения сейсмических нагрузок и напряженно-деформированное состояние конструктивных элементов.

Альтернативный вариант учета случайных эксцентриситетов приведен в пункте 6.2.2.2.3.

6.2.2.2.3 [4.3.3.3(1)] При применении пространственной модели крутящие эффекты, вызванные случайными эксцентриситетами, упомянутыми в 6.2.2.2.2, могут быть представлены также в виде результирующей эффектов, соответствующих набору статических крутящих моментов  $M_{ai}$ , действующих относительно вертикальной оси каждого этажа  $i$ :

$$M_{ai} = e_{ai} \cdot F_i, \quad (6.6)$$

где

$M_{ai}$  – крутящий момент, приложенный к  $i$ -му этажу относительно его вертикальной оси;

$e_{ai}$  – случайный эксцентриситет массы  $i$ -го этажа согласно Выражению (6.5) для всех значимых направлений;

$F_i$  – горизонтальная сила, действующая на  $i$ -й этаж как установлено в 6.2.2.1.1 для всех значимых направлений.

ПРИМЕЧАНИЕ При определении набора статических крутящих моментов  $M_{ai}$  допускается учитывать горизонтальные сейсмические силы  $F_i$ , соответствующие только основному тону колебаний здания в рассматриваемом направлении. Положения пункта 6.2.2.2.3 рекомендуется применять при расчете зданий, классифицированных как регулярные в плане и по высоте.

6.2.2.2.4 [4.3.3.3(2)] Эффекты нагружений, определенных в соответствии с 6.2.2.2.3, следует учитывать как с положительными, так и с отрицательными знаками (принимаемыми одинаковыми для всех этажей).

### 6.2.2.3 Комбинации модальных реакций от одной компоненты сейсмического воздействия

6.2.2.3.1 [4.3.3.3.2(1)] Реакции здания, соответствующие двум формам колебаний  $i$  и  $j$  (в том числе, поступательной и крутильной), могут считаться независимыми друг от друга, если периоды этих форм  $T_k$  и  $T_{k+1}$  удовлетворяют (при  $T_{k+1} \leq T_k$ ) следующему условию:

$$T_{k+1} \leq 0,9 \cdot T_k. \quad (6.7)$$

6.2.2.3.2 [4.3.3.3.2(2)] Если все значимые модальные реакции (см. 6.2.2.1.7 – 6.2.2.1.9) могут рассматриваться как независимые друг от друга, то максимальная величина  $E_E$  эффекта сейсмического воздействия может быть принята как «корень квадратный из суммы квадратов» (Square Root of the Sum of the Squares – SRSS):

$$E_E = \pm \sqrt{\sum E_{Ek}^2}, \quad (6.8)$$

где

$E_E$  – эффект рассматриваемого сейсмического воздействия (усилие, перемещение и т.д.);  
 $E_{Ek}$  – значение эффекта сейсмического воздействия по  $k$ -й форме колебаний.

6.2.2.3.3 [4.3.3.3.2(3)P] Если 6.2.2.3.1 не выполняется, то для комбинации модальных максимумов должны быть приняты более точные процедуры, такие как «Полное Квадратичное Сочетание (Complete Quadratic Combination – CQC)».

6.2.2.3.4 Выражение для суммирования модальных максимумов в соответствии с процедурой CQC имеет следующий вид:

$$E_E = \pm \sqrt{\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n E_{Ek} E_{Ej} \rho_{kj}}, \quad (6.9)$$

где

$$\rho_{kj} = \frac{8\sqrt{\xi_k \xi_j} (\xi_k + n\xi_j) n^{1,5}}{10^4 (1-n^2)^2 + 4\xi_k \xi_j n(1+n^2) + 4(\xi_k^2 + \xi_j^2) n^2}, \quad (6.10)$$

$$n = T_j / T_k \quad (T_k \geq T_j) \quad \text{при} \quad n \leq \frac{10}{10 + \sqrt{\xi_k \xi_j}},$$

$\xi$  – показатель демпфирования в долях от критического.

При допущении  $\xi = \xi_k = \xi_j$ , значение  $\rho_{kj}$  можно определять с помощью упрощенного Выражения:

$$\rho_{kj} = \frac{8\xi^2 n^{1,5}}{(1+n)(1-n)^2 + 4\xi^2 n(1+n)}. \quad (6.11)$$

При  $\xi = 0,05$  Выражение (6.11) приобретает вид:

$$\rho_{kj} = \frac{0,02n^{1,5}}{(1+n)(1-n)^2 + 0,01n(1+n)}. \quad (6.12)$$

### 6.2.2.4 Комбинации эффектов от разных компонент сейсмического воздействия

#### 6.2.2.4.1 Комбинации эффектов от разных горизонтальных компонент сейсмического воздействия

6.2.2.4.1.1 [4.3.3.5.1(1)P] В общем случае считается, что горизонтальные компоненты сейсмического воздействия действуют одновременно.

6.2.2.4.1.2 [4.3.3.5.1(2)] Комбинации горизонтальных компонент сейсмического воздействия могут быть составлены следующим образом.

а) Реакция сооружения на каждую компоненту сейсмического воздействия должна быть оценена отдельно, с использованием правил комбинирования для модальных реакций, приведенных в 6.2.2.3.

б) Максимальное значение эффекта каждого воздействия на здание при двух горизонтальных компонентах сейсмического воздействия можно вычислить как корень квадратный из суммы квадратов значений эффектов от каждой горизонтальной компоненты.

$$E_E = \pm \sqrt{E_{Ex}^2 + E_{Ey}^2}, \quad (6.13)$$

в) Правило б) в целом дает безопасную оценку вероятных эффектов сейсмических воздействий, одновременных с максимальным воздействием.

Для вычисления вероятных одновременных значений эффектов от двух горизонтальных компонент сейсмического воздействия можно использовать более точные модели.

6.2.2.4.1.3 [4.3.3.5.1(3)] В качестве альтернативы 6.2.2.4.1.2 эффекты воздействия, обусловленные одновременным действием двух горизонтальных компонент сейсмического воздействия, могут быть вычислены с использованием двух следующих Выражений:

$$а) E_{Edx} \text{ “+” } 0,30 \cdot E_{Edy}, \quad (6.14)$$

$$б) 0,30 \cdot E_{Edx} \text{ “+” } E_{Edy}, \quad (6.15)$$

где

“+” – подразумевает «комбинацию с...»;

$E_{Edx}$  – представляет собой эффекты воздействия от приложения сейсмического воздействия вдоль выбранной горизонтальной оси  $x$  здания;

$E_{Edy}$  – представляет собой эффекты воздействия от приложения того же самого сейсмического воздействия вдоль ортогональной оси  $y$  здания.

6.2.2.4.1.5 [4.3.3.5.1(5)P] Знак каждой компоненты в вышеуказанной комбинации должен приниматься как наиболее неблагоприятный для рассматриваемого эффекта воздействия.

#### 6.2.2.4.2 Комбинации эффектов от горизонтальных и вертикальной компонент сейсмического воздействия

6.2.2.4.2.1 В соответствии с положениями 4.3.3.5.2(1) СП РК EN 1998-1:2004/2012, если  $a_{vg}$  больше, чем  $0,25g$  ( $2,5 \text{ м/с}^2$ ), то параметры вертикальной компоненты сейсмического воздействия (определяемого в соответствии с НТП РК 08-01.1-2012 (см. 4.2.3))

следует учитывать в следующих случаях:

- для горизонтальных или почти горизонтальных конструкций с пролетом 20 м и более;
- для горизонтальных или почти горизонтальных консольных частей конструкций длиной более 5 м;
- для горизонтальных или почти горизонтальных предварительно напряженных частей конструкций;
- для балок, поддерживающих колонны;
- при расчете зданий с сейсмоизолирующим фундаментом.

6.2.2.4.2.2 В дополнение к положениям 6.2.2.4.2.1 вертикальную компоненту сейсмического воздействия при  $a_{vg}$  больше, чем  $0,25g$  ( $2,5 \text{ м/с}^2$ ) следует учитывать в следующих случаях:

- при расчете зданий на устойчивость против опрокидывания и скольжения;
- при расчете каменных зданий;
- при расчете зданий высотой более 9 этажей;
- для вертикальных конструкций «гибких» каркасных этажей;
- для свайных конструкций с высоким ростверком;
- при расчете подвесных конструкций и их креплений.

6.2.2.4.2.3 [4.3.3.5.2(2)] Определение эффектов от вертикальной компоненты сейсмического воздействия может быть основано на парциальной модели здания, которая включает элементы, на которые, как считается, действует вертикальная компонента (например, элементы, перечисленные в пункте 6.2.2.4.2.1, и учитывает жесткость смежных элементов.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Парциальная модель, помимо элементов, для которых важен учет вертикальной компоненты сейсмического воздействия, должна включать также связанные с ними конструктивные элементы.

Все остальные элементы, например, расположенные в смежных пролетах, могут учитываться в виде связей с соответствующими жесткостями.

6.2.2.4.2.4 [4.3.3.5.2(4)] Для учета эффектов одновременного действия горизонтальных и вертикальных компонент сейсмического воздействия могут быть применены правила 6.2.2.4.1.3, распространенные на три компоненты сейсмического воздействия:

$$E_E = \pm \sqrt{E_{Ex}^2 + E_{Ey}^2 + E_{Ez}^2} . \quad (6.16)$$

В качестве альтернативы для вычисления эффектов воздействия могут быть использованы все три следующие комбинации:

$$E_{Edx} \text{ “+” } 0,30 \cdot E_{Edy} \text{ “+” } 0,30 \cdot E_{Edz}; \quad (6.17)$$

$$0,30 \cdot E_{Edx} \text{ “+” } E_{Edy} \text{ “+” } 0,30 \cdot E_{Edz}; \quad (6.18)$$

$$0,30 \cdot E_{Edx} \text{ “+” } 0,30 \cdot E_{Edy} \text{ “+” } E_{Edz}; \quad (6.19)$$

где

“+” – подразумевает «комбинацию с...»;

$E_{Edx}$  и  $E_{Edy}$  – как в 6.2.2.4.1.3;



$E_{Edz}$  – эффекты воздействия от приложения сейсмического воздействия вдоль вертикальной оси  $z$  здания.

### 6.2.2.5 Определение перемещений

6.2.2.5.1 [4.3.4(1)P] При выполнении линейного расчета, перемещения, вызванные расчетным сейсмическим воздействием, могут быть определены на основе упругих деформаций конструктивной системы с помощью следующего упрощенного Выражения:

$$d_s = q_d d_e, \quad (6.20)$$

где

$d_s$  – перемещение точки конструктивной системы, вызванное расчетным сейсмическим воздействием;

$q_d$  – коэффициент поведения при перемещениях, принимаемый равным  $q$ , если иное не определено;

$d_e$  – перемещение в той же самой точке конструктивной системы, определенное по результатам линейного расчета, основанного на расчетном спектре реакции, принятом согласно НТП РК 08-01.1-2012 (4.2.5).

Значение  $d_s$  не должно быть больше, чем значение, полученное из спектра упругой реакции.

6.2.2.5.2 [4.3.4(2)P] При определении перемещений  $d_e$  необходимо учитывать эффекты крутильных колебаний.

## 6.2.3 Сейсмические нагрузки на неконструктивные элементы

### 6.2.3.1 Общие сведения

6.2.3.1.1 [4.3.5.1(1)P] Неконструктивные элементы зданий (например, парапеты, фронтоны, антенны, механические дополнительные элементы и оборудование, несущие стены, перегородки, ограждения), которые при отказе могут представлять опасность для людей, влиять на основную конструкцию здания или на функционирование важного оборудования, должны быть проверены на сопротивляемость расчетному сейсмическому воздействию вместе с элементами их крепления.

6.2.3.1.2 [4.3.5.1(2)P] Расчет на сейсмические воздействия неконструктивных элементов особой ответственности или тех, разрушения которых представляют особую опасность, должен базироваться на реалистичной модели и на использовании спектров реакций, соответствующих реакциям элементов основной конструктивной системы в местах крепления к ней неконструктивных элементов.

6.2.3.1.3 [4.3.5.1(3)] Во всех остальных случаях допускаются обоснованные упрощения этой процедуры (например, как указано в 6.2.3.2.2).

### 6.2.3.2 Проверка

6.2.3.2.1 [4.3.5.2(1)P] Неконструктивные элементы, а также их крепления и анкеровка креплений должны быть проверены при сейсмической расчетной ситуации.

ПРИМЕЧАНИЕ При проверке следует учитывать влияние на работу здания нагрузок, передающихся от неконструктивных элементов или их креплений. Рекомендации по креплению неконструктивных элементов к конструктивным элементам оговорены в СП РК EN 1992-1-1:2004/2011 (см. 2.7) и в соответствующих Пособиях к нему.

6.2.3.2.2 [4.3.5.2(2)] Эффекты сейсмического воздействия могут быть определены путем приложения к неконструктивным элементам горизонтальной силы  $F_a$ :

$$F_a = (S_a \cdot W_a \cdot \gamma_a) / q_a, \quad (6.21)$$

где

$F_a$  – горизонтальная сейсмическая сила в рассматриваемом направлении неконструктивного элемента, принятая сосредоточенной в его центре массы;

$W_a$  – вес неконструктивного элемента;

$S_a$  – коэффициент сейсмичности, применяемый для неконструктивных элементов (см. 6.2.3.2.4 этого подраздела);

$\gamma_a$  – коэффициент ответственности неконструктивного элемента, см. 6.2.3.3;

$q_a$  – коэффициент поведения неконструктивного элемента (см. Таблицу 6.1).

ПРИМЕЧАНИЕ Значения коэффициента  $q_a$ , приведенные в Таблице 6.1, а также положения пунктов 6.2.3.2.3 и 6.2.3.2.4 являются альтернативными по отношению к положениям СП РК EN 1998-1:2004/2012.

6.2.3.2.3 При определении эффектов сейсмического воздействия с помощью Выражения (6.21) следует соблюдать следующие ограничения:

$$1,5 \cdot a \cdot S \cdot \gamma_a \cdot W_a \leq F_a \leq 4,0 \cdot a \cdot S \cdot \gamma_a \cdot W_a. \quad (6.22)$$

где

$a$  – отношение расчетного ускорения  $a_g$  грунта типа IA к ускорению силы тяжести  $g$ .

6.2.3.2.4 Коэффициент сейсмичности  $S_a$  может быть вычислен с использованием Выражения (6.23), являющегося альтернативным по отношению к Выражению (4.25) СП РК EN 1998-1:2004/2012:

$$S_a = a \cdot a_p \cdot S \cdot \left( 1 + 2 \cdot \frac{z}{H} \right), \quad (6.23)$$

где

$a_p$  – коэффициент динамичности, учитывающий усиление колебаний неконструктивного элемента, определяемый по Таблице 6.1;

$S$  – коэффициент, характеризующий грунтовые условия площадки строительства;

$z$  – высота расположения неконструктивного элемента над уровнем приложения сейсмического воздействия (от фундамента или от верха жесткой подземной части);

$H$  – высота здания от фундамента или от верха жесткой подземной части.

**Таблица 6.1 – Значения коэффициентов  $a_p$  и  $q_a$  для неконструктивных элементов здания**

Типы неконструктивных элементов	$a_p$	$q_a$
Консольные элементы, имеющие по сравнению со зданием незначительные сечения и массу		
Стены и перегородки консольного типа (например, парапеты, фронтоны или перегородки, закрепленные только в основании)	2,5	2,5
Декоративные элементы Табло и рекламные щиты Дымовые или вытяжные трубы, мачты и резервуары на стойках, работающие как безвантовые консоли на протяжении более половины их полной высоты	2,5	
Трубы, мачты и резервуары на стойках, работающие как безвантовые консоли на протяжении менее половины их полной высоты или закрепленные оттяжками в уровне центра масс конструкции или выше этого уровня	1,5	
Внешние неконструктивные элементы (кроме консольных элементов) и их соединения со зданием		
Навесные фасады и элементы облицовки Ограждающие стены из навесных панелей	1,2*/2,0**	2,5
Элементы крепления навесных фасадов, ограждающих стен и декоративных элементов		2,0
Самонесущие и несущие стены, декоративные элементы	1,2	2,5
Элементы крепления самонесущих и несущих стены		2,0
Внутренние перегородки		
Каменные и подобные им перегородки	1,5*/1,0**	2,5
Перегородки из других материалов	1,2*/1,0**	
Анкерные элементы для крепления		
Анкерные элементы для постоянных шкафов и книжных стеллажей, установленных на перекрытии	1,5	2,0
Анкерные элементы для подвесных потолков и крепежа осветительных приборов		
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1 Значения коэффициента <math>a_p</math> не отмеченные звездочками допускается применять при определении сейсмических нагрузок, действующих на неконструктивный элемент в любом направлении.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2 Значения коэффициентов <math>a_p</math> и <math>q_a</math> допускается уточнять по результатам экспериментальных и теоретических исследований.</p> <p>_____</p> <p>* – при определении нагрузок, действующих из плоскости неконструктивного элемента;</p> <p>** – при определении нагрузок, действующих в плоскости неконструктивного элемента.</p>		

6.2.3.2.5 Горизонтальная сейсмическая сила  $F_a$ , условно принятая в Выражении (6.21) сосредоточенной в центре массы неконструктивного элемента, при проверке этого элемента может быть приложена в соответствии с фактическим распределением его массы.

6.2.3.2.6 Для учета эффектов одновременного действия на неконструктивный элемент горизонтальных и вертикальных компонент сейсмического воздействия следует применять положения раздела 6.2.2.4.2.

6.2.3.2.7 Комбинации эффектов сейсмических воздействий с эффектами других воздействий следует определять в соответствии с положениями НТП РК 08-01.1-2012 (см. подраздел 4.4).

6.2.3.2.8 Для неконструктивных элементов, расположенных на уровне поверхности земли и ниже, следует принимать  $z = 0$ .

6.2.3.2.9 Если технологические или природно-климатические воздействия на неконструктивные элементы превышают сейсмические воздействия, то при проектировании их следует рассматривать как определяющие.

6.2.3.2.10 При определении сейсмических нагрузок на неконструктивные элементы модально-спектральным методом:

- значение коэффициента поведения  $q$  для здания следует принимать равным 1,0;
- значение коэффициента ответственности для здания  $\gamma_l$  следует принимать в соответствии с классом ответственности, установленным для здания (см. Раздел 5);
- значение коэффициента, учитывающего высоту здания  $\gamma_h$ , следует принимать в соответствии с положениями пункта 6.2.2.1.1 и примечанием к нему;
- значения коэффициента поведения  $q_a$  для неконструктивных элементов следует принимать по данным Таблицы 6.1;
- значения коэффициента ответственности  $\gamma_a$  для неконструктивных элементов следует принимать в соответствии с 6.2.3.3.

### 6.2.3.3 Коэффициенты ответственности

6.2.3.3.1 [4.3.5.3(1)P] Коэффициент ответственности  $\gamma_a$  следует принимать не менее 1,5 для следующих неконструктивных элементов:

- элементов анкерровки машин и оборудования, необходимых для функционирования систем жизнеобеспечения населения после землетрясения;
- резервуаров и сосудов, содержащих токсичные или взрывчатые вещества, рассматриваемые как опасные для населения.

6.2.3.3.2 [4.3.5.3(2)] Во всех остальных случаях коэффициент ответственности  $\gamma_a$  для неконструктивных элементов может быть принят равным  $\gamma_a = 1,0$ .

## 7 ПРОВЕРКИ БЕЗОПАСНОСТИ

### 7.1 Общие сведения

7.1.1 [4.4.1(1)P] При проверках безопасности должны быть рассмотрены соответствующие предельные состояния (см. ниже 7.2 и 7.3) и специальные мероприятия (см. 2.2.4 НТП РК 08-01.1-2012).

7.1.2 [4.4.1(2)] Для зданий классов ответственности отличных от IV (см. Таблицу 5.1) проверки, предписанные в 7.2 и 7.3, могут считаться удовлетворенными, если два следующих условия выполняются одновременно:

а) суммарная поперечная сила в основании, соответствующая сейсмической расчетной ситуации, вычисленная с коэффициентом поведения, значение которого соответствует значению применимому к конструкциям с низким демпфированием (см. 2.2.2.3 и 2.2.2.4 НТП РК 08-01.1-2012), меньше, чем поперечная сила, соответствующая другим комбинациям воздействий, при которых здание проектируется на основе линейного упругого расчета. Это требование относится к поперечным силам для всего здания в уровне основания (верха фундамента или верха жесткой подземной части);

б) учтены специальные мероприятия, описанные в 2.2.4 НТП РК 08-01.1-2012, за исключением положений 2.2.4.1.3 и 2.2.4.1.4.

### 7.2 Критическое предельное состояние

#### 7.2.1 Общие сведения

7.2.1.1 [4.4.2.1(1)P] Требование отсутствия разрушения (критического предельного состояния) в условиях сейсмической расчетной ситуации считается выполненным, если соблюдаются следующие условия, относящиеся к сопротивляемости, пластичности, равновесию, устойчивости фундамента и к соединениям.

#### 7.2.2 Условие сопротивляемости

7.2.2.1 [4.4.2.2(1)P] Следующее неравенство должно выполняться для всех конструктивных элементов здания, включая соединения и значимые неконструктивные элементы:

$$E_d \leq R_d, \quad (7.1)$$

где

$E_d$  – расчетное значение эффекта воздействия, соответствующего сейсмической расчетной ситуации (см. СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 (6.4.3.4)), включая, при необходимости, эффекты второго рода (см. 7.2.2.2). Допускается перераспределение изгибающих моментов согласно СП РК EN 1992-1-1:2004/2011; СП РК EN 1993-1-1:2005/2011 и СП РК EN 1994-1-1:2004/2011;

$R_d$  – расчетное сопротивление элемента, вычисленное в соответствии с правилами, принятыми для использованного материала (на основании характеристических величин свойств материала  $f_k$  и частного коэффициента  $\gamma_m$ ) и в соответствии с моделями, относящимися к конкретному типу конструктивной системы,

приведенными в Разделах 5 – 9 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в других соответствующих нормативных документах.

7.2.2.2 [4.4.2.2(2)] Эффекты второго рода (Р-Δ эффект) могут не учитываться, если для всех этажей здания выполняется следующее условие:

$$\theta = \frac{P_{\text{tot}} \cdot d_r}{V_{\text{tot}} \cdot h} \leq 0,10, \quad (7.2)$$

где

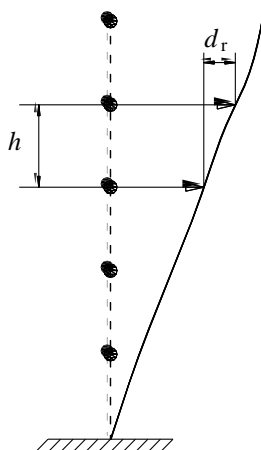
$\theta$  – коэффициент чувствительности к перекосу этажа, значение которого зависит от разности средних горизонтальных перемещений  $d_s$  верхнего и нижнего перекрытий рассматриваемого этажа;

$P_{\text{tot}}$  – полная гравитационная нагрузка на рассматриваемом этаже и над ним в сейсмической расчетной ситуации;

$d_r$  – разность средних горизонтальных перемещений  $d_s$  верхнего и нижнего перекрытий рассматриваемого этажа (см. Рисунок 7.1); горизонтальные перемещения  $d_s$  перекрытий рассматриваемого этажа определяются в соответствии с положениями 6.2.2.5.1;

$V_{\text{tot}}$  – суммарная сейсмическая поперечная сила в уровне этажа;

$h$  – высота этажа.



**Рисунок 7.1 – К определению разности  $d_r$  средних горизонтальных перемещений  $d_s$  верхнего и нижнего перекрытий рассматриваемого этажа**

7.2.2.3 [4.4.2.2(3)] Если  $0,1 < \theta \leq 0,2$ , то эффекты второго рода можно приближенно учесть, умножив значимые эффекты сейсмического воздействия на коэффициент, равный  $1/(1 - \theta)$ .

7.2.2.4 [4.4.2.2(4)P] Значение коэффициента  $\theta$  не должно быть более 0,3.

7.2.2.5 [4.4.2.2(6)] Усталостное сопротивление при сейсмической расчетной ситуации проверять не требуется.

### 7.2.3 Условия общей и локальной пластичности

7.2.3.1 [4.4.2.3(1)P] Необходимо проверить, что элементы конструкции и здание в целом обладают достаточной пластичностью, соответствующей степени ее предполагаемого использования, зависящего от выбранной системы и коэффициента поведения.

7.2.3.2 [4.4.2.3(2)P] Для обеспечения требуемой конфигурации пластических шарниров и предотвращения хрупкого разрушения конструкций должны быть выполнены специальные требования по материалам, как это указано в Разделах 5 – 9 СП РК EN 1998-1:2004/2012, и, если это предусмотрено, положения проектирования по предельной несущей способности, позволяющие обеспечить необходимую последовательность изменения сопротивляемости разных структурных компонентов.

7.2.3.3 [4.4.2.3(3)P] В многоэтажных зданиях формирование механизма пластического деформирования в гибких этажах должно быть исключено, поскольку такой механизм может вызвать чрезмерные местные пластические деформации в колоннах гибкого этажа.

7.2.3.4 [4.4.2.3(4)] Если иное не указано в Разделах 5 – 8 СП РК EN 1998-1:2004/2012, то для выполнения требования 7.2.3.3, в каркасных зданиях и зданиях эквивалентных каркасным, как определено 5.1.2(1) СП РК EN 1998-1:2004/2012, высотой два этажа и более этажей, во всех соединениях первичных или вторичных балок с первичными колоннами необходимо соблюдать следующее условие:

$$\Sigma M_{Rc} \geq 1,3 \Sigma M_{Rb}, \quad (7.3)$$

где

$\Sigma M_{Rc}$  – сумма расчетных значений моментов сопротивления колонн в узловых соединениях. В Условии (7.3) следует использовать минимальные значения моментов, которые в диапазоне осевых сил, соответствующих сейсмической расчетной ситуации, определяют сопротивления колонн;

$\Sigma M_{Rb}$  – сумма расчетных значений моментов сопротивления балок в зонах узловых соединений. При использовании соединений с частичной прочностью моменты сопротивления этих соединений также учитываются при определении  $\Sigma M_{Rb}$ .

**ПРИМЕЧАНИЕ** Строгая интерпретация Условия (7.3) требует вычисления моментов в центре узлового соединения. Эти моменты соответствуют расчетным значениям моментов сопротивления изгибу колонн или балок на наружных поверхностях узловых соединений, плюс соответствующий допуск на моменты, вызванных сдвигами на поверхностях узлов. Однако потеря точности, если допуск на сдвиг не учтен, является несущественной, а полученное упрощение значительным. Такая аппроксимация считается допустимой

7.2.3.5 [4.4.2.3(5)] Условие (7.3) должно соблюдаться в двух ортогональных вертикальных плоскостях изгиба, которые в зданиях с рамами, расположенными в двух ортогональных направлениях, определяются этими двумя направлениями. Условие (7.3) должно соблюдаться для обоих направлений (положительного и отрицательного) действия моментов балки вокруг узла соединения, причем моменты колонн всегда противодействуют моментам балок. Если конструктивная система представляет собой каркас или эквивалент каркаса только в одном из двух главных горизонтальных направлений конструктивной системы, то Условие (7.3) должно выполняться только в пределах вертикальной плоскости по этому направлению.

7.2.3.6 [4.4.2.3(6)] Правила 7.2.3.4 и 7.2.3.5 можно не применять для верхнего этажа многоэтажных зданий.

7.2.3.7 [4.4.2.3(7)] Правила проектирования по предельной несущей способности, направленные на предотвращение хрупкого разрушения, приведены в Разделах 5 – 7 СП РК EN 1998-1:2004/2012.

7.2.3.8 [4.4.2.3(8)] Правила 7.2.3.1 и 7.2.3.2 считаются выполненными, если соблюдены все следующие условия:

а) обеспечиваются механизмы пластического деформирования, определенные путем простого нелинейного статического расчета;

б) потребности в общей, межэтажной и местной пластичности, а также потребности в деформативности, определенные простым нелинейным статическим расчетом (с различными схемами горизонтальных нагрузок), не превышают его соответствующих возможностей;

в) хрупкие элементы работают в упругой области.

#### 7.2.4 Условие равновесия

7.2.4.1 [4.4.2.4(1)P] Конструктивная система здания при сейсмической расчетной ситуации, указанной в 6.4.3.4 СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011, должна быть устойчивой на опрокидывание и на сдвиг (скольжение).

7.2.4.2 При расчете на опрокидывание конструктивные системы следует условно рассматривать как жесткое недеформируемое тело. Удерживающий момент от вертикальной нагрузки должен превышать опрокидывающий момент от горизонтальной расчетной сейсмической нагрузки не менее чем в 1,5 раза.

7.2.4.3 При расчете на сдвиг удерживающая горизонтальная сила должна превышать горизонтальную расчетную сейсмическую нагрузку (сдвигающую силу) не менее чем в 1,2 раза.

7.2.4.4 Для вычисления эффектов сейсмического воздействия, учитываемых при проверке конструктивных систем на опрокидывание и сдвиг, следует использовать комбинации эффектов от сейсмических воздействий из Выражений (6.17) – (6.19) и учитывать наиболее неблагоприятные направления горизонтальных и вертикальных сейсмических воздействий.

7.2.4.5 [4.4.2.4(2)] В особых случаях равновесие при сейсмическом воздействии, описанном в 4.3.1 НТП РК 08-01.1-2012, может быть проверено с помощью методов энергетического баланса или методами, учитывающими геометрическую нелинейность.

#### 7.2.5 Сопrotивляемость горизонтальных диафрагм

7.2.5.1 [4.4.2.5(1)P] Диафрагмы и связи жесткости в горизонтальных плоскостях должны быть способны с соответствующим резервом прочности передавать эффекты расчетного сейсмического воздействия системам, с которыми они соединены.

7.2.5.2 [4.4.2.5(2)] Требование 7.2.5.1 считается выполненным, если при соответствующих проверках сопротивляемости, эффекты сейсмического воздействия в горизонтальной диафрагме, полученные при расчете, умножаются на коэффициент запаса прочности  $\gamma_d$ , имеющий значение более 1,0.

**Значения коэффициента  $\gamma_d$ : 1,3 – для форм хрупкого разрушения, таких как сдвиг в бетонных диафрагмах, и 1,1 – для форм пластичного разрушения.**

7.2.5.3 [4.4.2.5(3)] Указания по проектированию железобетонных горизонтальных диафрагм приведены в 5.10 СП РК EN 1998-1:2004/2012.



### 7.2.6 Сопротивляемость фундаментов

7.2.6.1 [4.4.2.6(1)P] Фундаментная система должна соответствовать требованиям СП РК EN 1998-5:2004/2013 и СП РК EN 1997-1:2004/2011.

7.2.6.2 [4.4.2.6(2)P] Эффекты воздействия для элементов фундамента должны быть определены расчетом по предельной несущей способности с учетом возможного наличия у сооружения резервов прочности, но они не должны превышать эффекты воздействия, соответствующие реакции сооружения в сейсмической расчетной ситуации при его упругом поведении ( $q = 1,0$ ).

7.2.6.3 [4.4.2.6(3)] Если эффекты воздействия на фундаменты были определены с использованием значения коэффициента поведения  $q$ , применяющегося к низкодиссипативным конструкциям (см. 2.2.2.2 и 2.2.2.3 НТП РК-08-01.1-2012), то расчеты по предельной несущей способности в соответствии с 7.2.6.2 не требуются.

7.2.6.4 [4.4.2.6(4)] Для фундаментов отдельных вертикальных элементов (стен или колонн), пункт 7.2.6.2 считается выполненным, если расчетные значения эффектов воздействия  $E_{Fd}$  на фундаменты получены следующим образом:

$$E_{Fd} = E_{F,G} + \gamma_{Rd} \Omega E_{F,E}, \quad (7.4)$$

где

$\gamma_{Rd}$  – коэффициент резерва прочности, принятый равным 1,0 при  $q \leq 3$  или равным 1,2 в других случаях;

$E_{F,G}$  – эффект несейсмических воздействий, входящих в комбинацию воздействий для сейсмической расчетной ситуации (см. СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 (6.4.3.4));

$E_{F,E}$  – эффект воздействия при сейсмической расчетной ситуации;

$\Omega$  – значение  $(R_{di}/E_{di}) \leq q$  для диссипативной зоны или элемента  $i$  здания, которые имеют наибольшее влияние на рассматриваемый эффект  $E_F$ ; где

$R_{di}$  – расчетное сопротивление зоны или элемента  $i$ ;

$E_{di}$  – расчетное значение эффекта воздействия на зону или элемент  $i$  в сейсмической расчетной ситуации.

7.2.6.5 [4.4.2.6(5)] Для фундаментов несущих стен или колонн рамных каркасов, коэффициент  $\Omega$  – это минимальное значение соотношения  $M_{Rd}/M_{Ed}$  в двух ортогональных главных направлениях в наименьшем поперечном сечении вертикального элемента, в котором возможно формирование пластического шарнира при сейсмической расчетной ситуации.

7.2.6.6 [4.4.2.6(6)] Для фундаментов колонн каркасов с концентрическими связями,  $\Omega$  – это минимальное значение соотношения  $N_{pl,Rd}/N_{Ed}$  по всем растянутым диагональным связям связевого каркаса (см. 6.7.4(1) СП РК EN 1998-1:2004/2012).

7.2.6.7 [4.4.2.6(7)] Для фундаментов колонн каркасов с эксцентрическими связями  $\Omega$  – это минимальное из следующих двух значений: минимального соотношения  $V_{pl,Rd}/V_{Ed}$  из всех коротких сейсмических звеньев и минимального соотношения  $M_{pl,Rd}/M_{Ed}$  из всех промежуточных и длинных звеньев в связевом каркасе (см. 6.8.3(1) СП РК EN 1998-1:2004/2012).

7.2.6.8 [4.4.2.6(8)] Для фундаментов, являющихся общими для более чем одного

вертикального элемента (фундаментные балки, ленточные фундаменты, ростверки и т.п.) требование 7.2.6.2 считается выполненным, если значение  $\Omega$ , используемое в Выражении (7.4), получено для вертикального элемента с наибольшей горизонтальной поперечной силой в сейсмической расчетной ситуации, или, альтернативно, если в Выражении (7.4) значение  $\Omega = 1$  применяется совместно со значением коэффициента резерва прочности  $\gamma_{Rd}$ , увеличенным до 1,4.

## 7.2.7 Требование к антисейсмическим швам

7.2.7.1 Антисейсмические швы следует выполнять с соблюдением требований, приведенных в 7.2.7.1.1 – 7.2.7.1.5.

7.2.7.1.1 Антисейсмические швы, как правило, должны разделять здания по всей высоте. Антисейсмические швы следует совмещать с температурными и осадочными швами.

7.2.7.1.2 Антисейсмические швы допускается не устраивать в фундаментах:

- одноэтажных каркасных зданий;
- зданий (отсеков), возводимых на площадках, сейсмическая опасность которых характеризуется значениями  $a_g \cdot S$  не более 0,25g (за исключением случаев, когда антисейсмический шов совпадает с осадочным);

- зданий (отсеков), возводимых на площадках, с грунтовыми условиями IA, IB и II, сейсмическая опасность которых характеризуется значениями  $a_g \cdot S$  не более 0,5g (за исключением случаев, когда антисейсмический шов совпадает с осадочным).

7.2.7.1.3 Антисейсмические швы следует выполнять путем возведения парных стен, парных рам или рамы и стены.

7.2.7.1.4 Конструкции антисейсмических швов и их заполнения не должны препятствовать взаимным перемещениям смежных отсеков при землетрясениях.

7.2.7.1.5 Обеспечивать возможность взаимных смещений смежных отсеков за счет подвижки пролетных конструкций, свободно лежащих на конструкциях смежных этажей, не допускается.

7.2.7.2 [4.4.2.7(1)P] Здания должны быть защищены от соударений, вызванных колебаниями смежных конструкций или независимых отсеков этого здания при землетрясении.

7.2.7.3 Условие 7.2.7.2 считается выполненным, если соблюдаются два следующих условия:

- а) ширина антисейсмического шва составляет не менее суммарного горизонтального перемещения двух смежных отсеков; горизонтальные перемещения смежных отсеков следует вычислять с помощью Выражения (6.20);

- б) ширина антисейсмического шва составляет не менее 50 мм на первые 5 м высоты здания и увеличивается на 30 мм на каждые последующие 5 м высоты здания.

## 7.3 Ограничение ущерба

### 7.3.1 Общие сведения

7.3.1.1 [4.4.3.1(1)] Требование ограничения ущерба считается выполненным, если при сейсмическом воздействии, имеющем большую вероятность возникновения, чем

расчетное сейсмическое воздействие, соответствующее требованию отсутствия разрушения согласно НТП РК-08-01.1-2012, междуэтажные сдвиги ограничены согласно 7.3.2.

7.3.1.2 [4.4.3.1(2)] Дополнительные проверки ограничения повреждений могут потребоваться в случае важности зданий для гражданской защиты или для зданий, содержащих чувствительное оборудование.

### 7.3.2 Ограничение межэтажного перекоса

7.3.2.1 [4.4.3.2(1)] Следующие ограничения должны быть рассмотрены, если иное не указано в Разделах 5 – 9 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и Пособиях к указанным разделам:

а) для зданий, имеющих неконструктивные элементы из хрупкого материала, прикрепленные к конструкции:

$$d_{rs}v \leq 0,005h; \quad (7.5)$$

б) для зданий, имеющих пластические неконструктивные элементы:

$$d_{rs}v \leq 0,0075h; \quad (7.6)$$

в) для зданий, имеющих неконструктивные элементы, закрепленные таким образом, чтобы не оказывать влияние на деформации конструкции, или для зданий без неконструктивных элементов:

$$d_{rs}v \leq 0,010h, \quad (7.7)$$

где

$d_{rs}$  – расчетный перекос этажа, вычисленный в соответствии с 7.3.2.2 и 7.3.2.3;

$h$  – высота этажа;

$v$  – коэффициент редукции, учитывающий более низкий период повторяемости сейсмических воздействий, соответствующих требованию ограничения повреждений.

7.3.2.2 При определении значений  $d_{rs}$  следует учитывать, что перемещения этажа в системе здания обусловлены двумя факторами:

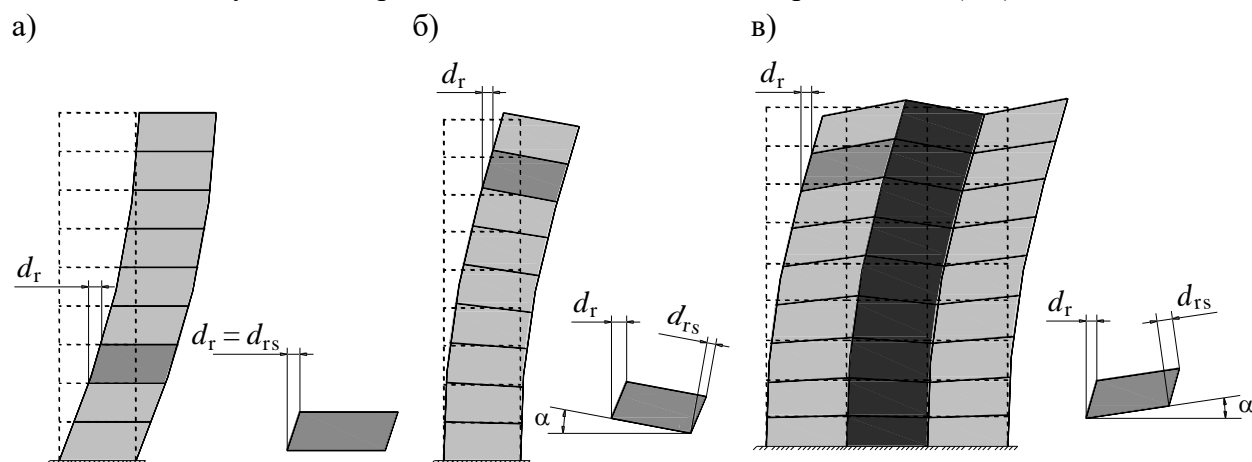
а) перемещениями этажа как жесткого тела;

б) собственным перекосом (деформированием) этажа под действием горизонтальных нагрузок.

Расчетные значения  $d_{rs}$  следует определять без учета перемещений этажа как жесткого тела.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Перемещения этажа как жесткого тела обусловлены горизонтальной податливостью конструкций нижерасположенных этажей и его поворотом в вертикальной плоскости. Повороты этажа в вертикальной плоскости могут возникать из-за вертикальных деформаций растяжения-сжатия в нижерасположенных вертикальных конструкциях (стенах или колоннах) и/или податливости основания. Перемещения этажа как жесткого тела не вызывают повреждения неконструктивных элементов.

Расчетные значения  $d_{rs}$  следует определять с учетом особенностей деформирования разных конструктивных систем. Для схем деформирования, показанных на Рисунке 7.2, значения  $d_{rs}$  могут быть определены в соответствии с Выражениями (7.8) – (7.10).



**Рисунок 7.2 – К определению расчетных перекосов этажей**

При сдвиговой форме деформирования (Рисунок 7.2 а)), типичной, например, для рамного каркаса с жесткими ригелями, расчетные значения перекосов этажей могут быть определены с помощью Выражения (7.8):

$$d_{rs} = d_r. \quad (7.8)$$

При изгибной или изгибно-сдвиговой форме деформирования, типичной для многоэтажных стеновых систем (Рисунок 7.2 б)), расчетные значения перекосов этажей могут быть определены в соответствии с Выражением (7.9):

$$d_{rs} = d_r - h \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (7.9)$$

При формах деформирования, типичных для конструктивных систем с вертикальными ядрами жесткости и каркасной обстройкой (Рисунок 7.2 в)), расчетные значения перекосов этажей могут быть определены в соответствии с Выражением (7.10):

$$d_{rs} = d_r + h \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (7.10)$$

где

$d_r$  – разность горизонтальных перемещений  $d_s$  верхнего и нижнего перекрытий рассматриваемого этажа; горизонтальные перемещения  $d_s$  перекрытий рассматриваемого этажа, определенная с учетом кручения здания в плане в соответствии с положениями 6.2.2.5.1;

$\alpha$  – угол поворота рассматриваемого этажа в вертикальной плоскости как жесткого тела.

7.3.2.3 [4.4.3.2(2)] Значение коэффициента редукции  $\nu$  зависит от класса ответственности здания. При его использовании подразумевается, что спектр упругой реакции сейсмического воздействия, при котором требование ограничения ущерба должно быть удовлетворено, имеет ту же самую форму, что и спектр упругой реакции расчетного сейсмического воздействия, соответствующего требованию критического предельного состояния.

Значения  $\nu$  следует принимать: 0,4 – для классов ответственности III и IV и 0,5 – для классов ответственности I и II [4.4.3.2(2)].

## **7.4 Дополнительные требования для каркасов с заполнением из каменной кладки**

### **7.4.1 Общие сведения**

7.4.1.1 [4.3.6.1(1)P] Подразделы 7.4.1 – 7.4.3 применимы для каркасов и двойных железобетонных конструктивных систем, эквивалентных каркасным системам класса DCH (см. Раздел 5 СП РК EN 1998-1:2004/2011), а также для стальных или сталежелезобетонных моментных каркасов класса DCH (см. Разделы 6 и 7 СП РК EN 1998-1:2004/2011), взаимодействующих с неконструктивным заполнением из каменной кладки, отвечающей всем следующим требованиям:

а) кладка выполнена после выполнения бетонного каркаса или после сборки стального каркаса;

б) кладка находится в контакте с каркасом (т.е. без специальных разделительных швов), но без конструктивного соединения с ним (через связи, пояса, стойки или шпонки);

ПРИМЕЧАНИЕ В соответствии с 7.4.1.1 б) стеновое заполнение не должно иметь конструктивного соединения с каркасом в плоскости заполнения. Связи, обеспечивающие конструктивное соединение стенового заполнения с каркасом из плоскости и уменьшающие опасность выпадения кладки из плоскости, следует предусматривать в обязательном порядке.

в) заполнения из кладки рассматриваются как неконструктивные элементы.

7.4.1.2 [4.3.6.1(2)] Хотя область применения 7.4.1 – 7.4.3 ограничивается согласно 7.4.1.1, эти подразделы предусматривают критерии, которые на практике могут оказаться полезными при выборе правильных методов проектирования бетонных, стальных или сталежелезобетонных конструкций классов DCM или DCL с заполнениями из каменной кладки. В частности, они применимы для групп неконструктивных элементов, которые могут быть уязвимы к повреждениям из плоскости, и для которых установка соответствующих связей может уменьшить опасность выпадения каменной кладки.

7.4.1.3 [4.3.6.1(3)P] Положения, касающиеся возможности модификации сооружения в будущем, должны распространяться также на заполнения каркасов.

7.4.1.4 [4.3.6.1(4)] Для стеновых или двойных железобетонных систем эквивалентных стеновым, а также для связевых стальных или сталежелезобетонных систем взаимодействием с каменными заполнениями можно пренебречь.

7.4.1.5 [4.3.6.1(5)] Если каменное заполнение является частью конструктивной системы, сопротивляющейся сейсмическим воздействиям, то расчет и проектирование каменной кладки следует выполнять в соответствии с критериями и правилами, приведенными в СП РК EN 1998-1:2004/2011 (Раздел 9) и в Пособии к нему.

7.4.1.6 [4.3.6.1(6)] Требования и критерии, приведенные в 7.4.2, считаются выполненными, если выполняются правила, приведенные в 7.4.3 и 7.4.4, и специальные правила, приведенные в СП РК EN 1998-1:2004/2012 (Разделах 5 – 7) и в Пособиях к ним.

## 7.4.2 Требования и критерии

7.4.2.1 [4.3.6.2(1)P] Необходимо учитывать последствия нерегулярностей в плане, обусловленных заполнением.

7.4.2.2 [4.3.6.2(2)P] Необходимо учитывать последствия нерегулярностей по высоте, обусловленных заполнением.

7.4.2.3 [4.3.6.2(3)P] Необходимо учитывать большие неопределенности, связанные с поведением заполнений (а именно, изменчивость механических свойств заполнений и их креплений к смежным конструкциям, возможную модификацию заполнений в процессе эксплуатации здания, а также неравномерность повреждений заполнений во время землетрясения).

7.4.2.4 [4.3.6.2(4)P] Необходимо учитывать возможные неблагоприятные локальные взаимодействия заполнения и каркаса (например, сдвиговые разрушения колонны при поперечных силах, обусловленных диагональным распорным действием заполнения (см. СП РК EN 1998-1:2004/2012 (Разделы 5 – 7) и Пособия к ним).

## 7.4.3 Нерегулярности, обусловленные заполнением из каменной кладки

### 7.4.3.1 Нерегулярность в плане

7.4.3.1.1 [4.3.6.3.1(1)] Следует избегать значительной нерегулярности, асимметрии или неравномерности в расположении заполнения в плане (принимая во внимание размеры проемов или отверстий в заполнении).

7.4.3.1.2 [4.3.6.3.1(2)] В случае значительной нерегулярности сооружения в плане из-за несимметричного расположения заполнения, для расчета здания следует использовать пространственные модели. Заполнения должны быть включены в модель и должен быть выполнен анализ влияния расположения и свойств заполнений (например, путем игнорирования одного из трех или четырех стеновых заполнений в пространственном каркасе, особенно на более податливых сторонах) на реакцию здания. Особое внимание следует уделять проверке способности конструктивных элементов, расположенных на податливых сторонах здания (т.е. наиболее удаленных от мест расположения заполнения) сопротивляться крутильным колебаниям, обусловленным расположением заполнения.

7.4.3.1.3 [4.3.6.3.1(3)] Панели заполнения с более чем одним значительным отверстием или проемом (например, дверным и оконным и т.д.) не должны приниматься во внимание в моделях, принятых для расчетов, выполняемых в соответствии с 7.4.3.1.2 этого подраздела.

### 7.4.3.2 Нерегулярность по высоте

7.4.3.2.1 [4.3.6.3.2(1)P] Если имеют место значительные нерегулярности по высоте (например, резкое уменьшение жесткости заполнения в одном или более этажах по сравнению с другими), то эффекты сейсмического воздействия в вертикальных элементах соответствующих этажей должны быть увеличены.

7.4.3.2.2 [4.3.6.3.2(2)] Если не используется более точная модель, то 7.4.3.2.1 считается выполненным, если вычисленные значения эффектов сейсмического воздействия принимаются с повышающим коэффициентом  $\eta$ , определяемым из Выражения:

$$\eta = (1 + \Delta V_{Rw} / \Sigma V_{Ed}) \leq q, \quad (7.11)$$

где

$\Delta V_{Rw}$  – общее уменьшение сопротивления стен из каменной кладки на рассматриваемом этаже по сравнению с более заполненным верхним этажом;

$\Sigma V_{Ed}$  – сумма сейсмических поперечных сил, действующих на все вертикальные первичные элементы рассматриваемого этажа.

7.4.3.2.3 [4.3.6.3.2(3)] Если значение повышающего коэффициента  $\eta$ , определенное из Выражения (7.11), менее 1,1, то коэффициент  $\eta$  можно не учитывать.

#### 7.4.4 Ограничение повреждений заполнения

7.4.4.1 [4.3.6.4(1)] Для конструктивных систем, упомянутых в 7.4.1.1 и принадлежащих ко всем классам пластичности L, M или H, за исключением случаев низкой сейсмичности (см. 3.3.1.3 НТП РК 08-01.1-2012), следует принимать соответствующие меры, позволяющие избежать хрупкого разрушения и преждевременной потери целостности стенового заполнения (в частности, панелей из каменной кладки с проемами или из хрупких материалов), а также частичного или полного разрушения из плоскости тонких стен из каменной кладки. Особое внимание следует уделять стенам из каменной кладки с коэффициентом гибкости (отношение меньшей длины или высоты к толщине) больше 15.

7.4.4.2 [4.3.6.4(2)] Мероприятия по улучшению целостности и характера поведения стенового заполнения в плоскости и из плоскости в соответствии с 7.4.4.1 данного подраздела включают в себя применение:

- легких арматурных сеток, хорошо заанкеренных на одной поверхности стены;
- анкерных связей, закрепленных к колоннам и заделанных в горизонтальные швы каменной кладки, а также бетонных стоек и поясов на всю толщину стены.

7.4.4.3 [4.3.6.4(3)] Если в любой из стен заполнения есть большие проемы или отверстия, то их грани должны быть обрамлены поясами и стойками.

**Приложение А**  
(информационное)

**Правила определения центра жесткости, центра масс, радиуса кручения и радиуса инерции в плане здания**

**А.1 Общие сведения**

А.1.1 [4.2.3.2(7)] В одноэтажных зданиях центр жесткости определяется как центр горизонтальной жесткости всех первичных сейсмических элементов.

Радиус кручения  $r$  определяется как корень квадратный из отношения общей жесткости на кручение относительно центра горизонтальной жесткости к общей горизонтальной жесткости в одном направлении, вычисленной с учетом всех первичных элементов в этом направлении.

А.1.2 [4.2.3.2(8)] В многоэтажных зданиях возможно лишь приближенное определение положения центра жесткости и радиуса кручения.

Приближенное определение положения центра жесткости и радиуса кручения, необходимое для классификации конструктивной регулярности здания в плане и для приближенной оценки эффектов кручения, возможно, если выполняются два следующих условия:

а) все конструкции, сопротивляющиеся сейсмическим нагрузкам, такие как ядра жесткости, стены или каркасы непрерывны от фундамента до верха здания;

б) при горизонтальных нагрузках формы деформирования отдельных вертикальных конструкций здания различаются незначительно. Это условие может соблюдаться для рамных и стеновых конструктивных систем; для двойных систем это условие, как правило, не соблюдается.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Проверку регулярности двойных систем рекомендуется выполнять в соответствии с положениями подраздела 3.4.

А.1.3 [4.2.3.2(9)] В каркасах и системах с высокими стенами, в которых преобладают изгибные деформации, положение центров жесткостей и радиуса кручения всех этажей могут быть вычислены с учетом моментов инерции поперечных сечений вертикальных элементов. Если в дополнение к изгибным деформациям имеют место также значительные деформации сдвига, то их можно учесть путем назначения эквивалентного момента инерции поперечного сечения.

А.1.4 При применении правил определения центра масс, центра жесткости, радиуса кручения  $r$  и радиуса инерции следует учитывать, что эти правила не распространяются на здания, у которых:

– конструктивные системы не соответствуют условиям, оговоренным в А.1.2 а) и А.1.2 б);

– междуэтажные перекрытия (покрытия) нельзя рассматривать как недеформируемые в своей плоскости диски.



## А.2 Определение центра жесткости, центра масс, радиуса кручения и радиуса инерции каркасных зданий

А.2.1 Положение точки, являющейся центром масс в k-м уровне здания (Рисунок А.1), определяется соотношениями:

$$x_{km} = \frac{\sum m_{ki} \cdot x_{ki}}{M}, \quad (A.1)$$

$$y_{km} = \frac{\sum m_{ki} \cdot y_{ki}}{M}, \quad (A.2)$$

где

$m_{ki}$  – масса здания, сосредоточенная в i-й точке k-го уровня;

$x_{ki}$  и  $y_{ki}$  – расстояния от координатных осей X и Y до массы  $m_{ki}$  в уровне k;

$M$  – масса этажа в рассматриваемом уровне;

$x_{km}$  и  $y_{km}$  – расстояния от координатных осей X и Y до точки, являющейся центром масс k-го уровня здания.

А.2.2 Положение точки, являющейся центром жесткостей в рассматриваемом уровне здания (Рисунок А.1), определяется соотношениями:

$$x_{kc} = \frac{\sum C_{ki}^y \cdot x_{ki}}{\sum C_{ki}}, \quad x_{kc} = \frac{\sum C_{ki}^x \cdot x_{ki}}{\sum C_{ki}} \quad (A.3)$$

$$y_{kc} = \frac{\sum C_{ki}^x \cdot y_{ki}}{\sum C_{ki}}, \quad y_{kc} = \frac{\sum C_{ki}^y \cdot y_{ki}}{\sum C_{ki}} \quad (A.4)$$

где

$C_{ki}^x$  и  $C_{ki}^y$  – жесткости вертикальных конструкций i в направлениях координатных осей X и Y в k-м уровне здания;

$x_{ki}$  и  $y_{ki}$  – расстояния от координатных осей X и Y до вертикальной конструкции i;

$x_{kc}$  и  $y_{kc}$  – расстояния от координатных осей X и Y до точки, являющейся центром жесткости k-го уровня здания;

Суммирование жесткостей производится по всем вертикальным конструкциям, жесткость которых учитывается в расчете.

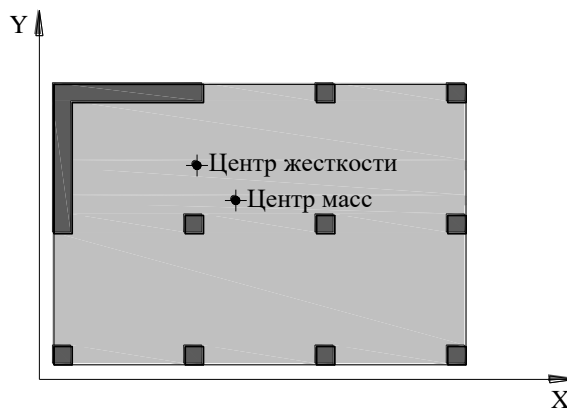


Рисунок А.1 – К определению положений центров масс и жесткостей здания

А.2.3 Радиусы кручения в уровне рассматриваемого перекрытия определяются соотношениями:

$$r_x = \sqrt{\frac{K_{k\varphi}}{\sum C_{kx}}}, \quad (\text{A.5})$$

$$r_y = \sqrt{\frac{K_{k\varphi}}{\sum C_{ky}}}, \quad (\text{A.6})$$

где

$C_{kx}, C_{ky}$  – жесткости вертикальных конструкций в уровне  $k$  в направлениях осей  $X$  и  $Y$  соответственно;

$K_{k\varphi}$  – крутильная жесткость  $k$ -го этажа здания в уровне рассматриваемого перекрытия (при условии, что рассматриваемый этаж свободно поворачивается в горизонтальной плоскости, а остальные закреплены), определяемая следующим Выражением:

$$K_{k\varphi} = \sum (C_{ki}^y \cdot l_{xi}^2 + C_{ki}^x \cdot l_{yi}^2), \quad (\text{A.7})$$

где

$l_{xi}$  и  $l_{yi}$  – расстояния от центра жесткости до каждой вертикальной конструкции в направлениях осей  $X$  и  $Y$  соответственно.

А.2.4 Радиус инерции массы этажа в плане определяется с помощью следующего Выражения:

$$l_s = \sqrt{\frac{J_{k\varphi}}{M}}, \quad (\text{A.8})$$

где  $J_{k\varphi}$  – полярный момент инерции массы этажа в плане относительно центра масс этажа, определяемый из Выражения:

$$J_{k\varphi} = \sum (m_{ki} \cdot l_{xi}^2 + m_{ki} \cdot l_{yi}^2), \quad (\text{A.9})$$

А.5 Для прямоугольных зданий с размерами сторон  $l$  и  $b$  и равномерно распределенной массой радиус инерции массы этажа в плане допускается определять с помощью Выражения (А.10):

$$l_s = \sqrt{\frac{(l^2 + b^2)}{12}}. \quad (\text{A.10})$$

## Приложение Б (информационное)

### Общие сведения о нелинейных методах расчета

#### Б.1 Общие положения

Б.1.1 [4.3.3.4.1(1)P] Математическая модель, используемая для упругого расчета здания, должна быть соответствующим образом развита и содержать описания прочности конструктивных элементов и их поступругого поведения.

ПРИМЕЧАНИЕ Настоящее приложение содержит только общие сведения о порядке применения нелинейных методов расчета. Более подробная информация содержится в СП РК EN 1998-1:2004/2012.

Б.1.2 [4.3.3.4.1(2)] На уровне элементов, как минимум, следует использовать билинейную зависимость «усилие-деформация». Для армированных бетонных и каменных зданий упругая жесткость билинейной зависимости «усилие-деформация» должна соответствовать жесткости поперечных сечений с трещинами (см. 4.3.1(7) СП РК EN 1998-1:2004/2011).

Для пластичных элементов, в которых в процессе восприятия нагрузок отклонения от упругой работы появятся предположительно за пределом текучести, упругая жесткость билинейной зависимости должна представлять собой секущую жесткость к точке текучести. Допускается также применение трилинейных зависимостей «усилие-деформация», которые учитывают жесткости элемента до и после трещинообразования.

Б.1.3 [4.3.3.4.1(3)] После предела текучести допускается предполагать нулевую жесткость. Если ожидается деградация прочности, например, в стенах из каменной кладки или в других хрупких элементах, то это следует учесть в диаграмме «сила-деформация» этих элементов.

Б.1.4 [4.3.3.4.1(4)] Если иное не оговорено, то свойства элементов должны основываться на средних значениях показателей свойств материалов. Для новых конструкций средние значения показателей свойств материала могут быть оценены по соответствующим характеристическим величинам на основании информации, содержащейся в СП РК EN 1992 – СП РК EN 1996 либо в других стандартах на материалы.

Б.1.5 [4.3.3.4.1(6)] При определении для конструктивных элементов зависимостей «сила-деформация» должны учитываться осевые силы от гравитационных нагрузок. Изгибающими моментами, возникающими в вертикальных конструктивных элементах от гравитационных нагрузок, если они существенно не влияют на общую работу конструкций можно пренебречь.

Б.1.6 [4.3.3.4.1(7)P] Сейсмическое воздействие должно быть приложено как в положительном, так и в отрицательном направлениях; использовать следует максимальные сейсмические эффекты.

Б.1.7 [4.4.2.2(5)] Если расчетные воздействия  $E_d$  получены с использованием нелинейного метода расчета, то проверка безопасности по пункту 7.2.2.1 ( $E_d \leq R_d$ ) должна применяться в виде усилий только для хрупких элементов.

Для диссипативных зон, которые рассчитаны и законструированы с учетом пластичности, Условие сопротивляемости (7.1) должно быть удовлетворено с позиций деформаций элемента (например, пластического шарнира или пластического поворота). Причем деформативные способности элемента должны определяться с применением соответствующих частных коэффициентов по материалам (см. также СП РК EN 1992-1-1:2004/2011 (5.7(2) и 5.7(4P))).

## Б.2 Простой нелинейный статический расчет

Б.2.1 [4.3.3.4.2.1(1)] Простой (pushover) нелинейный статический расчет – это расчет, выполняемый при постоянных гравитационных нагрузках и монотонно возрастающих горизонтальных нагрузках. Он может применяться для проверки характеристик конструктивных систем вновь проектируемых и существующих зданий в следующих целях:

- а) для проверки или пересмотра значения коэффициента резерва прочности  $\alpha_u/\alpha_1$ ;
- б) для выявления ожидаемых механизмов пластического деформирования и распределения повреждения;
- в) для оценки характеристик конструктивных систем существующих или модифицируемых зданий в соответствии с правилами СП РК EN 1998-3:2004/2012;
- г) как альтернатива расчету, основанному на линейном упругом анализе, который использует коэффициент поведения  $q$ . В этом случае в качестве основы для расчета должны применяться целевые перемещения, принимаемые в соответствии с 4.3.3.4.2.6(1)Р СП РК EN 1998-1:2004/2012.

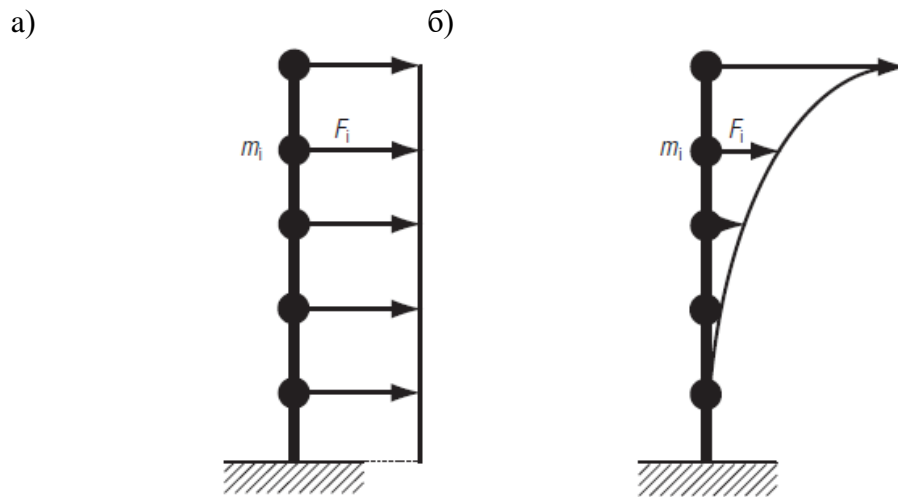
Б.2.2 [4.3.3.4.2.1(2)P] Расчет зданий, не отвечающих критериям регулярности 3.2 или критериям 4.3.3.1(8)a – d) СП РК EN 1998-1:2004/2012, должен выполняться с использованием пространственной модели. Могут быть выполнены два независимых расчета на горизонтальные нагрузки, приложенные только в одном направлении.

Б.2.3 [4.3.3.4.2.1(3)] Расчет зданий, отвечающих критериям регулярности 3.2 или критериям 4.3.3.1(8)a – d) СП РК EN 1998-1:2004/2012, может быть выполнен с использованием двух плоских моделей, по одной для каждого главного горизонтального направления.

Б.2.4 [4.3.3.4.2.2(1)] Следует принимать не менее двух схем распределения горизонтальных нагрузок по высоте здания (Рисунок Б.1):

- схему «равномерного» распределения, при которой значения горизонтальных сил пропорциональны массам и не зависят от высоты расположения масс (равномерное распределение инерционных сил);
- схему «модального» распределения, при которой, распределение горизонтальных сил в рассматриваемом направлении соответствует линейно-упругому расчету (выполненному в соответствии с 6.2.2).

Б.2.5 [4.3.3.4.2.5(1)P] Механизмы пластического деформирования здания должны быть определены для двух применяемых распределений горизонтальной нагрузки по высоте здания. Механизмы пластического деформирования должны соответствовать механизмам, на которых основывается коэффициент поведения  $q$ , используемый при проектировании.



**Рисунок Б.1 – Две схемы распределения горизонтальных нагрузок по высоте здания**

Б.2.6 [4.3.3.4.2.2(2)P] Горизонтальные силы в расчетной модели должны быть приложены в местах расположения масс (см. Рисунок Б.1). Случайный эксцентриситет следует учитывать в соответствии с 6.2.2.2.2.

Б.2.7 [4.3.3.4.2.3(1)] Зависимость между поперечной силой в основании сооружения и контролируемым перемещением («кривая несущей способности») должна быть определена посредством простого нелинейного статического расчета. Диапазон контролируемых перемещений должен иметь значения от нуля до 150 % от целевого перемещения, принятого согласно СП РК EN 1998-1:2004/2012 (см. 4.3.3.4.2.6(1)P).

Б.2.8 [4.3.3.4.2.3(2)] Контролируемое перемещение допускается определять в центре масс в уровне покрытия здания. Верхние уровни надстроек на покрытии здания не следует рассматривать в качестве покрытия.

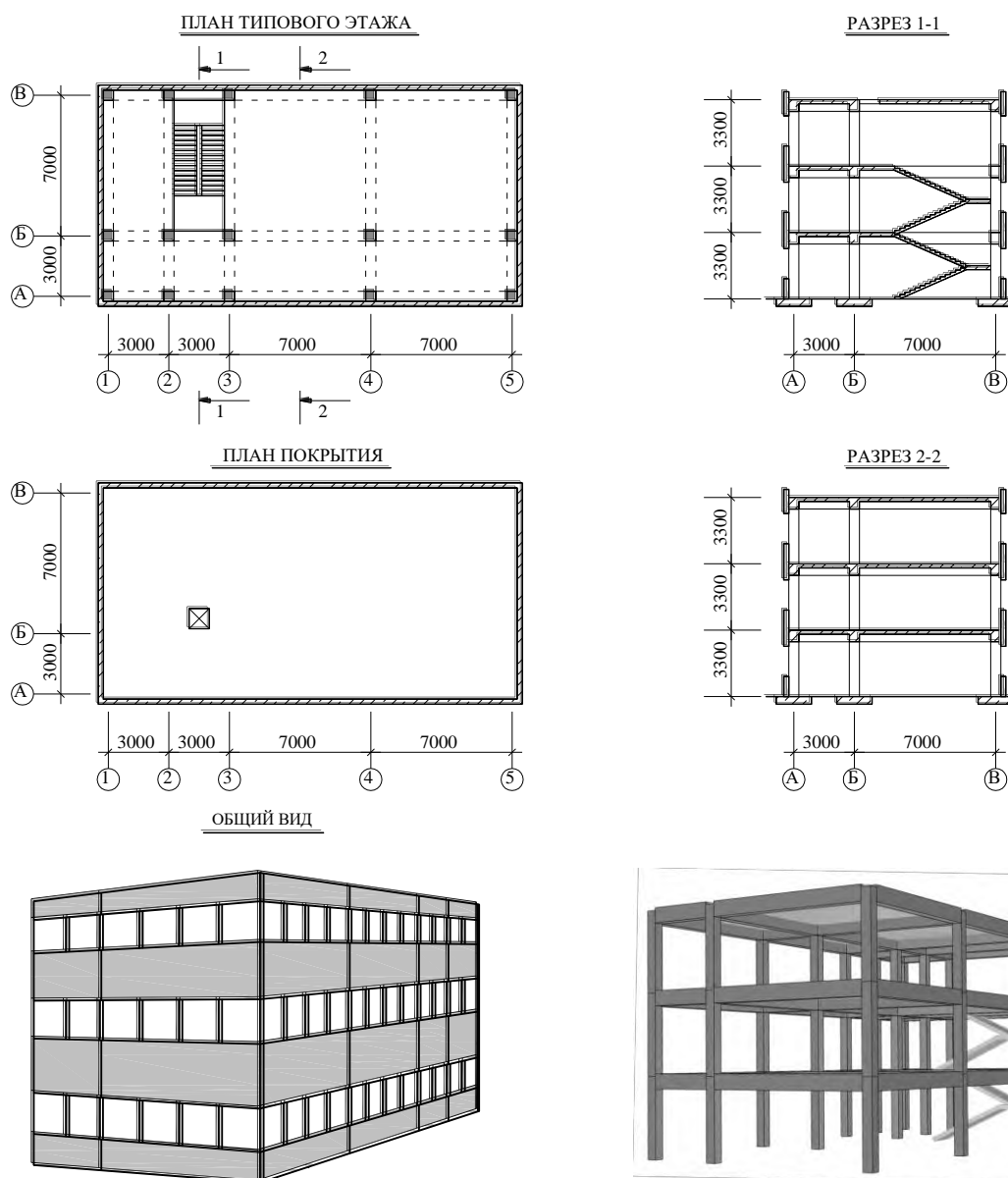
## Приложение В (информационное)

### Примеры оценки регулярности зданий в плане по результатам общих расчетов

#### ПРИМЕР 1 Оценка регулярности трехэтажного здания.

##### Исходные данные.

Здание трехэтажное каркасное. По своему назначению относится к категории общественных зданий. Схематические планы, разрезы и общие виды здания и каркаса приведены на Рисунке В.1.



**Рисунок В.1 – Схематические план, разрезы и общие виды здания и каркаса.**

Каркас в продольном и поперечном направлениях здания принят рамным, с жесткими узлами.

Колонны – монолитные железобетонные сечением 400 мм × 400 мм.

Ригели – монолитные железобетонные сечением 400 мм × 600(h) мм.

Перекрытия – монолитные железобетонные плиты толщиной 200 мм.

Лестничные марши и площадки – из монолитного железобетона с приведенной толщиной 200 мм.

Материал несущих конструкций – тяжелый бетон класса по прочности на сжатие С20/25.

Наружные стены – навесные из легких панелей с ленточным остеклением.

Перегородки – каркасной конструкции из легких эффективных материалов.

Кровля – совмещенная, рулонная.

Значения постоянных (G) и переменных (Q) нагрузок, учитываемых при определении масс здания, приведены в Таблице В.1.

**Таблица В.1 – Определение значений G и Q**

Элементы здания	Единица измерения	Расчет		Значения G
<b>Постоянные нагрузки</b>				
Колонна	кН/м.п.	0,4 × 0,4 × 24		3,84
Ригель (без учета плиты)	кН/м.п.	0,4 × 0,4 × 24		3,84
Перекрытие	кН/м <sup>2</sup>	0,2 × 24		4,80
Лестничные марши и площадки	кН/м <sup>2</sup>	0,2 × 24		4,80
Навесные стены (с учетом остекления)	кН/м <sup>2</sup>			0,40
Перегородки	кН/м <sup>2</sup>			0,50
Полы	кН/м <sup>2</sup>			1,00
Кровля	кН/м <sup>2</sup>			1,00
<b>Переменные нагрузки</b>				
Элементы здания	Единица измерения	Характеристические значения нагрузок Q	Расчет $Q \cdot \psi_{Ei} = Q \cdot \phi \cdot \psi_{2i}$	Значения $Q \cdot \psi_{Ei}$
Покрытие (снеговая)	кН/м <sup>2</sup>	0,7	$0,7 \times 1,0 \times 0,2$	0,00
Помещения офисов	кН/м <sup>2</sup>	2,0	$2,0 \times 0,8^* \times 0,3$	0,48
Коридоры	кН/м <sup>2</sup>	4,0	$4,0 \times 0,8^* \times 0,3$	0,96
Лестничные марши и площадки	кН/м <sup>2</sup>	4,0	$4,0 \times 0,8^* \times 0,3$	0,96
* $\phi = 0,8$ при коррелированной нагрузке от людей				

Расчетная схема здания принята в виде пространственной системы (3D), состоящей из стержневых и пластинчатых конечных элементов (Рисунок В.2).

Расчет здания выполнялся с учетом:

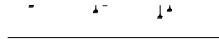
- жесткости лестничных маршей;
- жесткости междуэтажных перекрытий и покрытия в горизонтальной плоскости (ослабленных проемами).

В расчетной схеме стержневыми конечными элементами моделировались колонны и ригели, пластинчатыми – междуэтажные перекрытия, покрытие и лестничные марши.

Здание условно принято жестко заземленным в основании.

Влияние навесных стен и перегородок на работу каркаса не учитывалось.

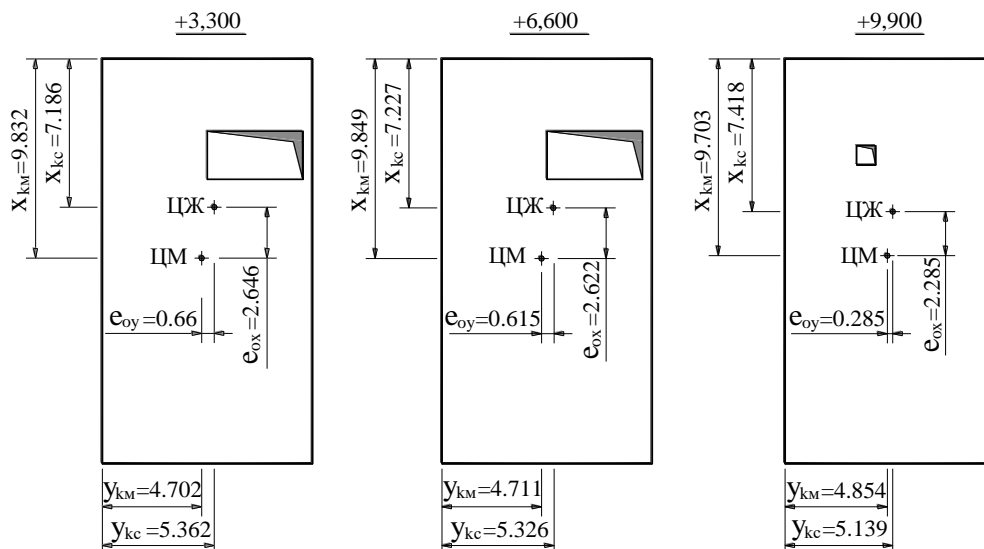
Расчеты здания выполнялись с помощью программы «STRAP 2012».



**Рисунок В.2 – Расчетная схема здания**

Результаты общего расчета, характеризующие положение центров масс и жесткостей здания в уровнях междуэтажных перекрытий и значения эксцентриситетов между центрами масс и жесткостей даны в Таблице В.2 и на Рисунке В.3.

Схемы деформирования зданий по первым шести формам колебаний, периоды, соответствующие этим формам, относительные значения максимальных и минимальных перемещений краев перекрытий ( $\Delta_{\max}$  и  $\Delta_{\min}$ ) при поступательных формах колебаний, а так же соотношения между этими перемещениями приведены в Таблице В.3.



**Рисунок В.3 – Положения центров масс и жесткостей в уровнях междуэтажных перекрытий**

В соответствии с результатами общего расчета здания максимальное и среднее значения горизонтальных перемещений в плане покрытия здания различаются по первой форме на 48,5 %, а по четвертой форме – на 43 %.






**Вывод.** Рассмотренная конструктивная схема, из-за ее несоответствия критериям, приведенным в 3.4.1.1 б) и 3.4.1.2 б), классифицируется как чрезмерно нерегулярная в плане.



Таблица В.2 – Координаты центров масс и центров жесткостей в уровнях междуэтажных перекрытий

Междуэтажное перекрытие на отметке, м	Координаты центра масс, м		Координаты центра жесткостей, м		Эксцентриситеты между центрами масс и жесткостей, м	
	X	Y	X	Y	e <sub>ox</sub>	e <sub>oy</sub>
3,30	9,832	4,702	7,186	5,362	2,646	0,660
6,60	9,849	4,711	7,227	5,326	2,623	0,615
9,90	9,703	4,854	7,418	5,139	2,285	0,285

Таблица В.3 – Результаты общего расчета здания

Номер формы	T, с	Схема деформирования	$\Delta_{\max}$	$\Delta_{\min}$	$\Delta_{\text{cp}} = \frac{\Delta_{\max} + \Delta_{\min}}{2}$	$\frac{\Delta_{\max} - \Delta_{\text{cp}}}{\Delta_{\max}} 100\%$
2	0,346		1,0	0,93	0,965	3,5 %
3	0,272		—	—	—	—
4	0,138		1,0	0,14	0,570	43 %
5	0,129		1,0	0,99	0,995	0,5 %
6	0,106		—	—	—	—

## ПРИМЕР 2 Оценка регулярности трехэтажного здания, после изменения его конструктивной схемы

### Исходные данные.

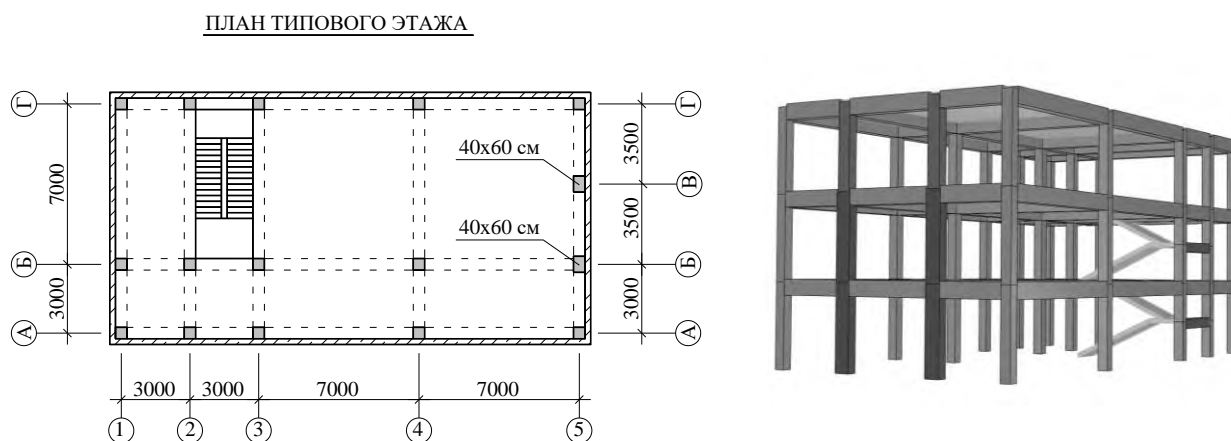
В конструктивную схему каркасного здания, описанную в Примере 1, были внесены следующие изменения:

- на пересечении осей В/5 предусмотрены дополнительные колонны с размерами поперечного сечения в уровнях первого и второго этажей здания  $400\text{ мм} \times 600\text{ мм}$ , а в уровне третьего этажа –  $400\text{ мм} \times 500\text{ мм}$ ;

- размеры поперечного сечения колонн, расположенных на пересечении осей В/5, были увеличены в уровнях первого и второго этажей здания до  $400\text{ мм} \times 600\text{ мм}$ , а в уровне третьего этажа до  $400\text{ мм} \times 500\text{ мм}$ .

Все остальные конструктивные решения каркаса и переменные нагрузки, приведенные в Примере 1, оставлены без изменений.

Схематический план типового этажа и общий вид каркаса показаны на Рисунке В.4.



**Рисунок В.4 – Схематический план и вид каркаса**

Результаты расчетов, характеризующие положение центров масс и жесткостей здания в уровнях междуэтажных перекрытий и значения эксцентриситетов между центрами масс и жесткостей даны в Таблице В.4 и показаны на Рисунке В.5.

Данные об особенностях деформирования зданий по первым шести формам колебаний приведены в Таблице В.5.

В соответствии с результатами общего расчета здания максимальное и среднее значения горизонтальных перемещений в плане покрытия здания различаются по первой форме на 10,5 %, а по четвертой форме – на 11,0 %.

**Вывод.** Рассмотренная конструктивная система не соответствует критерию 3.4.1.1 б), но соответствует критерию 3.4.1.2 б) и классифицируется соответственно как конструктивная система умеренно нерегулярная в плане.

Таблица В.4 – Координаты центров масс и центров жесткостей в уровнях междуэтажных перекрытий

Междуэтажное перекрытие на отметке, м	Координаты центра масс, м		Координаты центра жесткостей, м		Эксцентриситеты между центрами масс и жесткостей, м	
	X	Y	X	Y	$e_{ox}$	$e_{oy}$
3,3	9,947	4,716	9,600	5,388	0,347	0,672
6,6	9,951	4,725	9,527	5,335	0,424	0,610
9,9	9,753	4,861	9,664	5,131	0,089	0,276

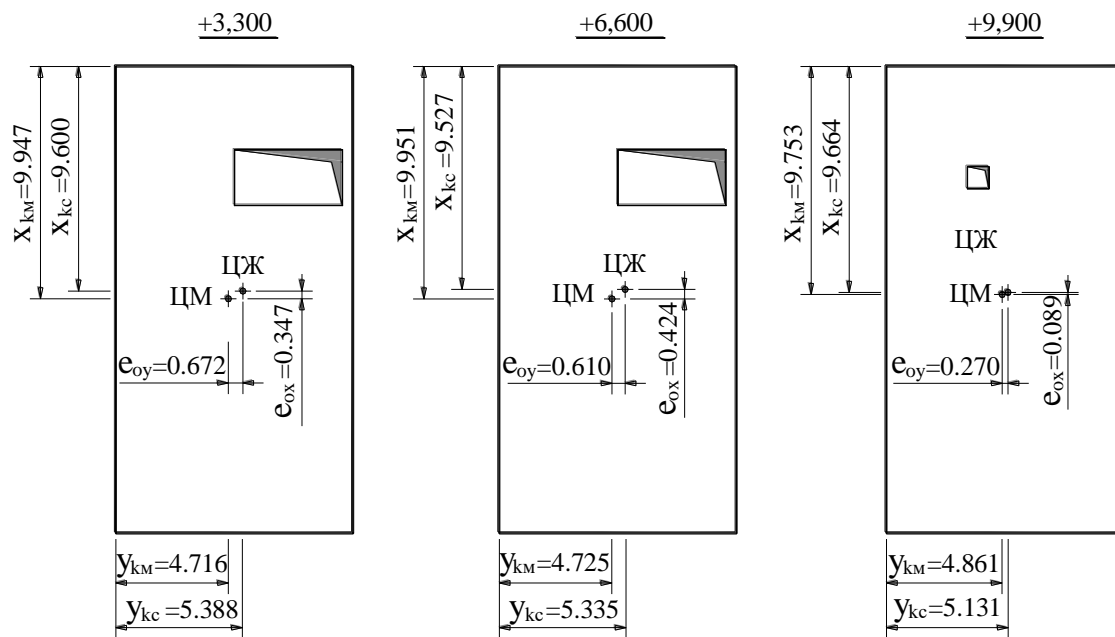






Рисунок В.5 – Положения центров масс и жесткостей в уровнях междуэтажных перекрытий

Таблица В.5 – Результаты общего расчета здания

Номер формы	T, с	Схема деформирования	$\Delta_{max}$	$\Delta_{min}$	$\Delta_{cp} = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2}$	$\frac{\Delta_{max} - \Delta_{cp}}{\Delta_{max}} 100\%$
1	0,341		1,0	0,92	0,960	4 %
2	0,303		1,0	0,79	0,895	10,5 %

Таблица В.5 – Результаты общего расчета здания (продолжение)

Номер формы	T, с	Схема деформирования	$\Delta_{\max}$	$\Delta_{\min}$	$\Delta_{\text{cp}} = \frac{\Delta_{\max} + \Delta_{\min}}{2}$	$\frac{\Delta_{\max} - \Delta_{\text{cp}}}{\Delta_{\max}} 100\%$
3	0,254		—	—	—	—
4	0,127		1,0	1,0	1,0	0 %
5	0,118		1,0	0,78	0,890	11 %
6	0,095		—	—	—	—

### ПРИМЕР 3 Оценка регулярности девятиэтажного здания с ядром жесткости

#### Исходные данные.

Здание девятиэтажное каркасное с ядром жесткости. По своему назначению относится к категории общественных зданий.

Схематические план и разрез здания приведены на Рисунке В.6.

Каркас в продольном и поперечном направлениях здания принят рамным, с жесткими узлами.

Колонны – монолитные железобетонные сечением 500 мм × 500 мм.

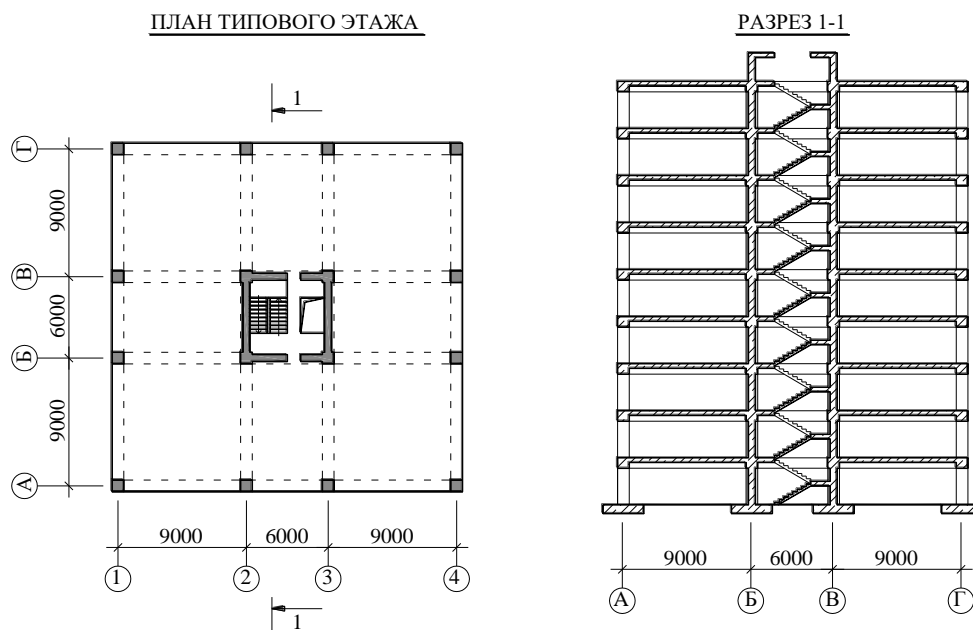
Ригели – монолитные железобетонные сечением 500 мм × 450(h) мм.

Ядро жесткости – монолитное железобетонное с толщиной стен 300 мм.

Перекрытия – монолитные железобетонные кессонного типа с приведенной толщиной 200 мм.

Лестничные марши и площадки – из монолитного железобетона с приведенной толщиной 200 мм.

Материал несущих конструкций – тяжелый бетон класса по прочности на сжатие C20/25.



**Рисунок В.6 – Схематические план и разрез каркаса**

Наружное ограждение здания – кирпичное заполнение каркаса и навесной вентилируемый фасад, не препятствующие деформированию каркаса при сейсмических воздействиях;

Перегородки – каркасной конструкции из легких эффективных материалов.

Кровля – совмещенная, рулонная.

Значения постоянных и переменных нагрузок, учитываемых при определении масс здания, приведены в Таблице В.6.

Расчетная схема здания принята в виде пространственной системы (3D), состоящей из стержневых и плоских конечных элементов (Рисунок В.7).

Расчет здания выполнялся с учетом:

- жесткости лестничных маршей;
- жесткости междуэтажных перекрытий и покрытия в горизонтальной плоскости.

В расчетной схеме стержневыми конечными элементами моделировались колонны и ригеля, пластинчатыми – междуэтажные перекрытия, покрытие и лестничные марши.

Здание условно принято жестко заземленным в основании.

Влияние кирпичного заполнения и перегородок в расчете не учитывалось.

Расчеты здания выполнялись с помощью программы «STRAP 2012».

Результаты расчета здания приведены в Таблицах В.7 и В.8.

В соответствии с результатами общего расчета здания:

- первая форма колебаний здания является крутильной в плане;
- максимальное и среднее значения горизонтальных перемещений в плане покрытия здания по третьей форме различаются на 28 %.

**Вывод.** В соответствии с пунктом 3.4.1.3 здание классифицировано как крутильно-податливое в плане. Рассмотренная конструктивная система, из-за ее несоответствия критериям, приведенным в 3.4.1.1 б) и 3.4.1.2 б), подлежит изменению.

Таблица В.6 – Определение значений  $G$  и  $Q$ 

Элементы здания	Единица измерения	Расчет		Значения $G$
<b>Постоянные нагрузки</b>				
Колонна	кН/м.п.	0,5 × 0,5 × 1,0 × 24		6,00
Ригель (без учета плиты)	кН/м.п.	0,4 × 0,4 × 1,0 × 24		6,00
Перекрытие	кН/м <sup>2</sup>	0,2 × 1,0 × 1,0 × 24		4,80
Лестничные марши и площадки	кН/м <sup>2</sup>	0,2 × 1,0 × 1,0 × 24		4,80
Наружные стены (с учетом оконных проемов)	кН/м <sup>2</sup>			2,85
Перегородки	кН/м <sup>2</sup>			0,50
Полы	кН/м <sup>2</sup>			1,00
Кровля	кН/м <sup>2</sup>			1,00
<b>Переменные нагрузки</b>				
Элементы здания	Единица измерения	Характеристические значения нагрузок $Q$	Расчет $Q \cdot \psi_{Ei} = Q \cdot \varphi \cdot \psi_{2i}$	Значения $Q \cdot \psi_{Ei}$
Покрытие (снеговая)	кН/м <sup>2</sup>	0,7	0,7 × 1,0 × 0,2	0
Помещения офисов	кН/м <sup>2</sup>	2,0	2,0 × 0,5 × 0,3*	0,30
Коридоры, холл	кН/м <sup>2</sup>	4,0	4,0 × 0,5 × 0,3*	0,60
Лестничные марши и площадки	кН/м <sup>2</sup>	4,0	4,0 × 0,5 × 0,3*	0,60
* $\varphi = 0,5$ при некоррелированной нагрузке от людей				

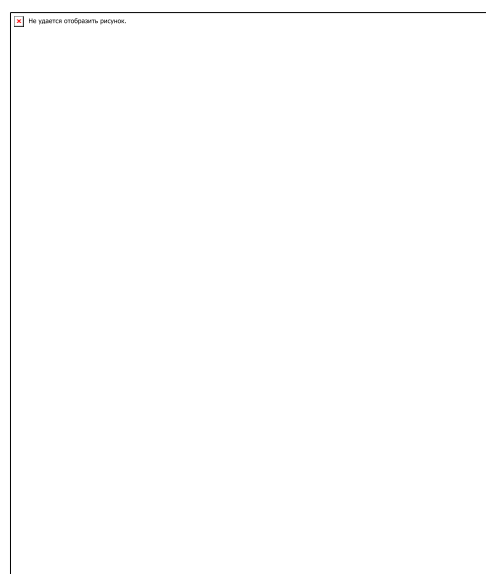
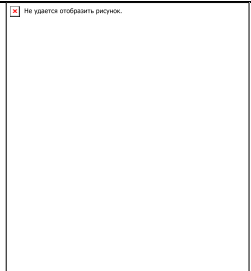
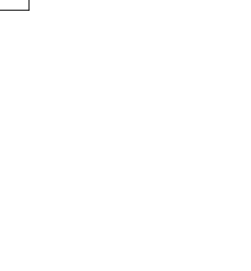
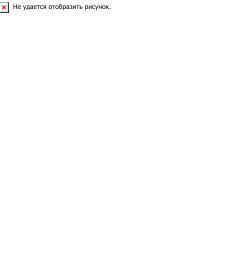


Рисунок В.7 – Общий вид и расчетная схема конструктивной системы

Таблица В.7 – Координаты центров масс и центров жесткостей в уровнях междуэтажных перекрытий

Междуэтажное перекрытие на отметке, м	Координаты центра масс, м		Координаты центра жесткостей, м		Эксцентриситеты между центрами масс и жесткостей, м	
	X	Y	X	Y	e <sub>ox</sub>	e <sub>oy</sub>
3,30	12,004	11,985	11,887	11,997	-0,117	0,013
6,60	12,004	11,985	11,876	11,998	-0,128	0,014
9,90	12,004	11,985	11,864	11,996	-0,139	0,012
13,20	12,004	11,985	11,859	11,996	-0,145	0,011
16,50	12,004	11,985	11,858	11,995	-0,146	0,011
19,80	12,004	11,985	11,859	11,995	-0,145	0,011
23,10	12,004	11,985	11,862	11,995	-0,142	0,010
26,40	12,004	11,985	11,866	11,995	-0,138	0,010
29,70	12,006	11,987	11,873	11,998	-0,133	0,010

Таблица В.8 – Результаты общего расчета здания

Номер формы	T, с	Схема деформирования	$\Delta_{\max}$	$\Delta_{\min}$	$\Delta_{\text{cp}} = \frac{\Delta_{\max} + \Delta_{\min}}{2}$	$\frac{\Delta_{\max} - \Delta_{\text{cp}}}{\Delta_{\max}} 100\%$
1	0,649		—	—	—	—
2	0,647		1,0	0,81	0,905	9,5 %
3	0,638		1,0	0,43	0,715	28,5 %

**ПРИМЕР 4 Оценка регулярности девятиэтажного здания с ядром жесткости после изменения его конструктивной схемы****Исходные данные.**

В конструктивную схему здания, описанную в Примере 3, были внесены следующие изменения:

- по периметру здания были установлены дополнительные колонны;
- размеры поперечного сечения всех колонн были приняты 600 мм × 600 мм.

Схематические план и разрез здания приведены на Рисунке В.8, а общий вид каркаса и его расчетная схема на Рисунке В.9. Результаты расчета здания приведены в Таблицах В.9 и В.10.

В соответствии с результатами общего расчета здания:

- первая и вторая формы колебаний здания в плане не являются крутильными;
- максимальное и среднее значения горизонтальных перемещений в плане покрытия здания по первой форме различаются на 0,5 %, а по второй – 7 %

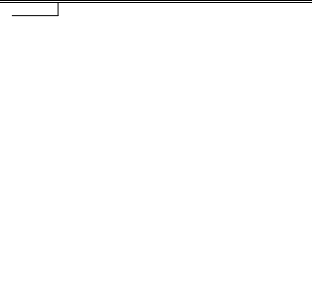
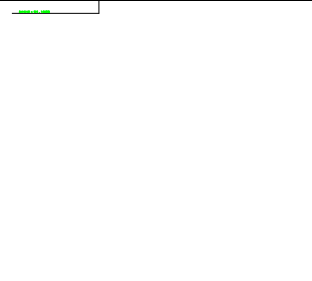
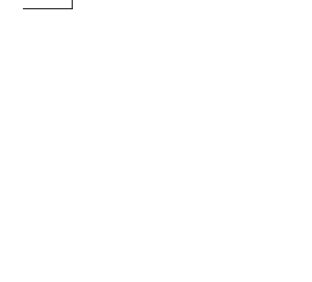
**Рисунок В.8 – Схематические план и разрез****Рисунок В.9 – Общий вид и расчетная схема конструктивной системы**



Таблица В.9 – Координаты центров масс и центров жесткостей в уровнях междуэтажных перекрытий

Междуэтажное перекрытие на отметке, м	Координаты центра масс, м		Координаты центра жесткостей, м		Эксцентриситеты между центрами масс и жесткостей, м	
	X	Y	X	Y	e <sub>ox</sub>	e <sub>oy</sub>
3,30	12,004	11,986	11,865	12,001	-0,138	0,015
6,60	12,004	11,986	11,878	12,001	-0,126	0,015
9,90	12,004	11,986	11,874	12,000	-0,130	0,015
13,20	12,004	11,986	11,872	12,000	-0,131	0,014
16,50	12,004	11,986	11,874	11,999	-0,130	0,013
19,80	12,004	11,986	11,877	11,999	-0,126	0,013
23,10	12,004	11,986	11,883	11,999	-0,121	0,013
26,40	12,004	11,986	11,889	11,999	-0,114	0,013
29,70	12,005	11,988	11,899	12,002	-0,107	0,014

Таблица В.10 – Результаты общего расчета здания

Номер формы	T, с	Схема деформирования	$\Delta_{max}$	$\Delta_{min}$	$\Delta_{cp} = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2}$	$\frac{\Delta_{max} - \Delta_{cp}}{\Delta_{max}} 100\%$
1	0,597		1,0	0,99	0,995	0,5
2	0,588		1,0	0,86	0,93	7
3	0,555		—	—	—	—

**Вывод.** В соответствии с 3.2 – 3.4 здание классифицировано как регулярное в плане и по высоте, обладающее достаточной жесткостью на кручение.

**УДК [63+699.841]**

**МКС 01.120:91.040.01**

---

Ключевые слова: сейсмостойкость, конструктивные системы, однородность, регулярность, сейсмичность площадки, балл, комбинации усилий, классы ответственности, ограничение повреждений формы колебаний, пиковое ускорение, сейсмическое воздействие, акселерограмма землетрясения, спектр реакций, расчетная модель, коэффициент, тип грунтовых условий, критическое предельное состояние, предельное состояние по ограничению перемещений, специальные мероприятия, комбинация сейсмических воздействий.

---

*Ресми басылым*

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ  
ҚҰРЫЛЫС, ТҰРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ  
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ

**Қазақстан Республикасының  
НОРМАТИВТІК–ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

**НТҚ 08-01.2-2012**

**СЕЙСМИКАҒА ТӨЗІМДІ ҒИМАРАТТАРДЫ ЖОБАЛАУ.  
Азаматтық ғимараттарды жобалау. Жалпы талаптар бөлімі**

Басылымға жауаптылар: «ҚазҚСҒЗИ» АҚ

050046, Алматы қаласы, Солодовников көшесі, 21  
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – қабылдау бөлмесі

*Издание официальное*

КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО  
ХОЗЯЙСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ МИНИСТЕРСТВА  
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**НОРМАТИВНО–ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
Республики Казахстан**

**НТП 08-01.2-2012**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ  
Часть. Проектирование гражданских зданий. Общие требования**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21  
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная