

**Здания и сооружения повышенного
уровня ответственности:
классификация и критерии оценки,
дополнительные требования к
изысканиям и проектированию**

www: <https://инв-строй.рф>

e-mail: inv-stroy@internet.ru

тел.: +7 495 508 23 04



Краткая информация о докладчике:

- 1995-2000: МГСУ (МИСИ),
Факультет – ТЭС, Специальность – ПГС
- 2000-2003: МГСУ (МИСИ),
Кафедра Металлических конструкций, Аспирант
- 2012-2016: ЦНИИПромзданий,
Отдел конструктивных систем, Соискатель, Канд. тех. наук
- 2019-по наст. время: ЦНИИПромзданий,
Отдел конструктивных систем, Докторант
- Начало карьеры с 1998: техник-конструктор, инженер-конструктор, ..., главный конструктор с 2010 года в различных проектных, строительных и девелоперских организациях

И о научно-исследовательской работе:

- Монография. Плитная сталежелезобетонная конструкция // Научное издание / Д.А. Пекин. – М.: Изд. АСВ, 2010. – 440 с.
- Монография. Несущая способность опорных зон монолитных железобетонных безбалочных перекрытий, усиленных скрытыми металлическими капителями // Диссертация на соискание степени канд. техн. наук / Д.А. Пекин. – М.: 2017. – 230 с.
- Статья. Влияние изгиба на механизм продавливания опорной зоны железобетонной плиты / Д.А. Пекин // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – №10. С.20-28.
- Статья. Experimental research of punching shear mechanism of reinforcing concrete slab / Н.Н. Трекин, Д.А. Пекин // Сборник конференции FORM-2019. Ташкент – 2019.
- Статья. Расчет монолитной «стены в грунте» с анкерным креплением без распределительных балок на основе решения пространственной задачи с различной топологией элементов ограждения / В.В. Знаменский, Е.Б. Морозов, Д.А. Пекин, Д.Ю. Чунюк // Сборник конференции Фундаментальные и прикладные вопросы геотехники. Санкт-Петербург – 2019.
- Статья. Применение скрытых металлических капителей в безбалочных монолитных перекрытиях / Н.Н. Трекин, Д.А. Пекин // Современная наука и инновации. – 2016. – №2. С.110-115.
- Статья. Скрытые металлические капители безбалочных монолитных перекрытий / Н.Н. Трекин, Д.А. Пекин // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – №7. С.17-20.

История развития уровней ответственности:

- 1978: СТ СЭВ 384-76. Строительные конструкции и основания. Основные положения по расчету
 - СТ – стандарт, СЭВ – совет экономической взаимопомощи
- 1988: ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету
 - ГОСТ – государственный стандарт
- 2011: ГОСТ Р 54257-2010. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования
- 2015: ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

СТ СЭВ 384-76:

- Введено понятие **степень** ответственности и капитальности зданий и сооружений, которая учитывалась посредством коэффициентов надежности по назначению конструкций
- Численные значения коэффициентов надежности по назначению конструкций и способ их введения в расчет устанавливаются соответствующими нормами проектирования с учетом вероятностно-экономических обоснований
- Классификация зданий и сооружений приведена позже в виде дополнения «Правила учета степени ответственности зданий и сооружений при проектировании конструкций» (в ред. Дополнения, утв. Постановлением Госстроя СССР от 29.07.1982 №196)

ГОСТ 27751-88:

- Введено понятие **уровень** ответственности зданий и сооружений и указаны значения коэффициентов надежности по ответственности – γ_n :
 - I – повышенный и γ_n более 0,95, но не более 1,2
 - II – нормальный и $\gamma_n = 0,95$
 - III – пониженный и γ_n менее 0,95, но не менее 0,8
- К повышенному уровню ответственности отнесены:
 - резервуары нефтепродуктов вместимостью более 10 тыс. м³ и более
 - магистральные трубопроводы
 - производственные здания с пролетами 100 м и более
 - сооружения связи высотой 100 м и более
 - уникальные здания и сооружения (но без критериев уникальности)

ГОСТ Р 54257-2010:

- Учены основные положения европейского и международного стандартов:
 - EN 1990-2002. Basis of structural design
 - ISO 2394:1998. General principles on reliability for structures
- В дополнение к уровням ответственности введено понятие классов сооружений (КС) и уточнены значения коэффициентов надежности по ответственности:
 - I – повышенный, КС-3 и γ_n не менее 1,1
 - II – нормальный, КС-2 и γ_n не менее 1,0
 - III – пониженный, КС-1 и γ_n не менее 0,8
- Существенно расширен перечень зданий и сооружений, относящихся к повышенному уровню ответственности

ГОСТ 27751-2014:

- ГОСТ 27751-2014 является продолжением и развитием национального ГОСТ Р 54257-2010 с учетом изменения статуса на межгосударственный стандарт, принятый Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2014 г. N 72-П) следующими странами:
 - Азербайджан
 - Армения
 - Казахстан
 - Киргизия
 - Россия

Цель классификации по уровням ответственности:

- Снизить вероятность возникновения отказов строительных конструкций, которые могут привести к тяжелым экономическим, социальным и экологическим последствиям:
 - Гибель людей
 - Разрушение зданий и сооружений
 - Повреждение оборудования и условий хранения веществ, материалов
 - Загрязнение окружающей среды
 - Нарушение важной социальной и промышленной инфраструктуры
 - Провоцирование природных катаклизмов
 - И другие неблагоприятные последствия
- Повышение надежности строительных конструкций на опасных, технически сложных и уникальных объектах

Катастрофа на Чернобыльской АЭС в 1986:

- Нарушение правил эксплуатации



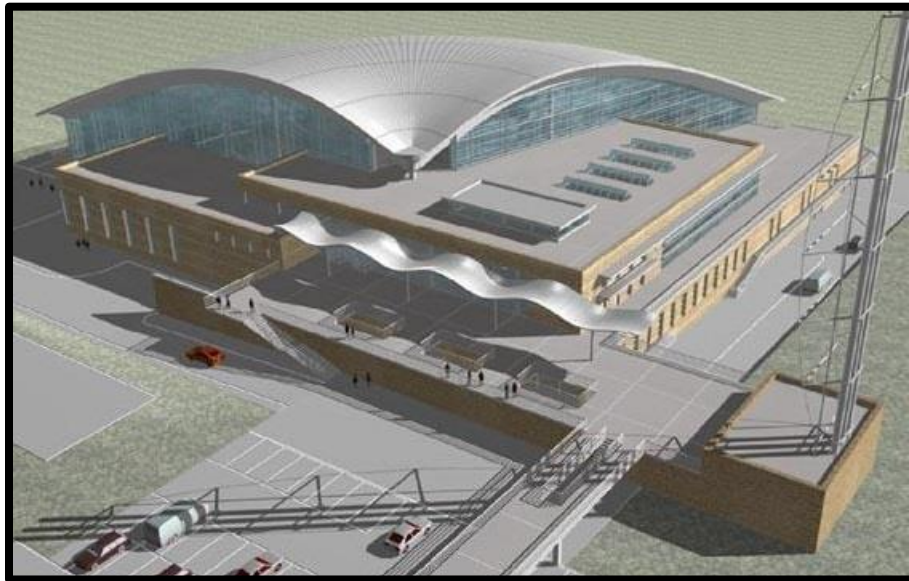
Землетрясение в Армении в 1988:

- Ошибки проектирования и некачественное строительство



Разрушение покрытия Трансвааль-парка в 2004:

- Ошибки проектирования:
 - Расчеты
 - Конструктивные решения
 - Форма и геометрия
 - Исходные данные



Разрушение покрытия Басманного рынка в 2006:

- Не соблюдение правил эксплуатации



Катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС в 2009:

- Некачественные материалы крепления турбины



«Танцующий» мост в Волгограде в 2010:

- Несовершенство методик расчета и/или норм



Разрушение покрытия ТРЦ «О'кей» в 2011:

- Превышение принятых в расчете нагрузок



6-ти этажный жилой дом в Италии в 1999:

- Ошибки проектирования и некачественное строительство



Покрытие катка в Германии в 2006:

- Превышение принятых в расчете нагрузок



Здание исторического архива в Германии в 2009:

- Просадка грунта при строительстве метро



Вантовый мост во Франции в 2019:

- Превышение принятых в расчете нагрузок



Способы достижения целей:

- Минимизация возникновения отказов конструкций за счет:
 - Дополнительного контроля качества
 - Научно-технического сопровождения на всех этапах реализации
 - Технического мониторинга на этапе возведения и эксплуатации
- Повышение надежности строительных конструкций за счет:
 - Применения коэффициента надежности по ответственности, на который умножаются полученные нагрузочные эффекты (внутренние усилия и перемещения конструкций и оснований, вызываемые действием нагрузок и воздействий)
 - В случае применения не апробированных ранее конструктивных решений или для которых не существует надежных методов расчета, необходимо использовать данные экспериментальных исследований на физических моделях или натурных конструкциях
 - Выполнения многих других требований ГОСТ 27751-2014

Контроль качества:

- Контролю подлежат материалы, изделия и конструкции на всех этапах их создания и применения, в том числе:
 - При выполнении изыскательских работ
 - При проектировании
 - При изготовлении материалов, изделий и конструкций
 - На стадии возведения строительных объектов
 - На стадии эксплуатации и ремонта строительных объектов
- Дополнительный контроль качества для класса КС-3:
 - Независимый контроль проектирования сторонней специализированной организацией
 - Независимый контроль качества строительно-монтажных работ сторонней организацией

Научно-техническое сопровождение (НТС):

- НТС предусматривается при проектировании, изготовлении и монтаже конструкций для:
 - Уточнения нагрузок и воздействий, например, при использовании демпфирующих устройств или отсутствии требований
 - Разработки рекомендаций к техническому заданию и программе инженерных изысканий и последующей оценки и анализа материалов
 - Разработки нестандартных методов расчета и анализа
 - Оценки геологических рисков
 - Прогноза состояния оснований и фундаментов
 - Выявления возможных сценариев аварийных ситуаций
 - Прогноза влияния строительства на окружающую застройку и т. д.
 - Выполнение опытно-исследовательских работ

Технический мониторинг:

- Согласно ГОСТ 31937-2011 технический мониторинг на этапе возведения и эксплуатации выполняется для:
 - Контроля технического состояния зданий и сооружений и своевременного принятия мер по устранению возникающих негативных факторов, ведущих к ухудшению этого состояния
 - Обеспечения безопасного функционирования зданий и сооружений за счет своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций и грунтов оснований, которые могут повлечь переход объектов в ограниченно работоспособное или в аварийное состояние
 - Отслеживания степени и скорости изменения технического состояния объекта и принятия в случае необходимости экстренных мер по предотвращению его обрушения

Коэффициент надежности по ответственности:

- Принимается:
 - Не менее 1,1 для большинства зданий и сооружений
 - Не менее 1,2 для зданий высотой более 250 м и большепролетных сооружений (без промежуточных опор) с пролетом более 120 м
- По отдельности сопоставим с (для примера):
 - Увеличением длины пролета ригеля $l = 6$ м на $\Delta l = \sim 0,3$ м при $\gamma_n = 1,1$, поскольку $\Delta l = \sqrt{l^2 \cdot \gamma_n} - l = \sqrt{6^2 \cdot 1,1} - 6 = 0,3$ м
 - Увеличением длины пролетного строения $l = 120$ м на $\Delta l = \sim 11,5$ м при $\gamma_n = 1,2$, поскольку $\Delta l = \sqrt{l^2 \cdot \gamma_n} - l = \sqrt{120^2 \cdot 1,2} - 120 = 11,5$ м
 - Увеличением кратковременной нагрузки на перекрытия с 2,0 кПа при общей нагрузке 10 кПа и $\gamma_n = 1,1$ до 3,0 кПа, поскольку $\Delta q_{вр} = q_{об} \cdot \gamma_n - q_{об} = 10 \cdot 1,1 - 10 = 1$ кПа

Экспериментальная проверка:

- Для сооружений класса КС-3, при проектировании которых использованы не апробированные ранее конструктивные решения или для которых не существует надежных методов расчета, необходимо использовать данные экспериментальных исследований на моделях или натурных конструкциях

Специальные расчеты и исследования:

- Расчет конструкций и оснований сооружений повышенного уровня ответственности (класса КС-3) рекомендуется проводить на основе результатов специальных теоретических, апробированных численных и экспериментальных исследований, проводимых на моделях или натурных конструкциях

Особые расчетные сценарии:

- Расчет на прогрессирующее обрушение проводится для зданий и сооружений класса КС-3, а также зданий и сооружений класса КС-2 с массовым нахождением людей
- Расчет на прогрессирующее обрушение допускается не проводить, если предусмотрены специальные мероприятия, исключающие прогрессирующее обрушение сооружения или его части

Изготовление и возведение конструкций:

- Для зданий и сооружений класса КС-3 изготовление и возведение строительных конструкций должно проводиться предприятиями и организациями, имеющими опыт и технологические возможности (оборудование, проведение операционного контроля качества и т.п.) выполнения подобных работ
- Для таких зданий и сооружений следует разрабатывать специальные технические условия (требования) на изготовление и возведение строительных конструкций

Инженерные изыскания для строительства

- Основные виды инженерных изысканий выполняют отдельно или в комплексе:
 - Инженерно-геодезические изыскания
 - Инженерно-геологические и инженерно-геотехнические изыскания
 - Инженерно-гидрометеорологические изыскания
 - Инженерно-экологические изыскания
- Специальные виды инженерных изысканий:
 - геотехнические исследования
 - обследования состояния грунтов оснований зданий и сооружений
 - поиск и разведка подземных вод для целей водоснабжения
 - локальный мониторинг компонентов окружающей среды
 - разведка грунтовых строительных материалов
 - локальные обследования загрязнения грунтов и грунтовых вод

Инженерно-геодезические для КС-3

- Геодезические наблюдения за движениями земной поверхности следует выполнять в районах развития современных разрывных тектонических смещений и техногенных деформаций земной поверхности, в районах строительства крупных и уникальных сооружений, а также в процессе геодезического контроля за поведением указанных сооружений в процессе их строительства и эксплуатации для:
 - Выявления разрывных тектонических смещений
 - Получения количественных характеристик тектонических движений
 - Оценки и прогнозирования их развития, а также для слежения за разрывными тектоническими смещениями в период строительства и эксплуатации

Инженерно-геологические для КС-3

- Состав и объем инженерных изысканий зависит от уровня ответственности и категории сложности инженерно-геологических условий: I – простая, II – средняя, III – сложная (расстояние между скважинами не более 25 м)
- Испытания грунтов статическими нагрузками штампами площадью 2500 и 5000 см² следует осуществлять в шурфах на проектируемой глубине заложения фундаментов
- Стационарные наблюдения за динамикой геологической среды выполняют при наличии активных геодинамических процессов, определяющих принятие проектных решений. В районах проявления опасных инженерно-геологических процессов, на начальных этапах инженерных изысканий закладывают сеть для долговременных стационарных наблюдений

Инженерно-гидрометеорологические для КС-3

- При инженерных изысканиях для зданий и сооружений повышенного уровня ответственности, а также объектов, возводимых в сложных гидрометеорологических условиях, режимные наблюдения следует проводить на всех последующих этапах инженерных изысканий
- Для площадок и трасс объектов повышенного уровня ответственности в составе инженерных изысканий следует предусматривать наблюдения за метеорологическими, аэрологическими характеристиками и элементами гидрологического режима водных объектов, ледовыми и литодинамическими явлениями, а также за развитием опасных гидрометеорологических процессов и явлений

Инженерно-экологические для КС-3

- Определяется перечень основных возможных воздействий с указанием размеров зон возможного влияния таких объектов на состояние окружающей среды (по объектам-аналогам)
- Для объектов, возводимых в условиях высокой газогеохимической опасности, и КС-3 определяют степень газонасыщенности и газогенерационную способность грунтов, содержание $C_{орг}$ и состав растворенного в подземных водах биогаза. На основе выполненных исследований принимают решения о возможности вторичного использования грунтов, извлекаемых на дневную поверхность, и разрабатывают мероприятия по биогазовой защите проектируемых зданий и сооружений

Классификация зданий и сооружений

- Согласно Статьи 48_1 Градостроительного кодекса РФ:
 - Особо опасные и технически сложные объекты:
 - Объекты использования атомной энергии
 - Гидротехнические сооружения первого и второго классов
 - ...
 - Уникальные объекты, в проектной документации которых предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик:
 - Высота более чем 100 метров, для ветроэнергетических установок - более чем 250 метров
 - Пролеты более чем 100 метров
 - Наличие консоли более чем 20 метров
 - Заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки земли более чем на 15 метров.

Особо опасные и технически сложные объекты:

- Объекты использования атомной энергии



Особо опасные и технически сложные объекты:

- Гидротехнические сооружения первого и второго классов



Особо опасные и технически сложные объекты:

- Сооружения связи – высота более 75 м или наличие более 1-го подземного этажа



Особо опасные и технически сложные объекты:

- Линии электропередачи напряжением 330 килвольт и более



Особо опасные и технически сложные объекты:

- Объекты космической инфраструктуры



Особо опасные и технически сложные объекты:

- Объекты инфраструктуры воздушного транспорта



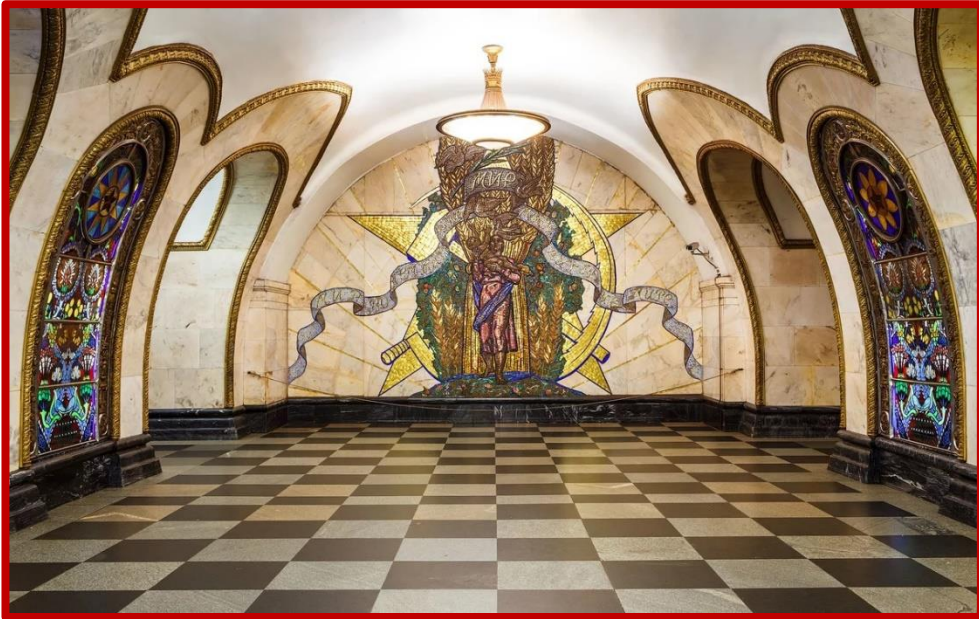
Особо опасные и технически сложные объекты:

- Объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта



Особо опасные и технически сложные объекты:

- Объекты инфраструктуры внеуличного транспорта



Особо опасные и технически сложные объекты:

- Портовые гидротехнические сооружения



Особо опасные и технически сложные объекты:

- Тепловые электростанции мощностью 150 МВт и выше



Особо опасные и технически сложные объекты:

- Подвесные канатные дороги



Особо опасные и технически сложные объекты:

- Опасные производственные объекты I и II классов опасности



Особо опасные и технически сложные объекты:

- Опасные объекты с расплавами черных и цветных металлов



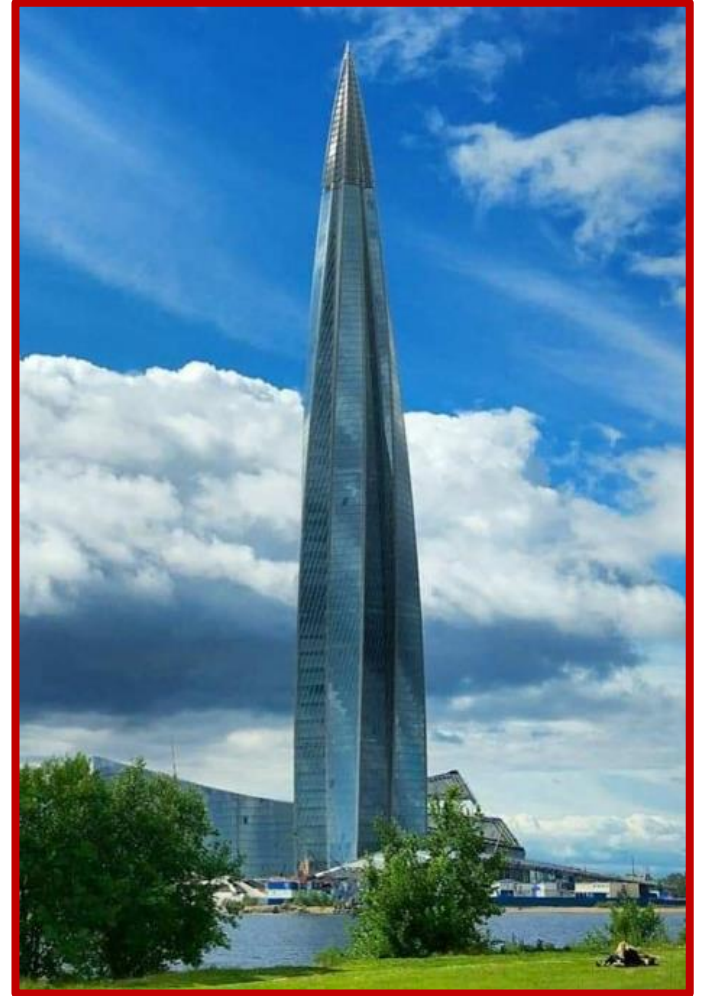
Особо опасные и технически сложные объекты:

- Опасные объекты с горными работами



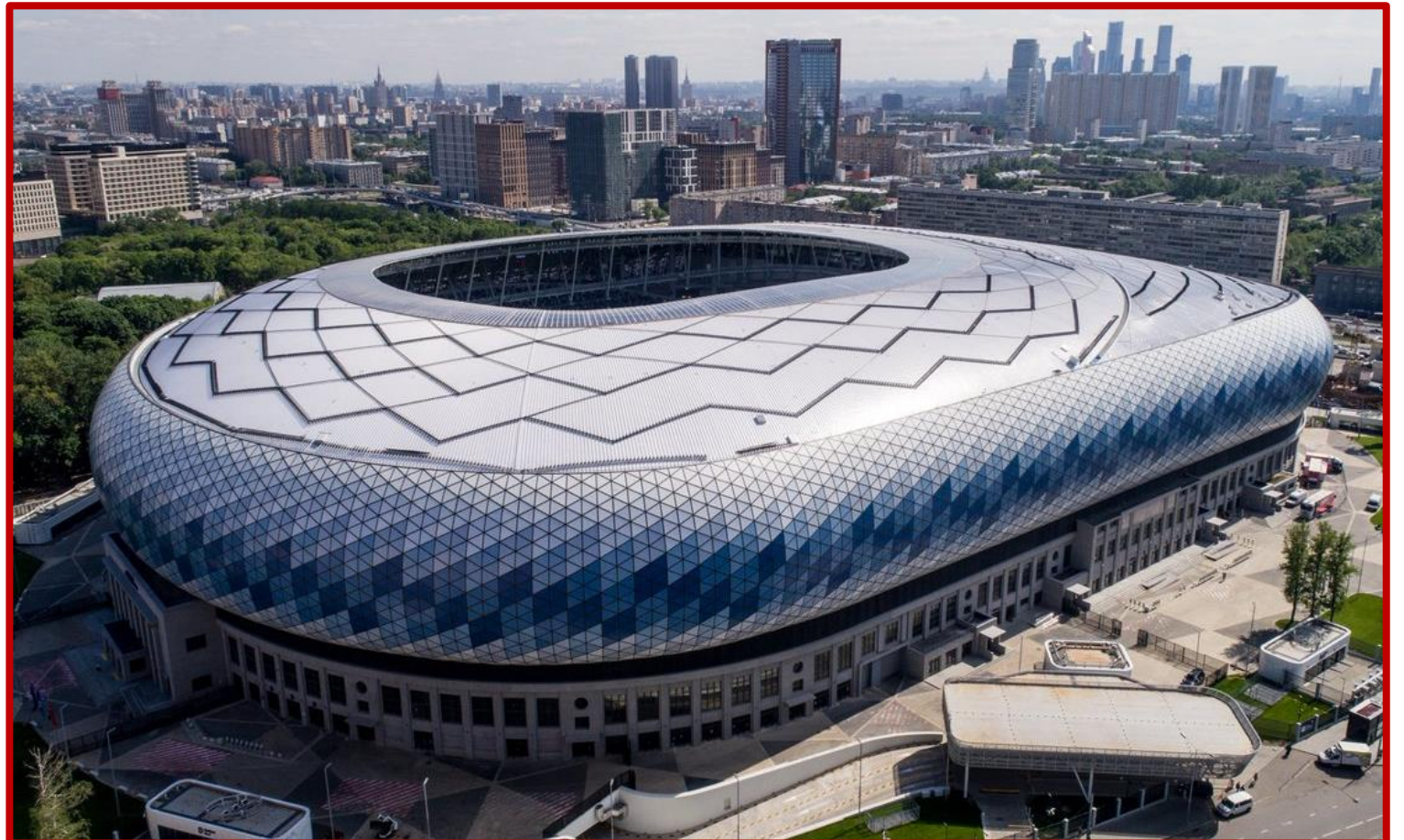
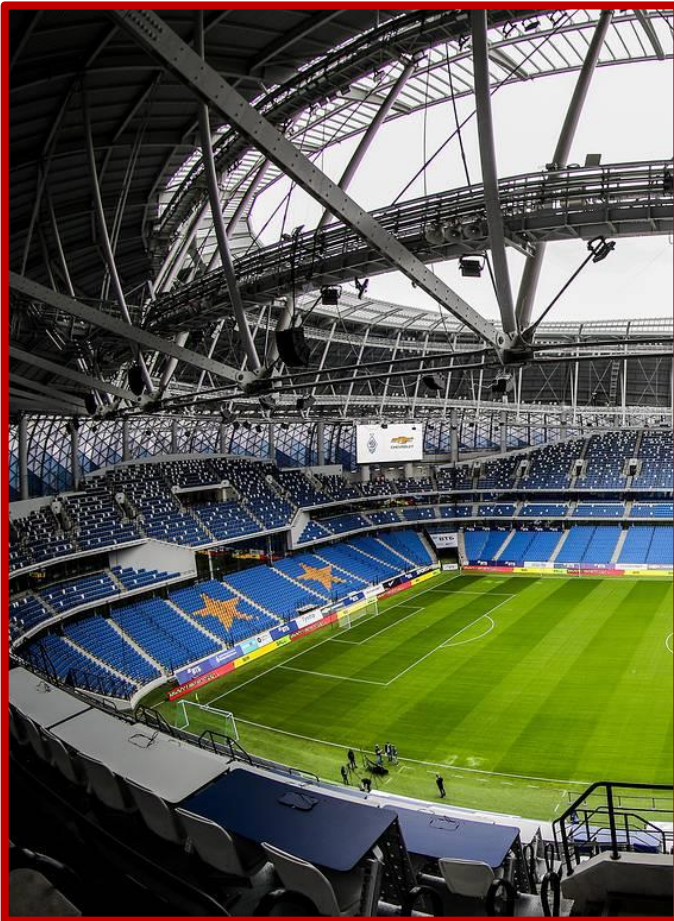
Уникальные здания и сооружения:

- Для зданий высота более 100 м
- Для ветроэнергетических установок более 250 м



Уникальные здания и сооружения:

- Пролеты более чем 100 м



Уникальные здания и сооружения:

- Наличие консоли более чем 20 метров



Уникальные здания и сооружения:

- Заглубление подземной части более 15 м



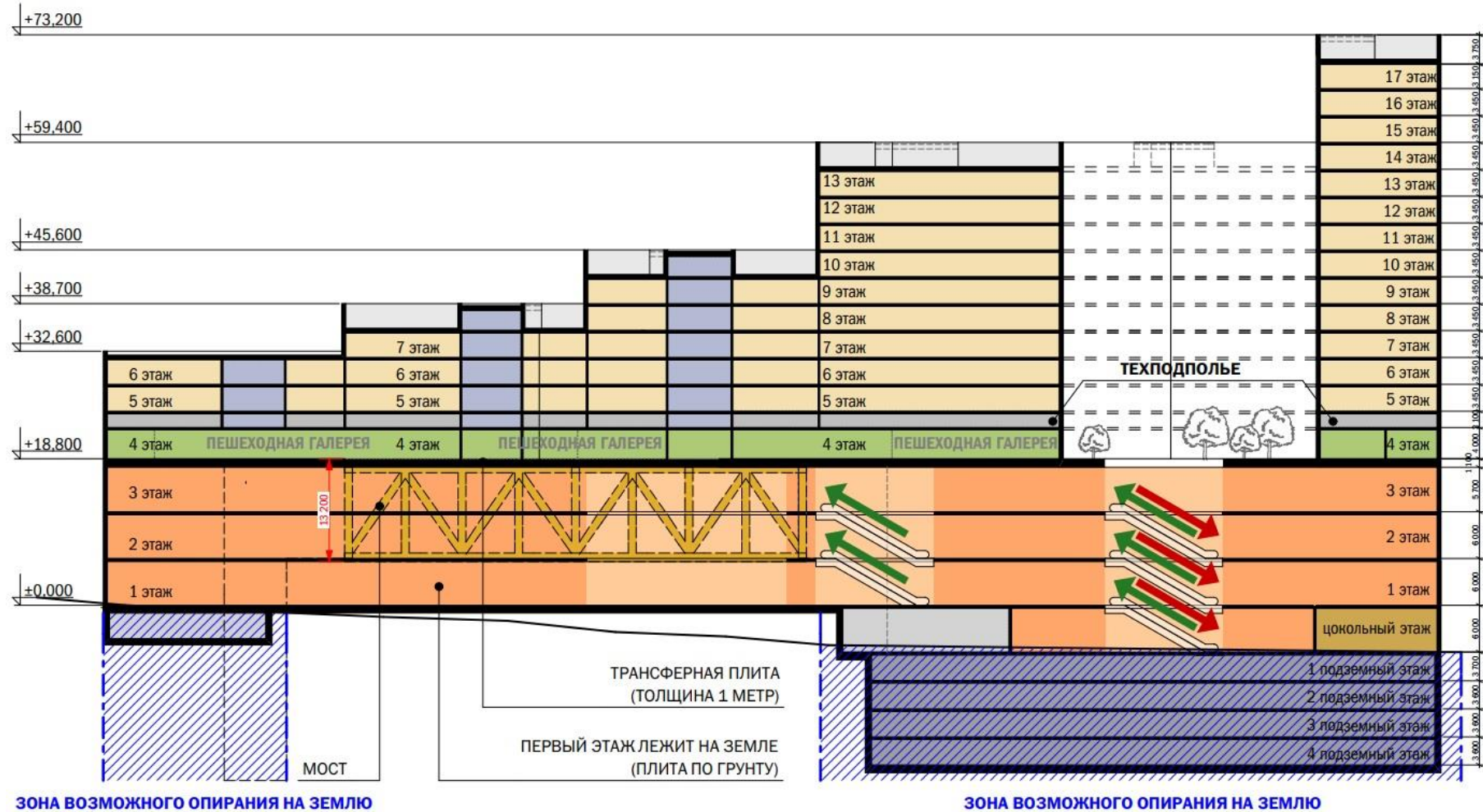
Достаточность критериев уникальности?

- Можно ли отнести к уникальным следующие здания:
 - высотой 99 метров
 - с пролетом конструкций 99 м
 - при наличии консоли 19 м
 - с заглублением подземной части 14 м

формально не попадающие под критерии уникальности?

- Должно ли влиять общее количество человек, одновременно находящихся в здании, на уровень ответственности?
- Или другие здания и сооружения на следующих примерах, которые являются технически сложными, но не входят в перечень таковых?

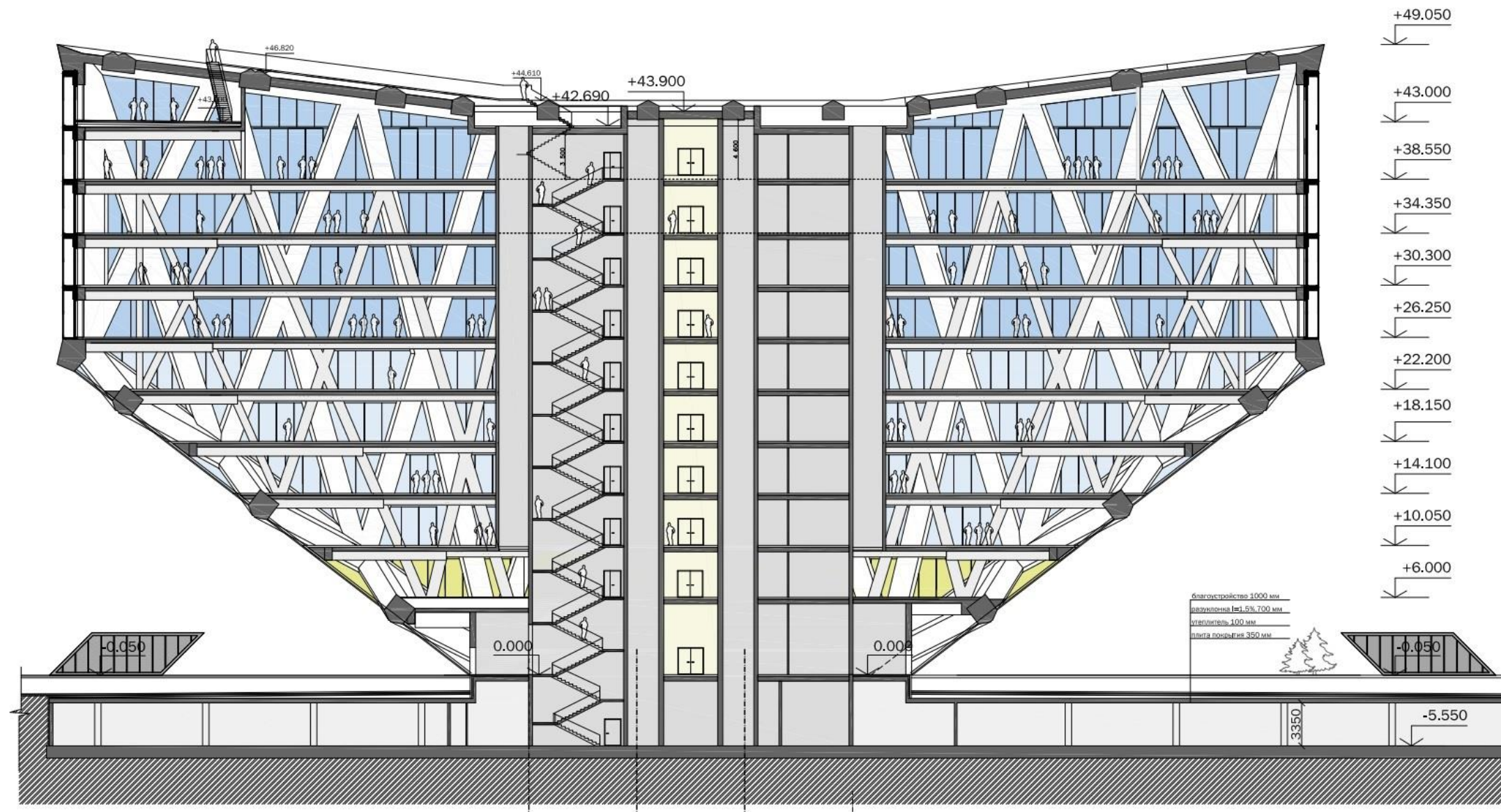
Многоэтажное здание на двух опорах:



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- ТОРГОВЛЯ
- ПЕШЕХОДНАЯ ГАЛЕРЕЯ
- ЗОНА ЗАГРУЗКИ
- ТЕХ. ПОМЕЩЕНИЯ
- НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЭСКАЛАТОРОВ
- АПАРТАМЕНТЫ
- ОБЩ. ЗОНЫ АПАРТАМЕНТОВ
- ПАРКИНГ

Многоэтажное консольное здание:



Фрагмент внутри здания с 3-мя «висящими» этажами:



Рекомендации:

- Особо опасные, технически сложные и уникальные здания требуют от техзаказчиков, изыскателей, проектировщиков и строителей существенно больших усилий и внимания для решения огромного количества технических задач, а также создание многоуровневой системы контроля
- Большинство отказов строительных конструкций и последующих аварий продиктовано недостатками изысканий, проектными ошибками и/или некачественными строительными работами
- Любая система, к сожалению, не может исключить возникновение отказа, поэтому только ответственное отношение к своей работе всех участников процесса минимизирует риски возникновения аварийных ситуаций

Литература:

- Градостроительный кодекс Российской Федерации (№ 190-ФЗ)
- Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (№ 384-ФЗ)
- ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований
- СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия
- СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений
- СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты
- СП 16.13330.2017 Стальные конструкции
- СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции
- СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные
- СП 296.1325800.2017 Здания и сооружения. Особые воздействия
- СП 385.1325800.2018 Защита зданий от прогрессирующего обрушения

Вопросы по теме:

- Необходимость классификации зданий и сооружений по уровням ответственности?
- Повышенный уровень ответственности здания может предотвратить аварию?
- Какие здания и сооружения относятся к особо опасным и технически сложным?
- Какие здания и сооружения относятся к уникальным?
- Какие минимальные значения коэффициента надежности по ответственности для класса КС-3?
- Кто принимает решение о выборе коэффициента надежности по ответственности?

Вопросы по теме:

- Какие цели классификации зданий и сооружений по уровням ответственности?
- Какие способы достижения целей классификации зданий и сооружений по уровням ответственности?
- Какой из способов достижения целей приводит к существенному увеличению стоимости строительства?
- Повышенный уровень ответственности может полностью исключить аварию?
- Предъявление подобных требований для других зданий и сооружений?
- Возможность назначения различных коэффициентов надежности по ответственности на одном объекте?