

Обеспечение устойчивости от прогрессирующего обрушения зданий, в том числе высотных

Г.И. Шапиро, Главный конструктор ОАО МНИИТЭП

тел. +79031218327
(495)6218045
(495)6247076

1. ПРИРОДНЫЕ ЧС:

- а) – **сейсмические воздействия**;
- б) – **метеоявления**, приводящие к **ПОВЫШЕННЫМ ВЕТРОВЫМ НАГРУЗКАМ**;
- в) – **КАРСТЫ**; **ОПОЛЗНИ**.

2. АНТРОПОГЕННЫЕ (в т. ч. техногенные) ЧС:

- а) – **ПОЖАРЫ**;
- б) – **ВЗРЫВЫ** снаружи или внутри здания (бытовой газ и другие взрывные устройства);
- в) – **ТРАНСПОРТНЫЕ АВАРИИ** (ДТП, авиационные катастрофы);

ЧС, вызванные ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ:

- г) – **ОШИБКИ В ПРОЕКТАХ**, в т. ч. из-за несовершенства норм;
- д) – **НЕДОБРОКАЧЕСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ**;
- е) – **ДЕФЕКТЫ МАТЕРИАЛОВ**;
- ж) – **НЕДОСТАТКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ**, в т. ч. их инженерного оборудования (например, **ОТКЛЮЧЕНИЕ ОТОПЛЕНИЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД**);
- и) – **НЕБРЕЖНОСТЬ, НЕКОМПЕТЕНТНОСТЬ ВАНДАЛИЗМ** жильцов, технического персонала или посторонних посетителей здания (например, самовольная перепланировка).

Условные обозначения:

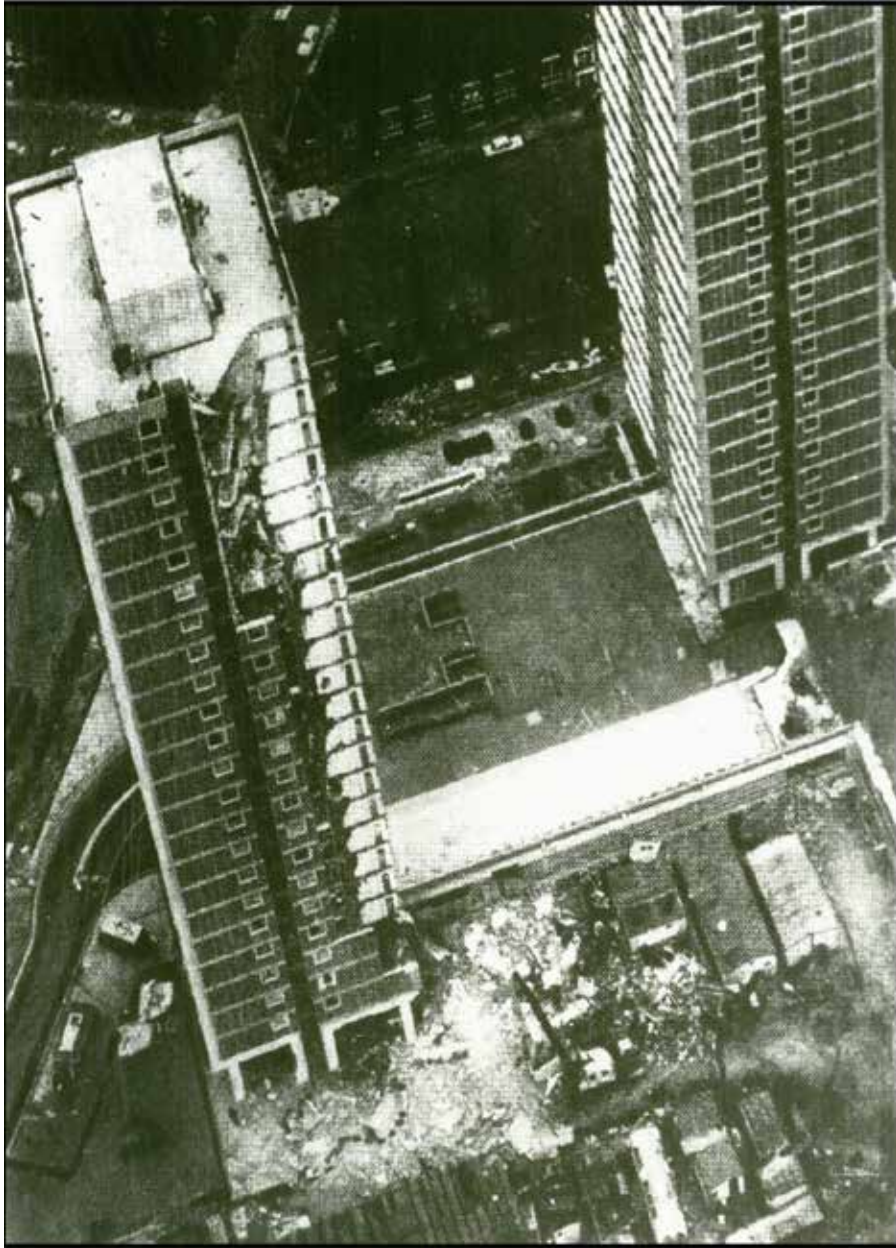
1. **ПРОЕКТНЫЕ ЧС** и **ЗАПРОЕКТНЫЕ ЧС**;

2. масштаб ЧС:

ЛОКАЛЬНЫЕ,

МЕСТНЫЕ ИЛИ РАЙОННОГО МАСШТАБА,

РЕГИОНАЛЬНОГО МАСШТАБА.



ЛОНДОН 16 мая 1968 г.

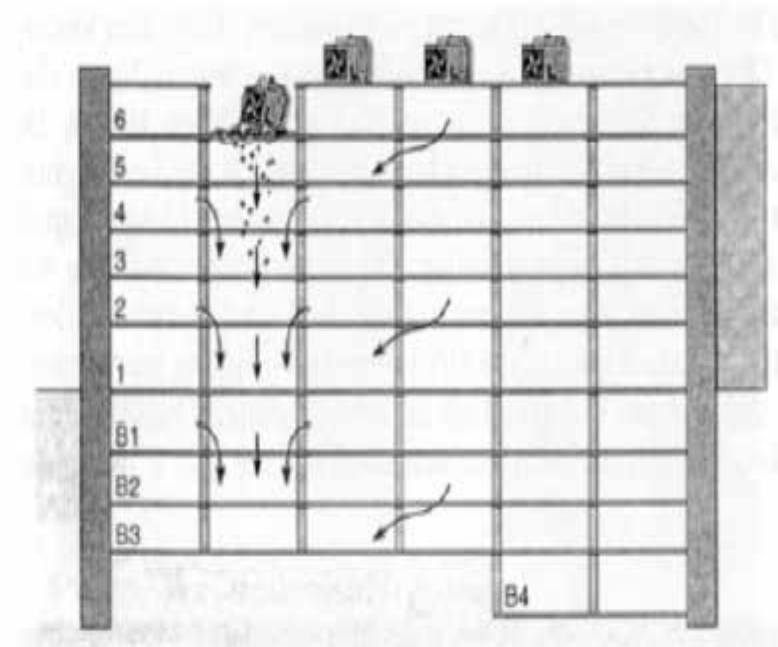
Произошел взрыв бытового газа в 22-этажном здании Роунан-Пойнт, построенном по системе Ларсон-Нильсен. В результате взрыва была разрушена несущая торцевая стена и ненесущая наружная стена угловой квартиры на 18 этаже. Торцевые стены и перекрытия вышележащих этажей, потеряв опору, обрушились, а воздействие веса и удара падающих элементов вызвало разрушение стен и перекрытий угла здания до самого нижнего этажа.

Разрушение такого рода стали называть прогрессирующим обрушением.

Катастрофа в Корее в 1995 году



Sampoog Department Collaps, Korea 1995



Diss. Beutel, S2

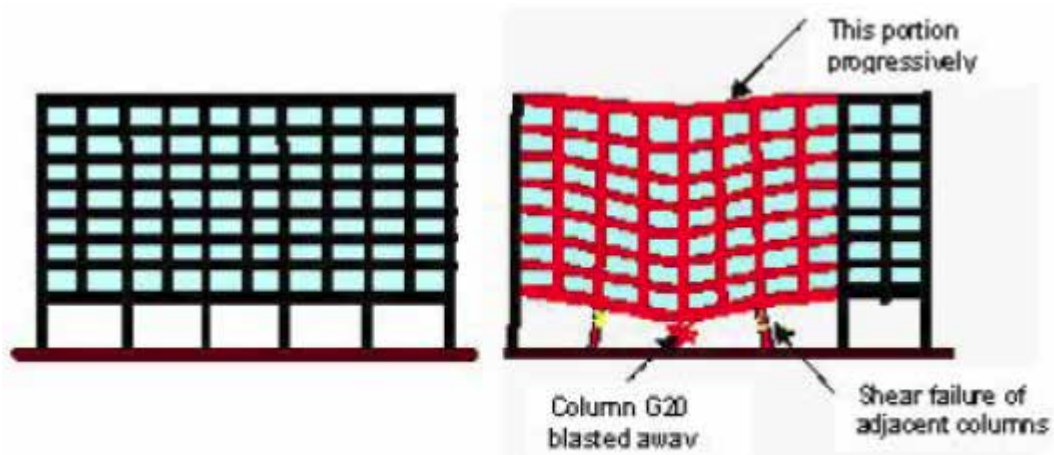
Катастрофа в Англии в 1997 году



Car park Piepers Row, England 1997

Diss. Beutel, S2

Оклахома, США разрушение the Murrah Building в апреле 1995г.





МОСКВА 10 СЕНТЯБРЯ 1998 г.

Обрушение торца панельного здания с широким шагом на Мичуринском проспекте.

Техническая комиссия признала лишь неточности и дефекты монтажа.

По-видимому, толчком к аварии послужили температурно-климатические воздействия, не учтенные в проекте, которые вызвали локальное разрушение несущей торцевой стеновой панели. Из-за несовершенного проектного решения и низкого качества выполнения горизонтальных стыков панелей **локальное разрушение привело к прогрессирующему обрушению** торца здания до середины его ширины.

В нарушение требований существующих норм в проекте не были предусмотрены конструктивные мероприятия по обеспечению устойчивости конструкций против прогрессирующего обрушения.



Работы ЛИПК МНИИТЭПа 1969-1992 гг.



п.2.6. Принятая конструктивная система здания и решение связей между панелями должны обеспечивать надежность конструкций здания при аварийных воздействиях (взрыв, пожар и т.п.)



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ АВАРИЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

1. Несущая система жилых зданий должна быть устойчива к прогрессирующему (цепному) разрушению в случае локального разрушения отдельных конструкций при аварийных воздействиях

Нормативные документы



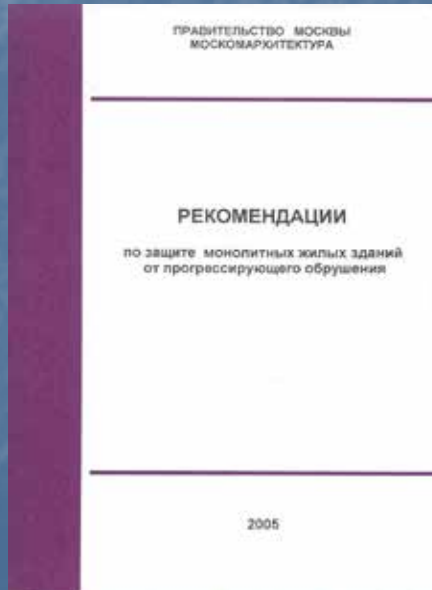
3.6. При проектировании жилых зданий, кроме нагрузок и воздействий, определенных требованиями СНиП 2.01.07-85*, необходимо учитывать воздействия, не предусмотренные условиями их нормальной эксплуатации и приводящие к локальным разрушениям несущих конструкций зданий



п. 1.10. При расчете конструкций должны рассматриваться следующие расчетные ситуации:

.....Аварийная, имеющая малую вероятность появления и небольшую продолжительность, но являющаяся весьма важной с точки зрения последствий достижения предельных состояний, возможных при ней (например ситуация, возникающая в связи со взрывом, столкновением, аварией оборудования, пожаром, а также непосредственно после отказа какого либо элемента конструкции).

Рекомендации для проектирования (1999-2006 гг.)



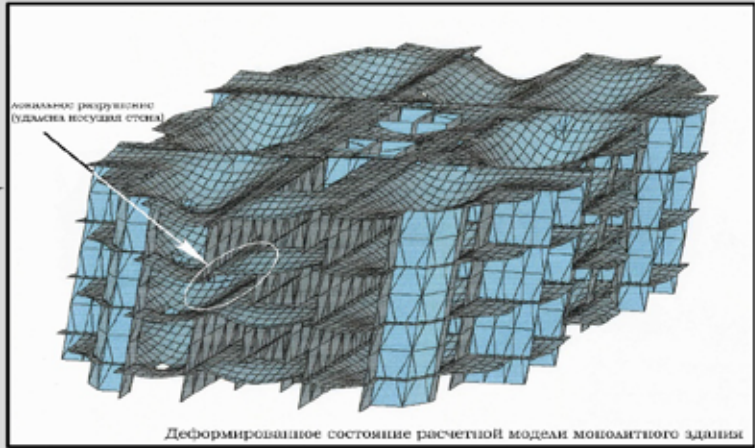
Основные положения проектирования зданий, защищенных от прогрессирующего обрушения.

1. Анализ конструктивной системы здания, архитектурно-планировочных решений и системы связей.
2. Расчетные нагрузки и воздействия (особое сочетание): нормативные величины постоянных и длительно действующих временных вертикальных нагрузок, а также гипотетическое локальное разрушение.
3. Сопротивление материалов: нормативные значения.
4. Методики расчета:
 - кинематический метод предельного равновесия;
 - расчет с использованием программных комплексов (метод конечного элемента) с учетом физической и геометрической нелинейности.
5. Принципы конструирования:
 - использование ненесущих (в эксплуатации) элементов;
 - перевязка вертикальных стыков стен;
 - система пластичных связей;
 - междуэтажные связи.

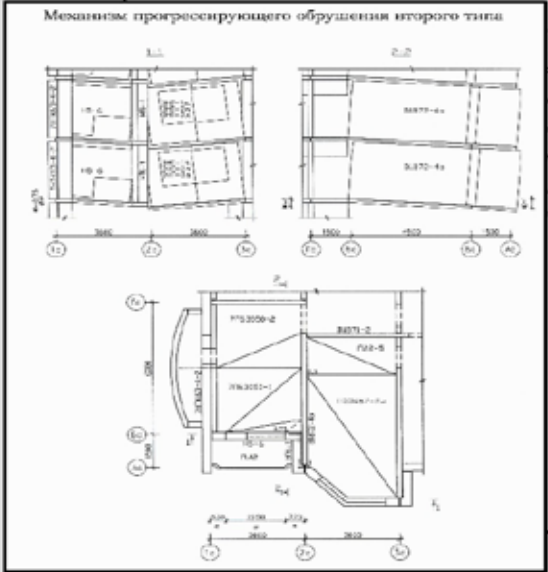
РАСЧЕТ ЗДАНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ

Расчет на устойчивость против прогрессирующего обрушения

методом конечного элемента на ЭВМ



методом предельного равновесия



Механизм прогрессирующего обрушения третьего типа

Механизм прогрессирующего обрушения четвертого типа

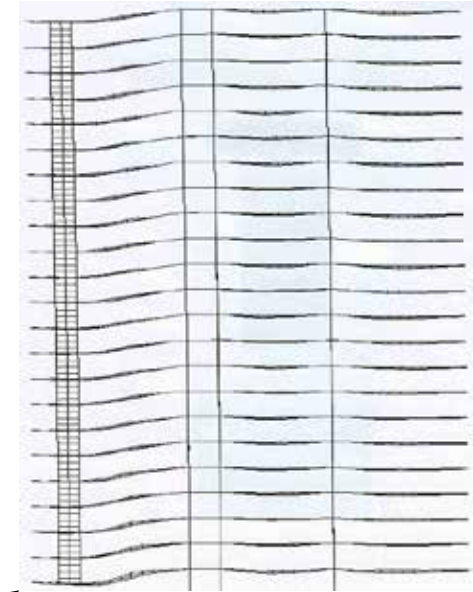
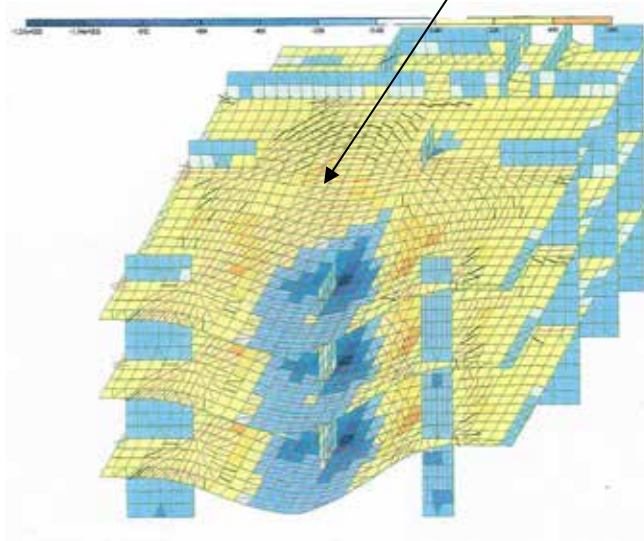
ВСЕ ПРОЕКТЫ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ МНИИТЭП НА 2005 г. ВЫПОЛНЕНЫ С УЧЕТОМ ЗАЩИТЫ ПРОТИВ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ БЛОК-СЕКЦИИ П 44Т, П 3М, П 46М, П 46С (С МОДИФИКАЦИЯМИ), А ТАКЖЕ НОВЫЕ ПРОЕКТЫ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ПАНЕЛЬНЫХ И МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ

Расчет с учетом нелинейности



Удаленный пилон

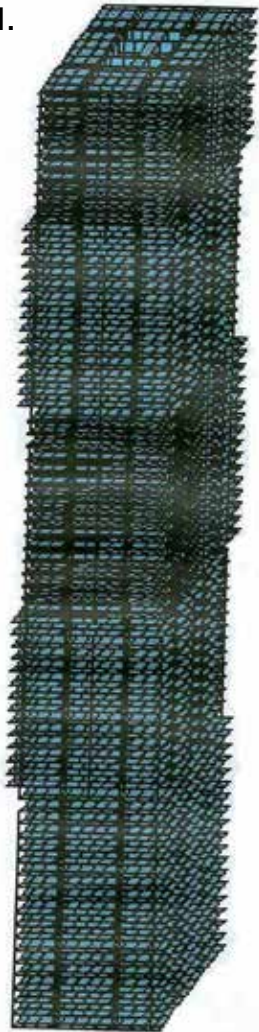
Направление трещин в предельном состоянии определяет линию возникновения пластического шарнира, полученная расчетная схема разрушения практически идентична полученной в расчете кинематическим методом теории предельного равновесия



Расчет подтверждает правомерность применения в Рекомендациях принципа рассмотрения равновесия одного (каждого) этажа

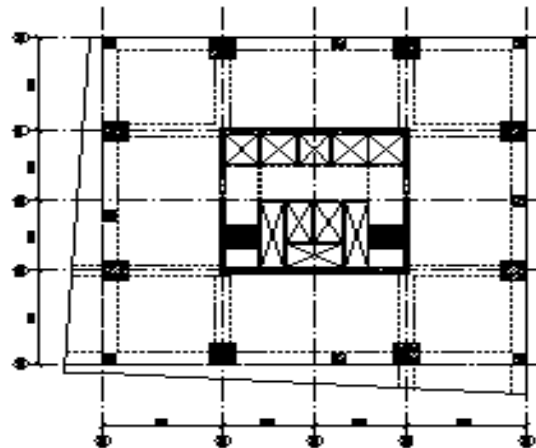
Расчет железобетонных монолитных зданий на устойчивость против прогрессирующего обрушения с использованием ЭВМ-программы «ОМ СНиП Железобетон»

266,4 м.



Характеристики армирования		Группа элементов			
		1		2	
Арматура вдоль оси		X	Y	X	Y
Шаг арматурных стержней, см		14	14	14	14
Диаметр (мм) арматуры	На устойчивость против прогрессирующего обрушения	Ø8/Ø12	Ø8/Ø10	Ø22/Ø8	Ø8/Ø8
	На эксплуатацию по прочности	Ø8/Ø14	Ø8/Ø12	Ø16/Ø8	Ø8/Ø8
	На эксплуатацию по трещиностойкости	Ø8/Ø16	Ø8/Ø14	Ø18/Ø8	Ø8/Ø8
	Принять в проекте	Ø8/Ø16	Ø8/Ø14	Ø22/Ø8	Ø8/Ø8

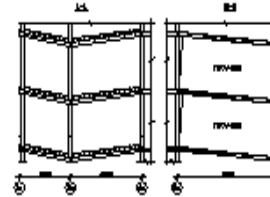
В числителе - верхняя, в знаменателе – нижняя арматура



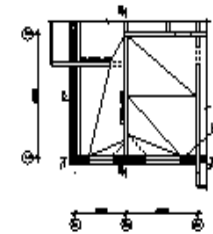
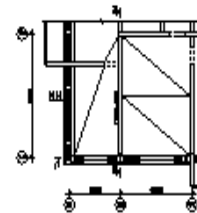
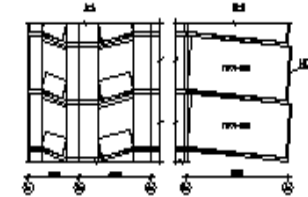
Архитектурно-планировочные решения, разнообразии фасадов панельных зданий и проблема защиты зданий от прогрессирующего обрушения



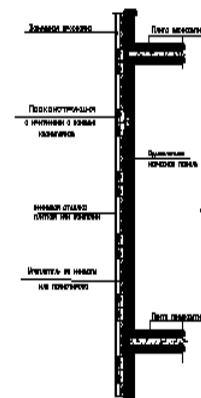
а) с несомкнутыми несущими элементами



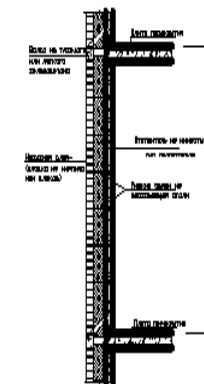
б) с несомкнутыми несущими элементами



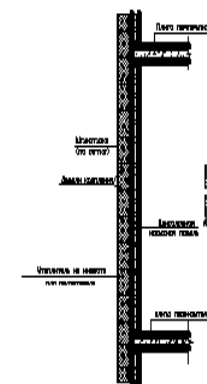
а) ВЕНТИЛИРУЕМЫЙ



б) с керамическими копиями

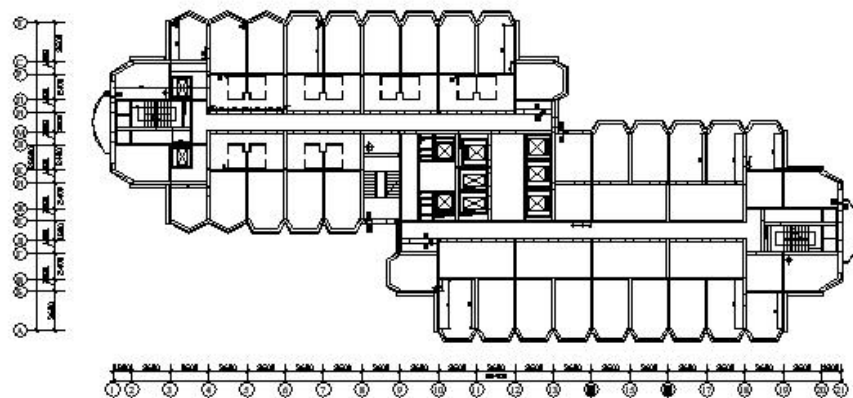
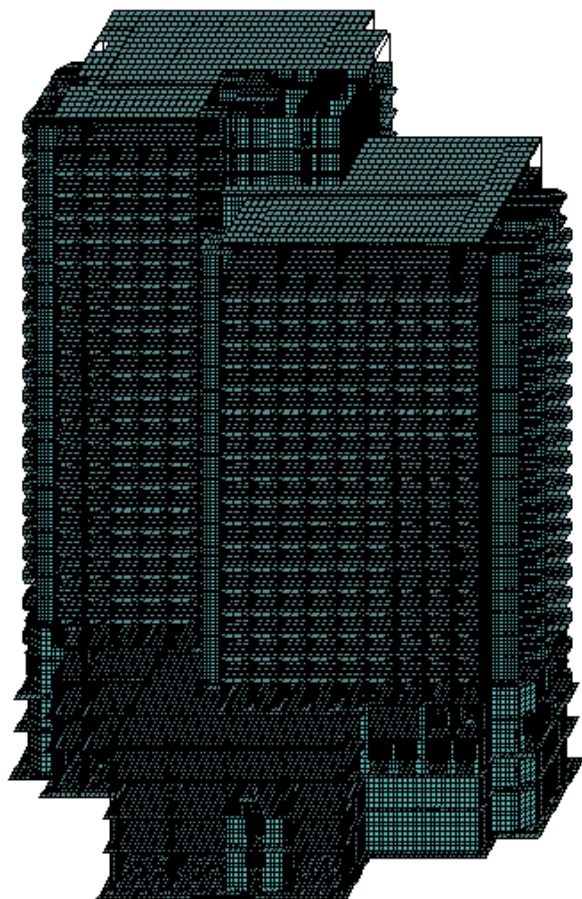


в) ОШТУКАТУРЕННЫЙ



Патент № 47412

Патент № 48558

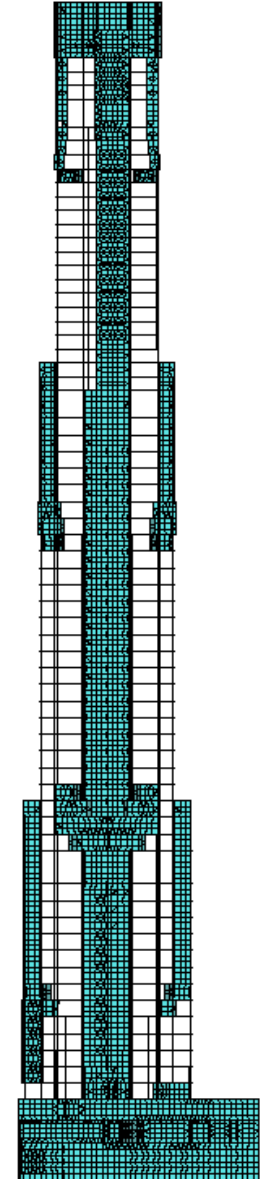
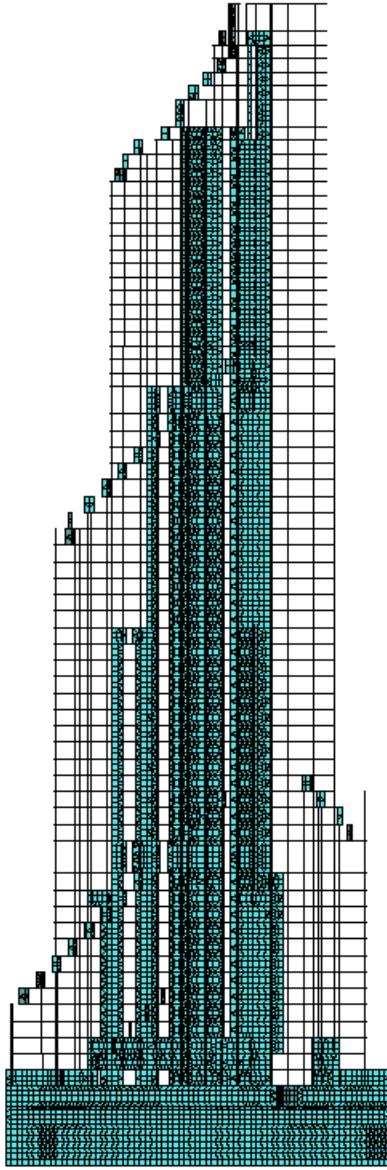


Многоэтажная гостиница на 400 номеров из панельных конструкций

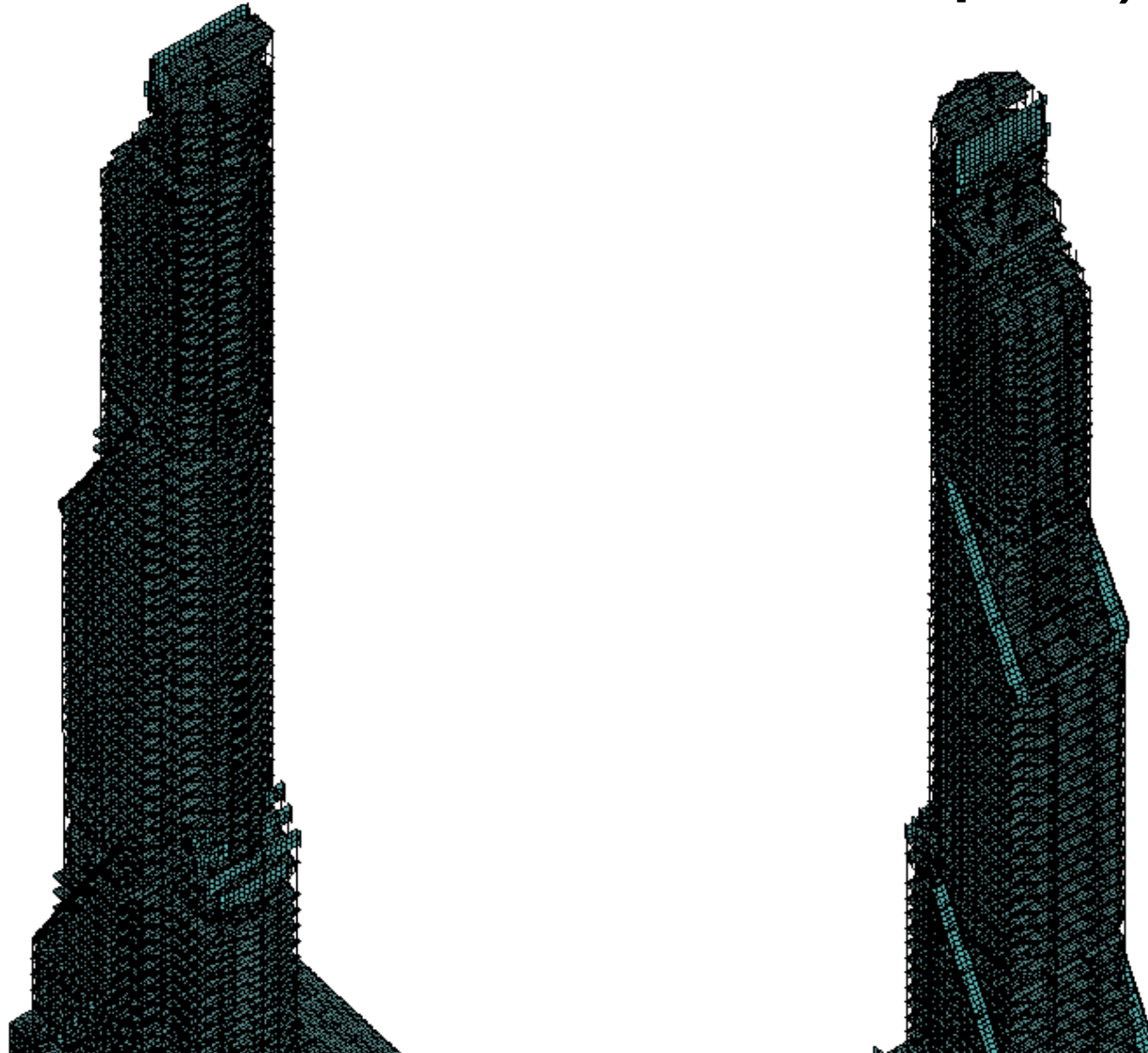
Патент №59670

Сити 14 участок

ПОСТОЯННОЕ

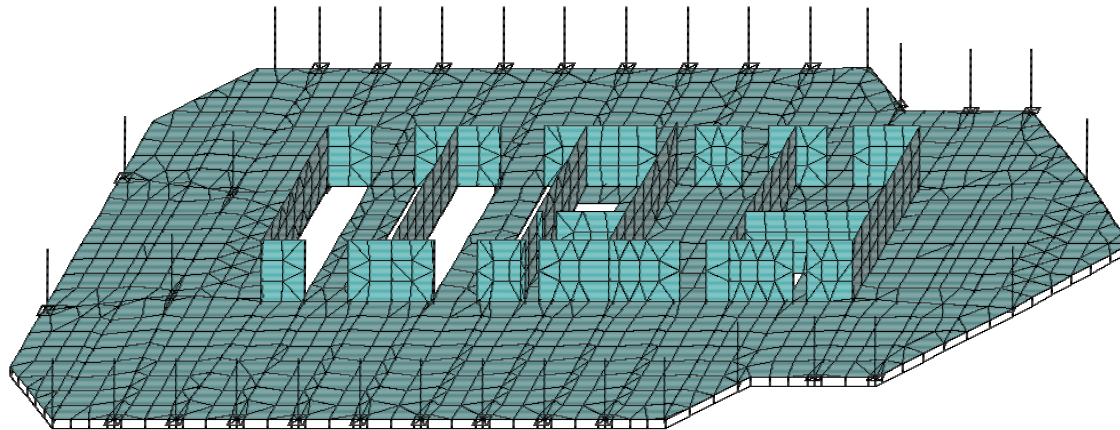


Расчетная модель 72-этажного здания (изометрия)



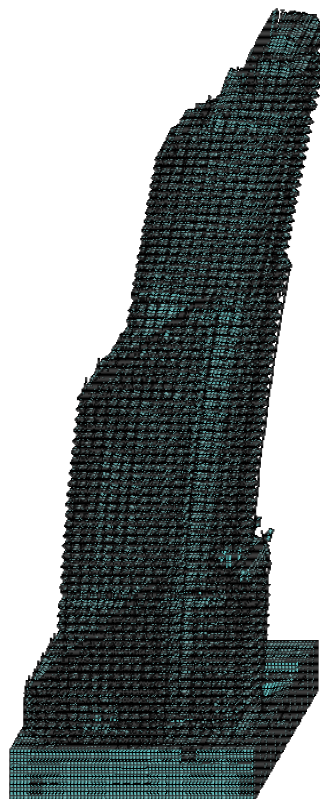
План 20 этажа

ПОСТОЯННОЕ



Деформированная схема

ПОСТОЯННОЕ



Изополя перемещений в зоне локального повреждения

