

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
КИЕВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

Кафедра железобетонных и каменных конструкций

АТТЕСТАЦИОННАЯ МАГИСТЕРСКАЯ РАБОТА
Параметры армирования несущих конструкций многоэтажных
жилых зданий при прогрессирующем обрушении

ПЛАКАТЫ

Научный руководитель к.т.н., доцент

Скорук Леонид Николаевич

Магистрант

Орлиогло Алексей Алексеевич

г. Киев, 2009 г.

ЗДАНИЯ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧИЛИ ЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

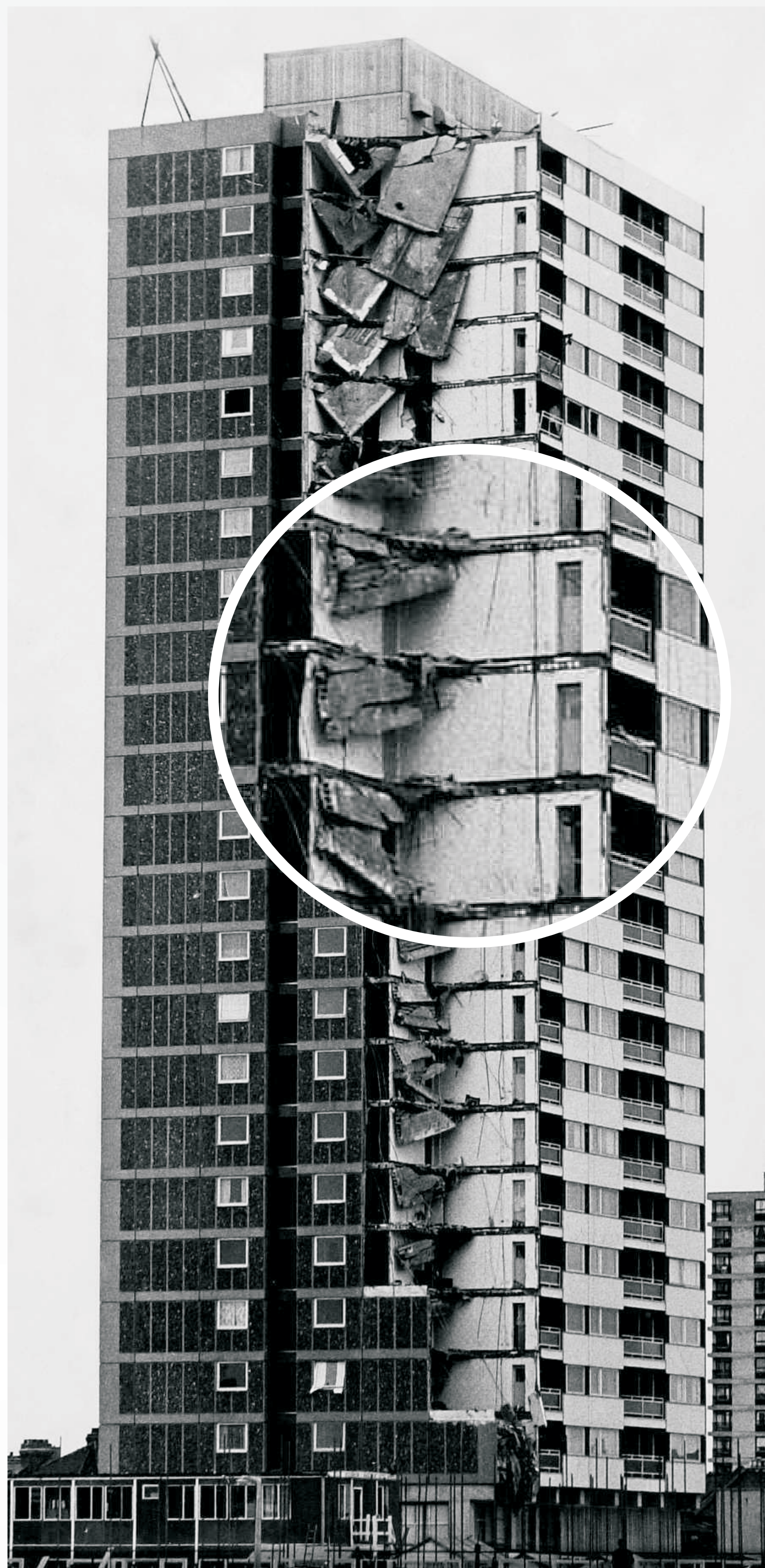


РИС. 1 ЗДАНИЕ RONAN POINT В ЛОНДОНЕ



РИС. 2 ВЫСОТНОЕ ЗДАНИЕ В ОКЛАХОМА СИТИ



РИС. 3 ТЕРРОРИСТИЧЕСКАЯ АТАКА



РИС. 4 БАШНИ ЦЕНТРА МИРОВОЙ ТОРГОВЛИ В НЬЮ-ЙОРКЕ



РИС. 5 ВЫСОТНОЕ ЗДАНИЕ В ОКЛАХОМА СИТИ

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ



ТЕХНОГЕННЫЕ

ВЗРЫВЫ ГАЗА

ТЕРАКТЫ

ПОЖАРЫ

НАЕЗДЫ
АВТОТРАНСПОРТА

ДЕФЕКТЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ДЕФЕКТЫ
СТРОИТЕЛЬСТВА

НЕКВАЛИФИЦИРОВАННАЯ
РЕКОНСТРУКЦИЯ



ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

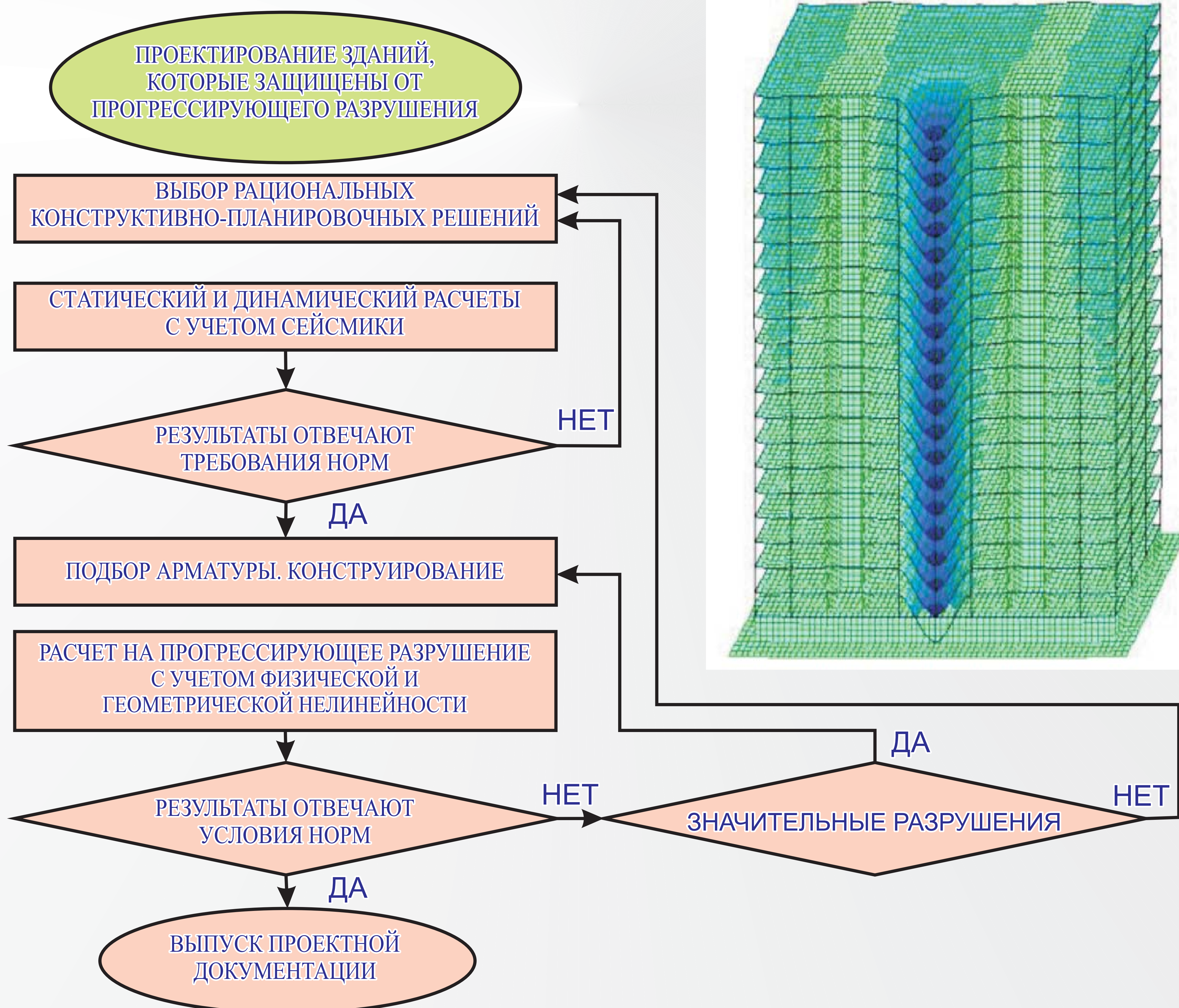
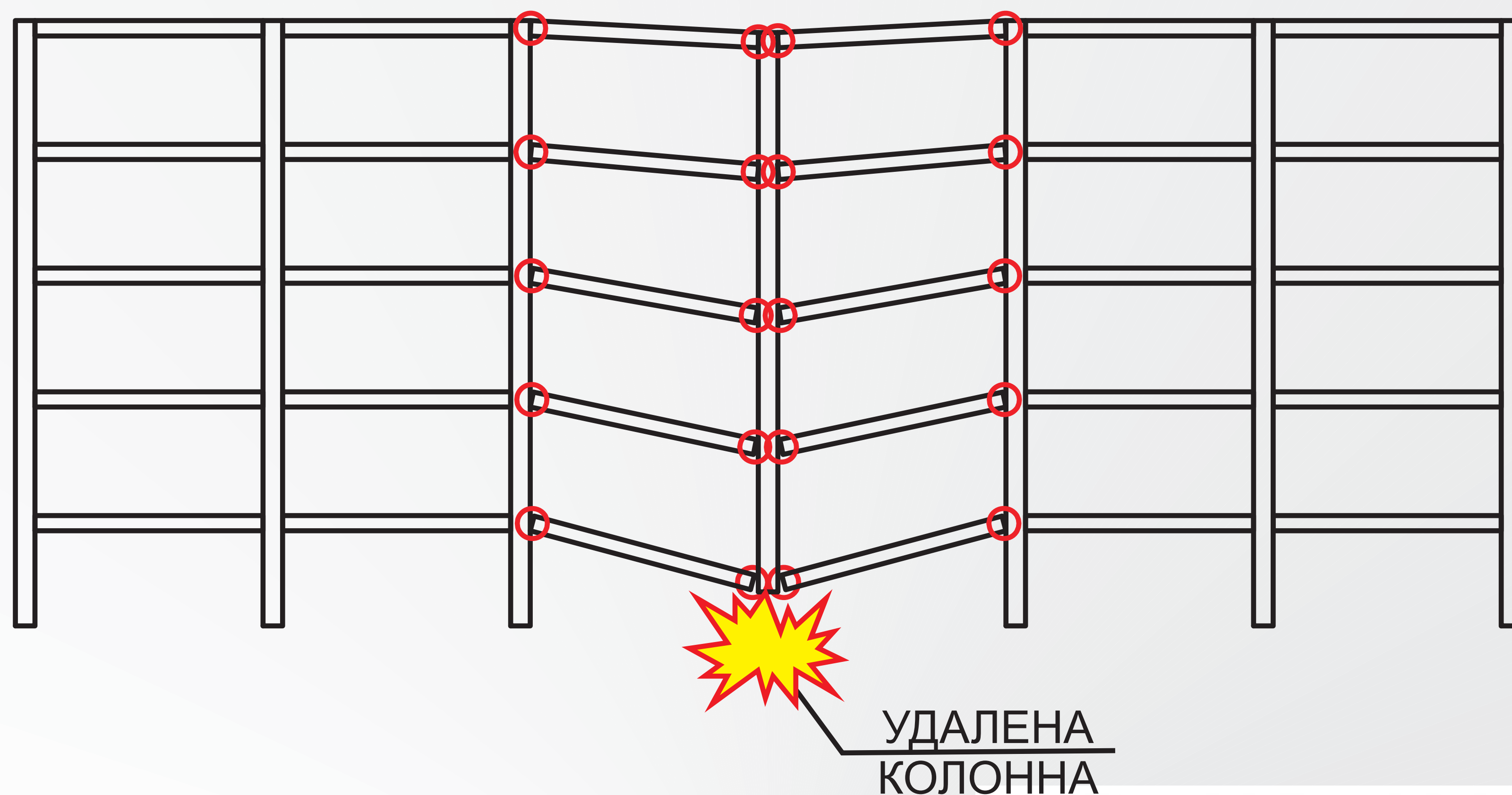
УРАГАНЫ

ОПОЛЗНИ

НЕРАВНОМЕРНЫЕ
ДЕФОРМАЦИЯ ОСНОВАНИЙ

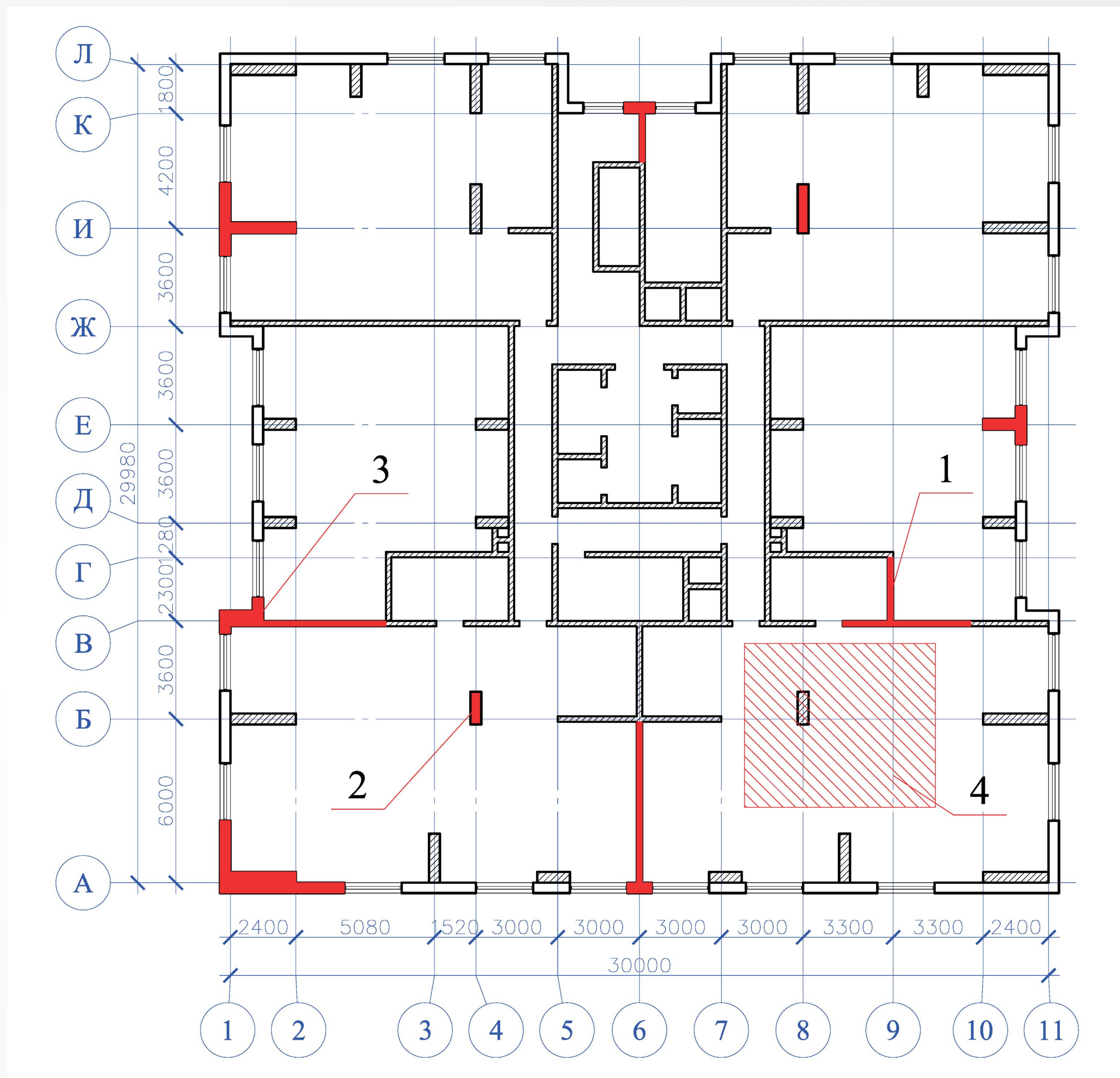


ТЕРМИН “ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ РАЗРУШЕНИЕ” ОТНОСИТСЯ К СИТУАЦИИ, КОГДА РАЗРУШЕНИЕ ИЛИ ПОВРЕЖДЕНИЕ КАКОЙ-ЛИБО МАЛОЙ ЧАСТИ КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДИТ К ПОЛНОМУ ИЛИ ПОЧТИ ПОЛНОМУ РАЗРУШЕНИЮ ВСЕЙ КОНСТРУКЦИИ



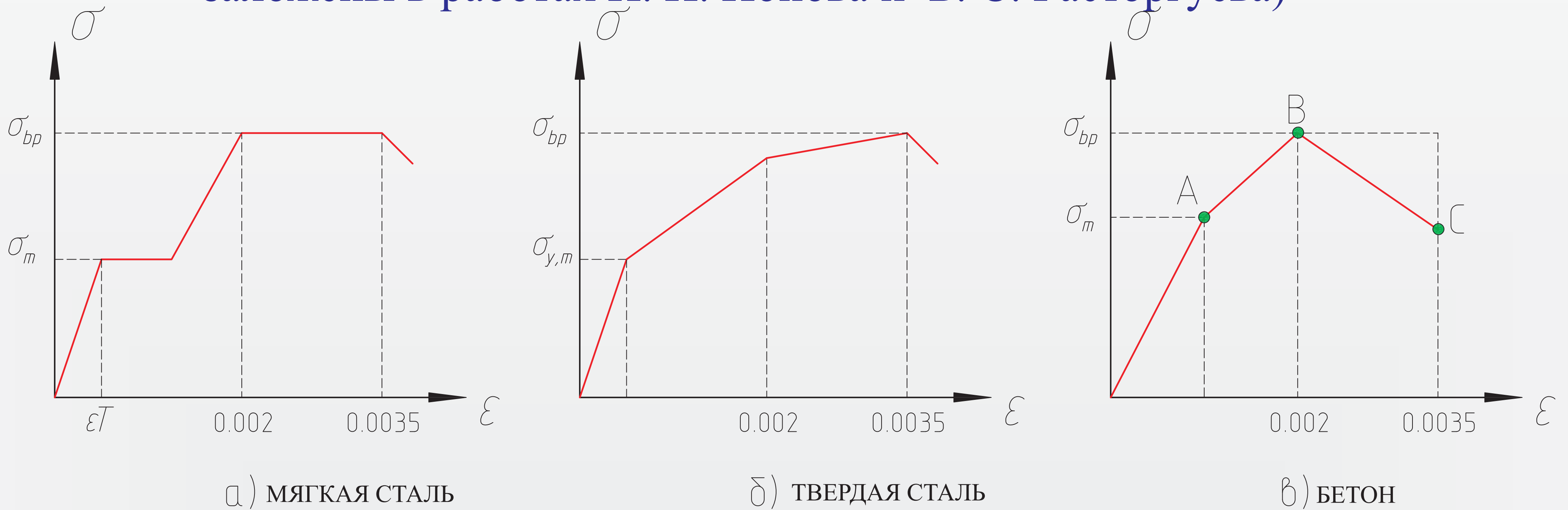
ВАРИАНТЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ГИПОТЕТИЧЕСКИХ ЛОКАЛЬНЫХ РАЗРУШЕНИЙ ТИПОВОГО ЭТАЖА

согласно Рекомендаций МНИИТЭП по защите монолитных
зданий от прогрессирующего обрушения



- 1) ДВЕ ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ СТЕНЫ НА УЧАСТКАХ ОТ МЕСТА ИХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ (В ЧАСТНОСТИ, ОТ УГЛА ЗДАНИЯ) ДО БЛИЖАЙШЕГО ПРОЁМА В КАЖДОЙ ИЗ СТЕН ИЛИ ДО СЛЕДУЮЩЕГО ВЕРТИКАЛЬНОГО СТЫКА СО СТЕНОЙ ДРУГОГО НАПРАВЛЕНИЯ (НА ОБЩЕЙ ДЛИНЕ НЕ БОЛЕЕ 7 М);
- 2) ОТДЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННАЯ КОЛОНА (ПИЛОН);
- 3) КОЛОНА (ПИЛОН) С УЧАСТКАМИ СТЕН, КОТОРЫЕ ПРИМЫКАЮТ ПО ИХ ДЛИНЕ ПО П.1)
- 4) РАЗРУШЕНИЕ ПЕРЕКРЫТИЯ НА ЗАДАННОЙ ПЛОЩАДИ;

базируются на анализе диаграмм « σ - ϵ » для бетона и арматуры фактических и расчетных (основы таких расчетов заложены в работах Н. Н. Попова и Б. С. Расторгуева)



Основная идея этих решений основана на том, что проектирование железобетонных конструкций в зависимости от назначения, характера влияния и последствий, которые допускаются, может производиться с использованием трёх точек диаграмм « σ - ϵ »: А, В, С (рис.1). С помощью этих диаграмм и дополнительных расчетных требований необходимо установление остаточной несущей способности конструкций. Таким образом, при невозможности или экономической нецелесообразности сберечь здание (сооружение) в состоянии нормальной эксплуатации появляется перспектива за счет реализации остаточной несущей способности в постпредельном состоянии сберечь жизни людей.

ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИНАМИЧНОСТИ K_f

Известно, что скорость падающего тела при ударе составляет

$$v = \sqrt{2gh}$$

где h - высота, с которой падает тело;

g - ускорение свободного падения;

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

Из-за прогиба балки (плиты) точка удара перемещается на f_d .

Полная работа падающего груза G (кинетическая энергия) будет равной:

$$A_d = G(h + f_d)$$

Обозначив через δ_n -перемещения от единичной силы, получим

эквивалентную:

$$\frac{f_d}{\delta_n} = G_{пл.д}$$

которая при ее статическом действии вызовет такое же перемещение $f_d = G_{уд} \delta$ как и при ударе. Потенциальная энергия упруго деформированной балки:

$$\Pi = \frac{1}{2} G_{уд} \times f_d = \frac{1}{2} \times \frac{f_d}{\delta}$$

Приравняв кинетическую и потенциальную энергию, получим:

или
$$G(h + f_d) = \frac{1}{2} \times \frac{f_d^2}{\delta}$$

$$f_d^2 - 2G\delta\delta_d - 2G\delta\delta = 0$$

Решение данного уравнения:

$$f_d = G\delta + \sqrt{(G\delta)^2 + 2G\delta h} = G\delta \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{G\delta}} \right)$$

Так как $f_{ст} = G \times \delta$, тогда

$$f_{д} = f_{ст} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{f_{ст}}} \right)$$

Обозначив $k_{д}$ -коэффициент динамичности:

$$k_{д} = \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{f_{ст}}} \right)$$

получим

$$f_{д} = f_{ст} \times k_{д}$$

приняв $h = 0$, получим

$$k_{д} = 1 + \sqrt{1 + 0} = 2$$

То есть внезапно приложенная нагрузка вызывает в упруго деформированном теле в два раза большие напряжения.

Потенциальная энергия пластично деформированной балки:

$$\Pi = G_{пл.д.} \times u_{д} = \frac{u_{д}^2}{\delta_{пл}}$$

Приравняв кинетическую и потенциальную энергии, получим

$$G_{пл.д.} (h + u_{д}) = \frac{u_{д}^2}{\delta_{пл}}$$

или

$$u_{д}^2 - G_{пл.д.} \delta_{пл} u_{д} - G_{пл.д.} \delta_{пл} h = 0$$

Решение данного уравнения

$$u_{д} = \frac{G_{пл.д.} \delta_{пл}}{2} + \sqrt{\frac{(G_{пл.д.} \delta_{пл})^2}{4}} = G_{пл.д.} \delta_{пл} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{4h}{u_{ст}}} \right)$$

так как $u_{ст} = G_{пл.д.} \delta_{пл}$

тогда

$$u_{д} = u_{ст} \left(0.5 + 0.5 \sqrt{1 + \frac{4h}{u_{ст}}} \right)$$

получим

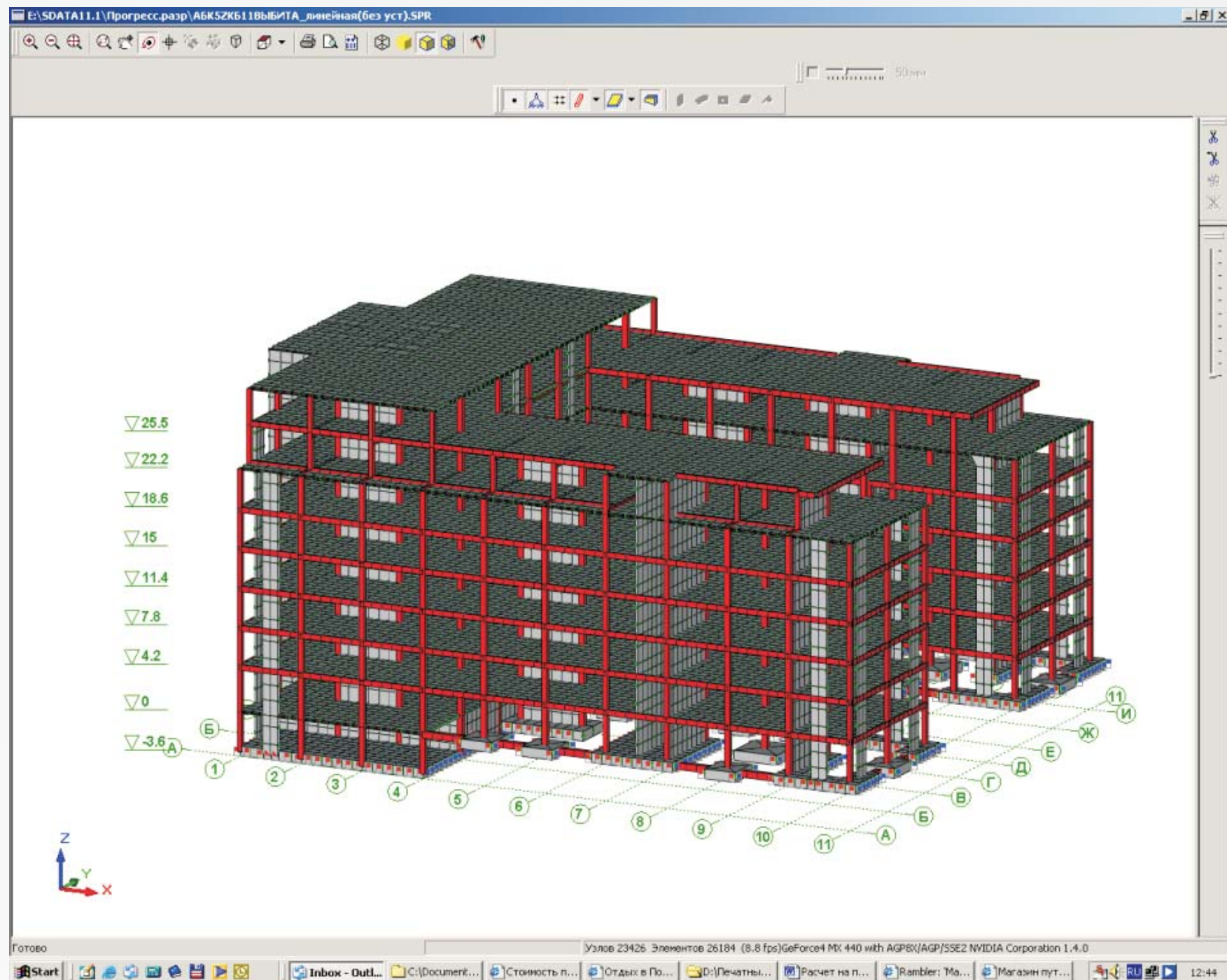
$$u_{д} = u_{ст} \times k_{д}$$

Приняв $h = 0$, получим

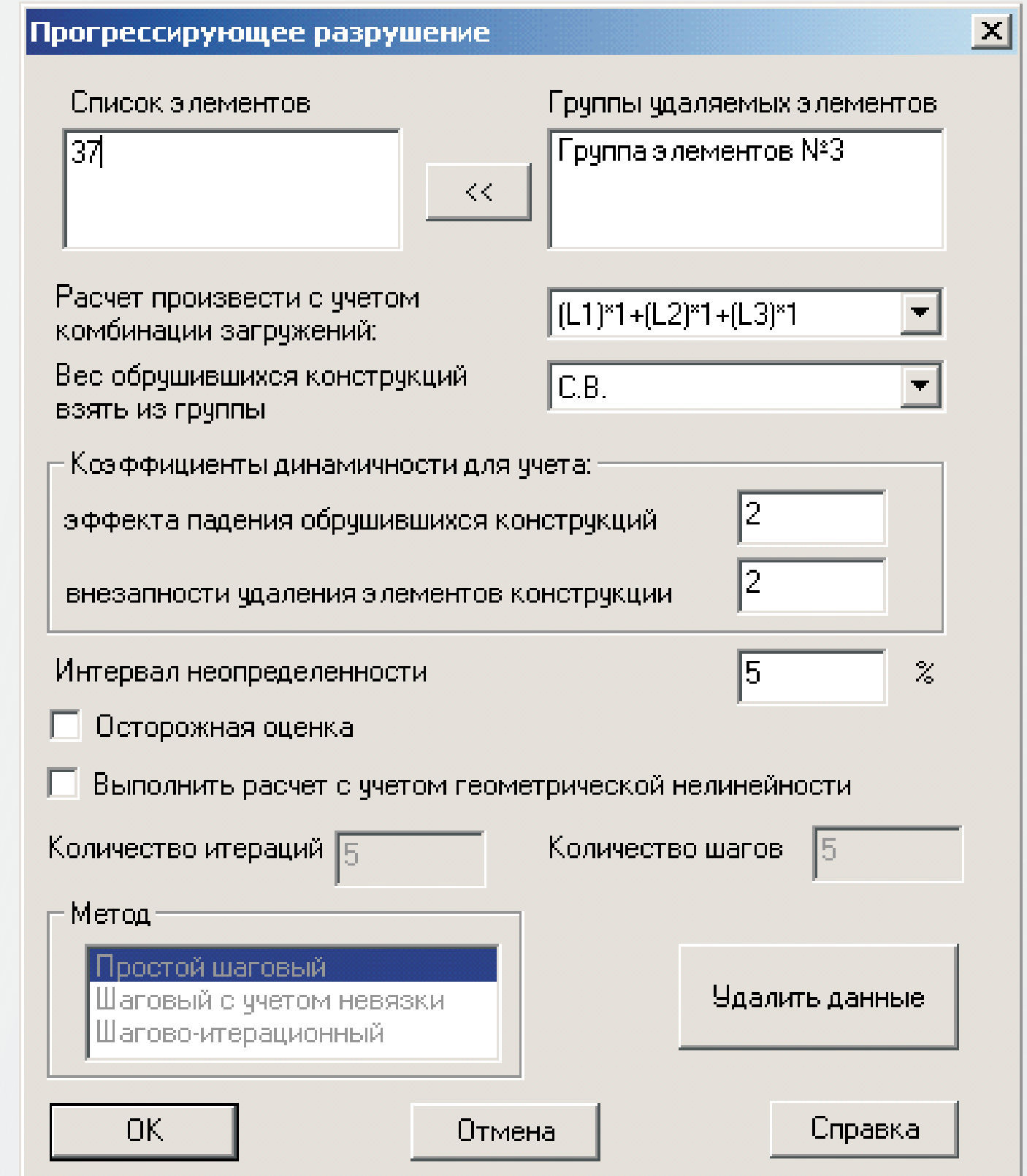
$$k_{д} = 0.5 + 0.5 \sqrt{1 + 0} = 1$$

То есть внезапно приложенная нагрузка в пластической стадии вызывает такое же напряжение, как и статическая. Действительный процесс прогрессирующего обрушения имеет временную характеристику. Например, после взрыва, который приводит к разрушению колонны без сохранения её остаточного сопротивления, произойдет движение перекрытия вниз. Перекрытие прогибается, и динамический прогиб будет отличаться от статического.

I ЭТАП: ПОДГОТОВКА ДАННЫХ



II ЭТАП: ПОДГОТОВКА ДАННЫХ

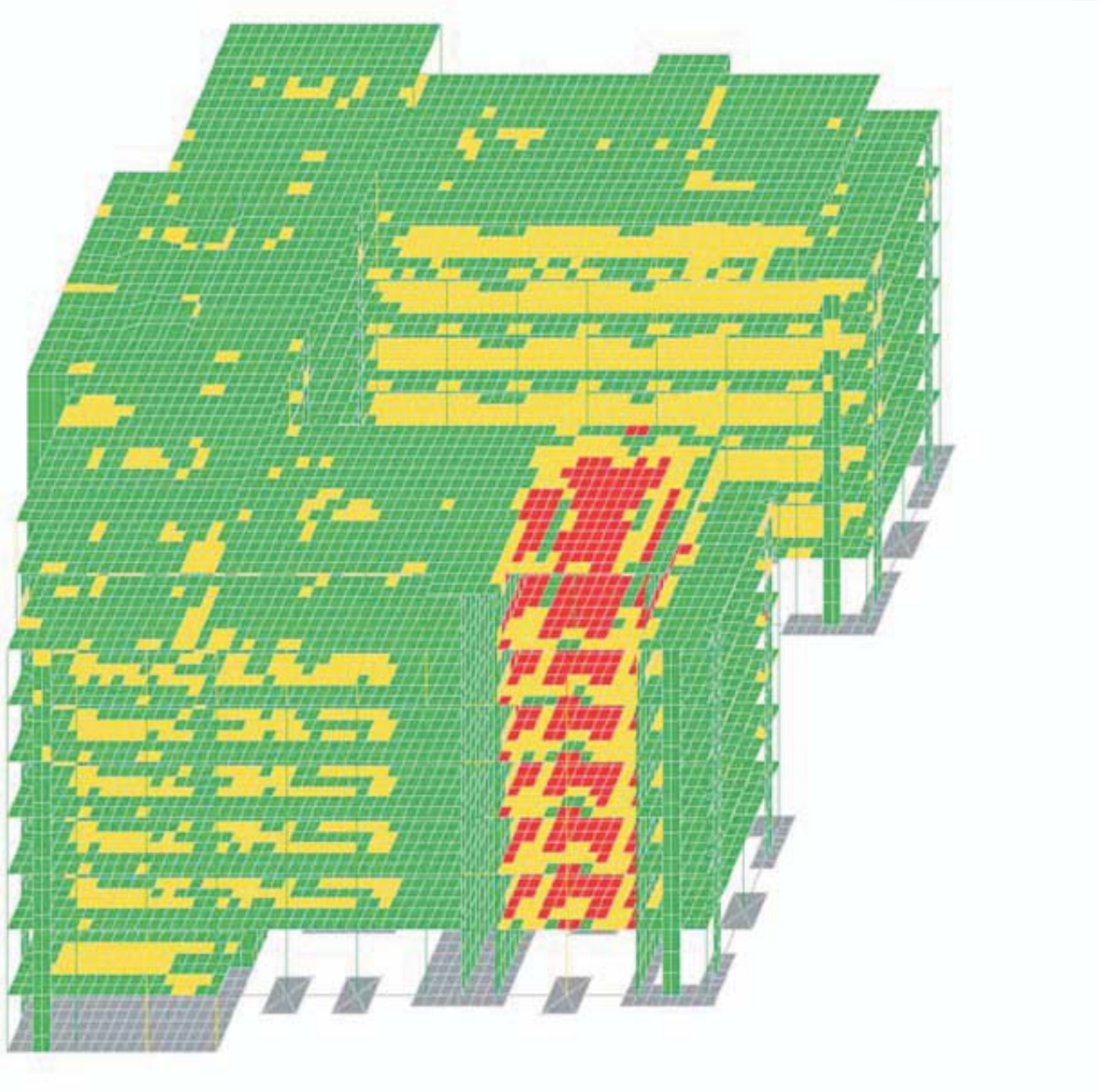


- СТАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ (ЕСЛИ ЭТО НЕОБХОДИМО) РАСЧЕТЫ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ В НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ;
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СОЧЕТАНИЙ УСИЛИЙ (PCУ);
- ПОДБОР АРМАТУРЫ В ЭЛЕМЕНТАХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ПЕРВОГО И ВТОРОГО (ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ) ГРАНИЧНЫХ СОСТОЯНИЙ;

Рис. 1 Диалоговое окно "Прогрессирующее разрушение"

- СПИСОК КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, КОТОРЫЕ ВХОДЯТ ВО ВНЕЗАПНО УДАЛЯЕМОГО ФРАГМЕНТА КОНСТРУКЦИЙ;
- ПРОВЕРОЧНАЯ КОМБИНАЦИЯ ЗАГРУЖЕНИЙ, В КОТОРУЮ ВХОДЯТ ПОСТОЯННЫЕ НАГРУЗКИ, А ТАКЖЕ ДЛИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ КРАТКОВРЕМЕННЫХ;
- ГРУППА НАГРУЗОК, КОТОРАЯ ОПРЕДЕЛЯЕТ ВЕС КОНСТРУКЦИЙ, КОТОРЫЕ ОБРУШАЮТСЯ;
- КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕГРУЗКИ (ДИНАМИЧНОСТИ) - K_f ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ РЕАКЦИИ СИСТЕМЫ ПРИ ВНЕЗАПНОМ УДАЛЕНИИ ЭЛЕМЕНТА КОНСТРУКЦИИ;
- КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕГРУЗКИ - K_g ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ РЕАКЦИИ СИСТЕМЫ НА УДАЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, КОТОРЫЕ ВЫШЛИ ИЗ РАБОТЫ (ПО УМОЛЧАНИЮ $K_f=K_g=1$);
- ЗНАЧЕНИЕ ИНТЕРВАЛА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ;

III ЭТАП: АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА



ЗАДАНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ

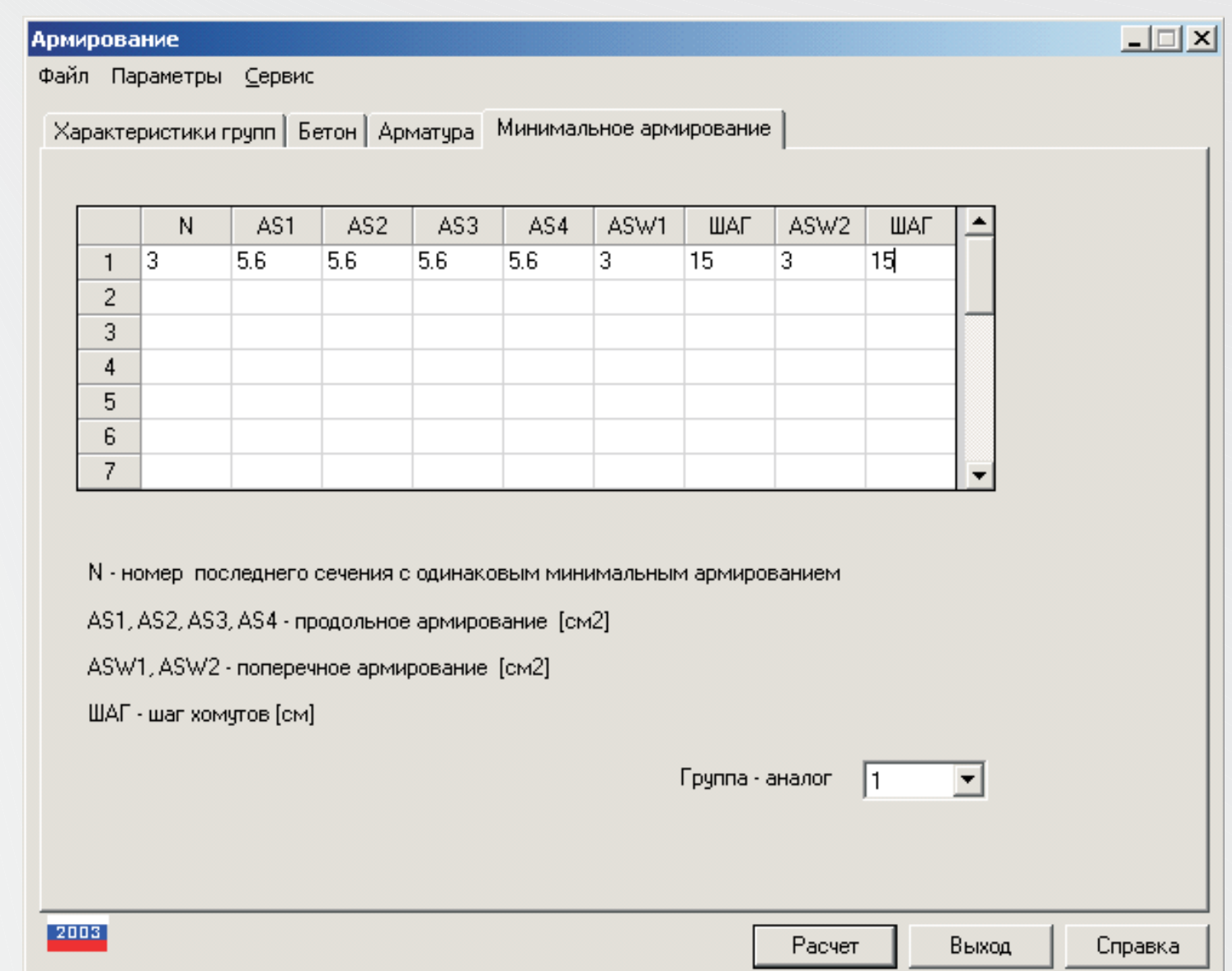
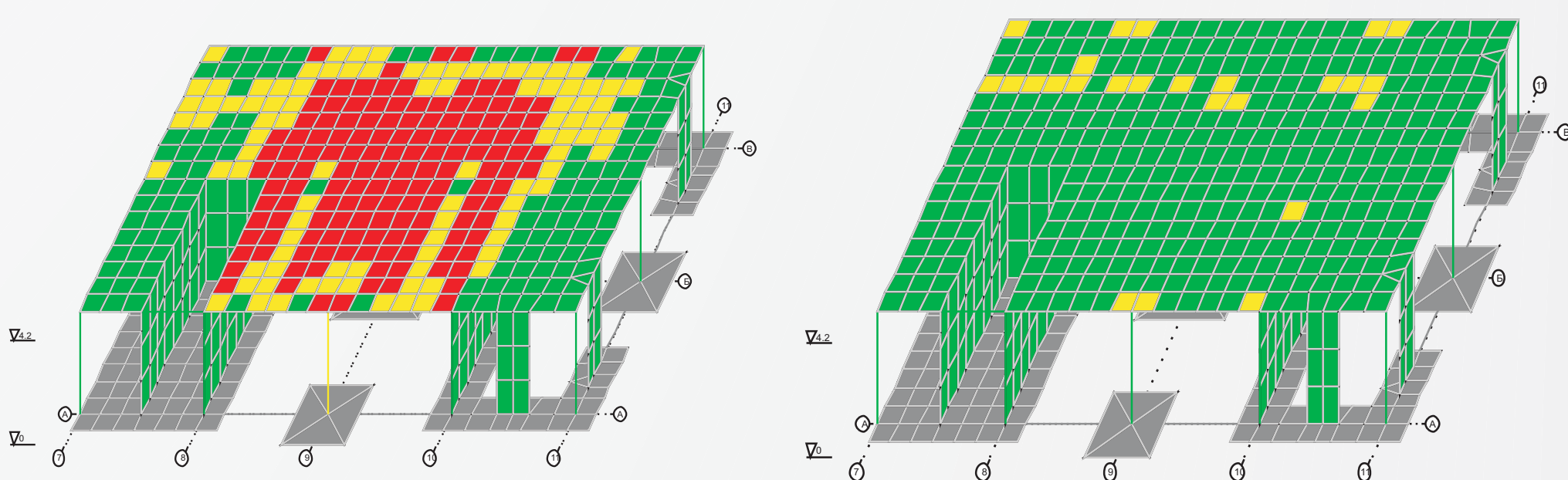


Рис. 2 Вкладка "Армирование"

В ДВУХЦВЕТНОЙ ШКАЛЕ ЭЛЕМЕНТЫ РАЗДЕЛЯЮТСЯ ПО ЦВЕТУ НА РАБОТАЮЩИЕ ($K_{max} < 1$) И НА ТЕ, КОТОРЫЕ ВЫШЛИ ИЗ РАБОТЫ ($K_{max} \geq 1$)

В ТРЕХЦВЕТНОЙ ШКАЛЕ ТРЕТИЙ ЦВЕТ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ, КОТОРЫЕ С РАВНОЙ СТЕПЕНЬЮ ВЕРОЯТНОСТИ ОТНОСЯТСЯ К ТЕМ, КОТОРЫЕ ВЫШЛИ ИЗ РАБОТЫ ИЛИ К ТЕМ, КОТОРЫЕ ПРОДОЛЖАЮТ РАБОТАТЬ ($1 - \delta < K_{max} < 1 + \delta$)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА В СТАНДАРТНОЙ ПОСТАНОВКЕ (СПРАВА) И С УЧЕТОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ (СЛЕВА)



- В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗРУШЕНИЯ ЧАСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ХАРАКТЕР НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МОЖЕТ ИЗМЕНЯТЬСЯ ;
- В ЭТОМ СЛУЧАЕ АКТУАЛЬНА ВОЗМОЖНОСТЬ ЗАДАНИЯ НЕКОТОРОГО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ, МЕНЬШЕ КОТОРОГО В СЕЧЕНИИ БЫТЬ НЕ МОЖЕТ;
- ЕСЛИ ПРИ ПОДБОРЕ АРМАТУРЫ ОКАЖЕТСЯ, ЧТО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ НЕ ДОСТАТОЧНО, ТОГДА К НЕМУ БУДЕТ ДОБАВЛЕНО НЕОБХОДИМУЮ АРМАТУРУ. В ДРУГОМ СЛУЧАЕ В СЕЧЕНИИ ОСТАЕТСЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ АРМИРОВАНИЕ

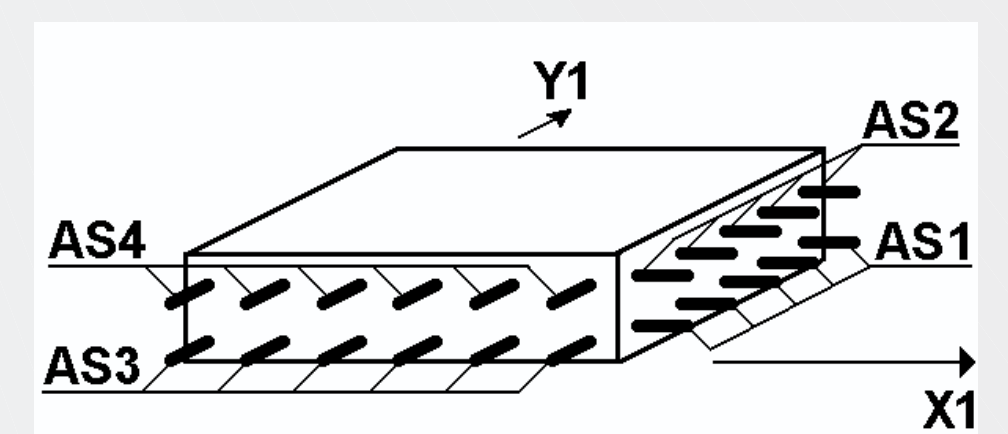
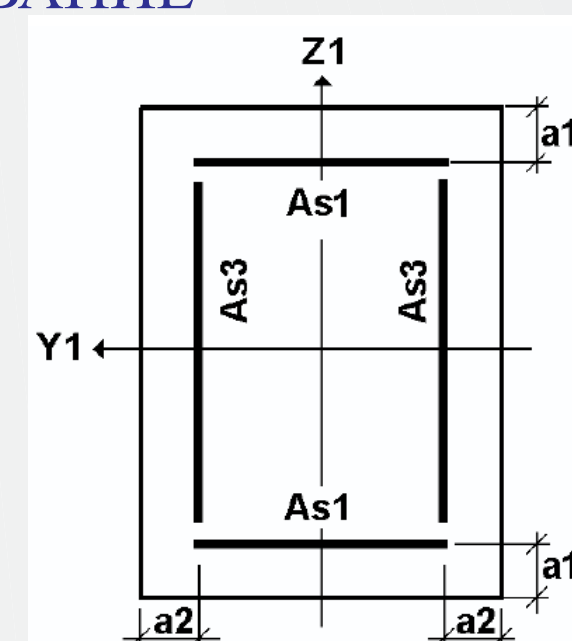
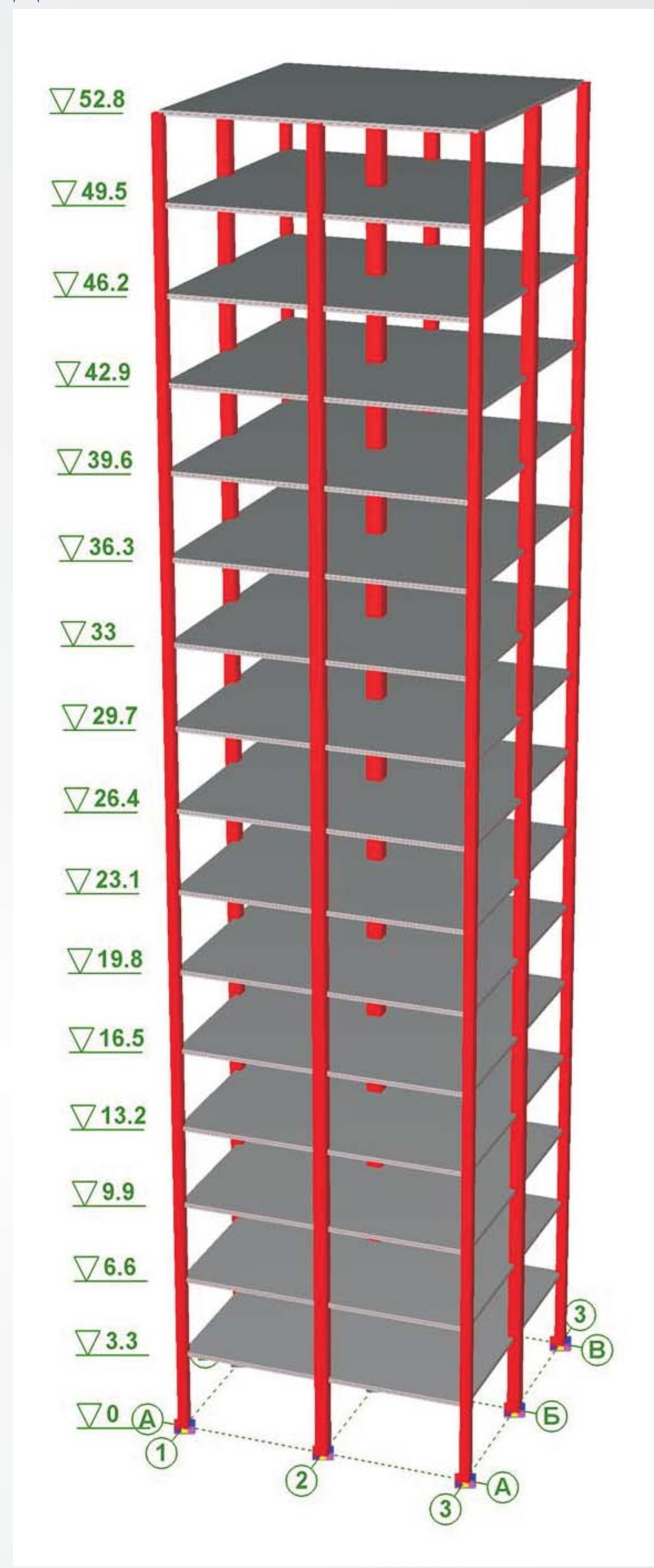


Рис. 3 Сечение элементов с симметричным расположением арматуры

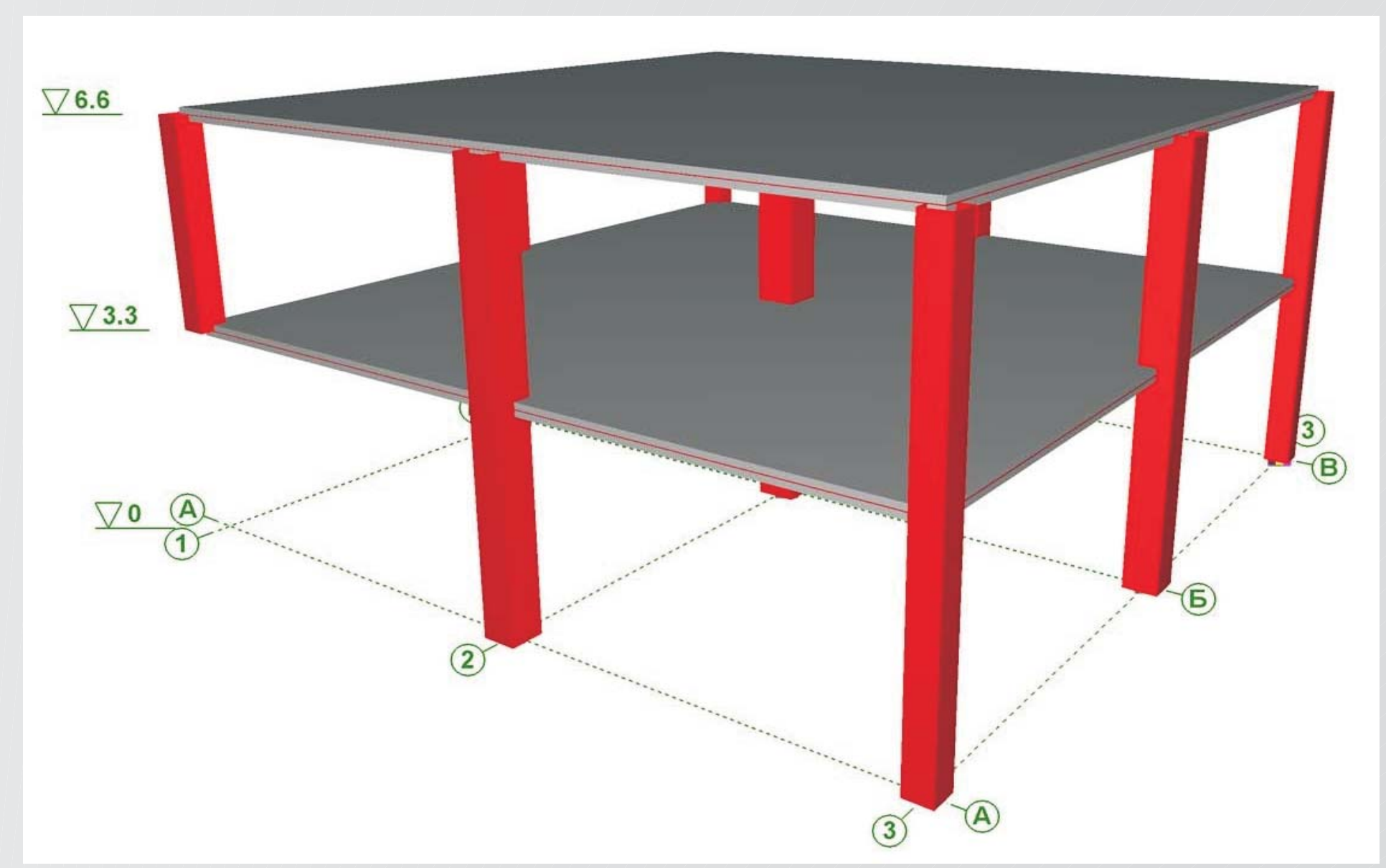
ПРИНЯТЫЕ К АНАЛИЗУ РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ

КАРКАСНОЕ МОНОЛИТНОЕ 16-ЭТАЖНОЕ
ЗДАНИЕ С ШАГОМ КОЛОНН 6X6 М

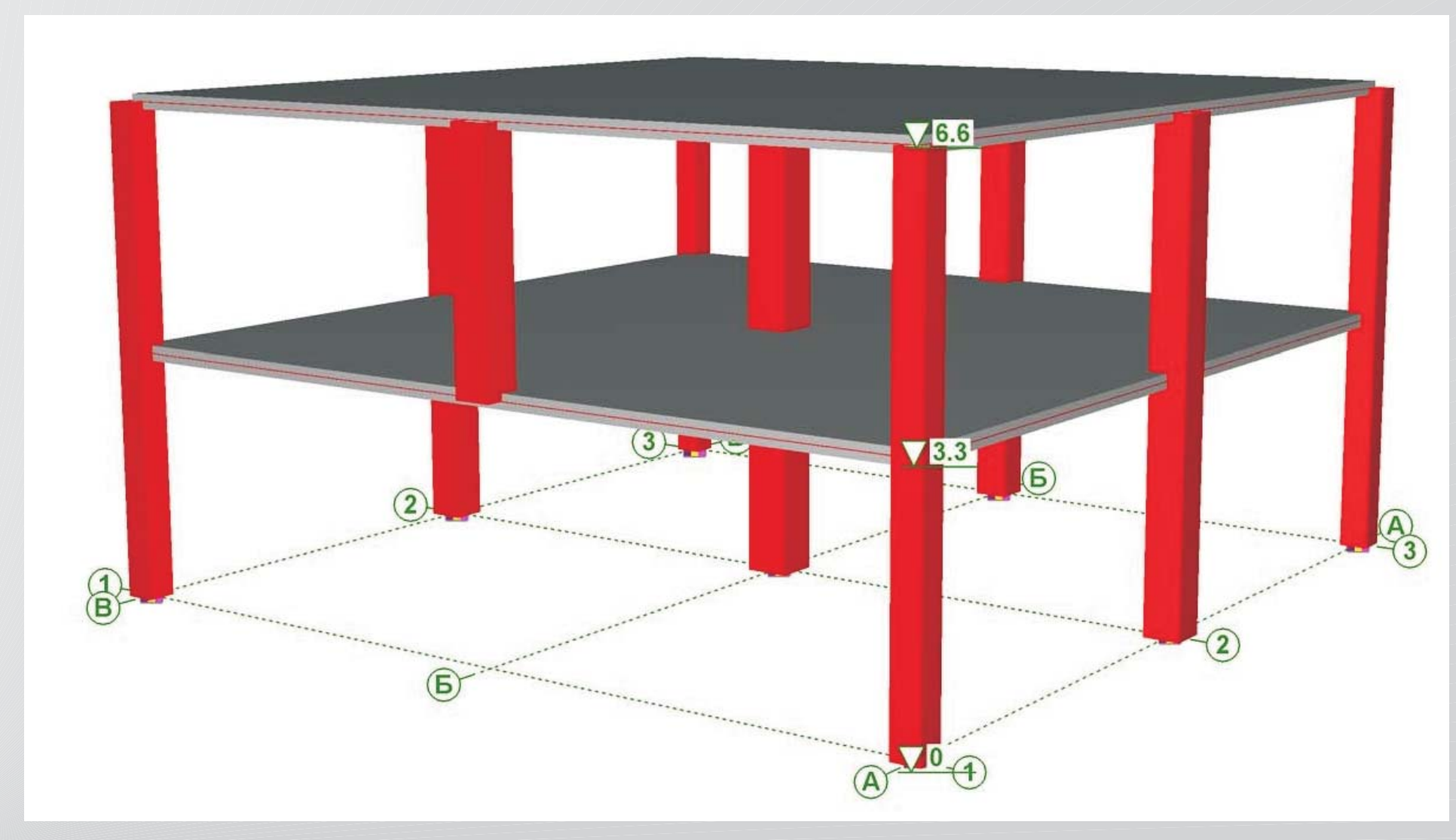
ЛОКАЛЬНОЕ РАЗРУШЕНИЕ №1
УДАЛЕНА КОЛОННА НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ОСЕЙ 1/A



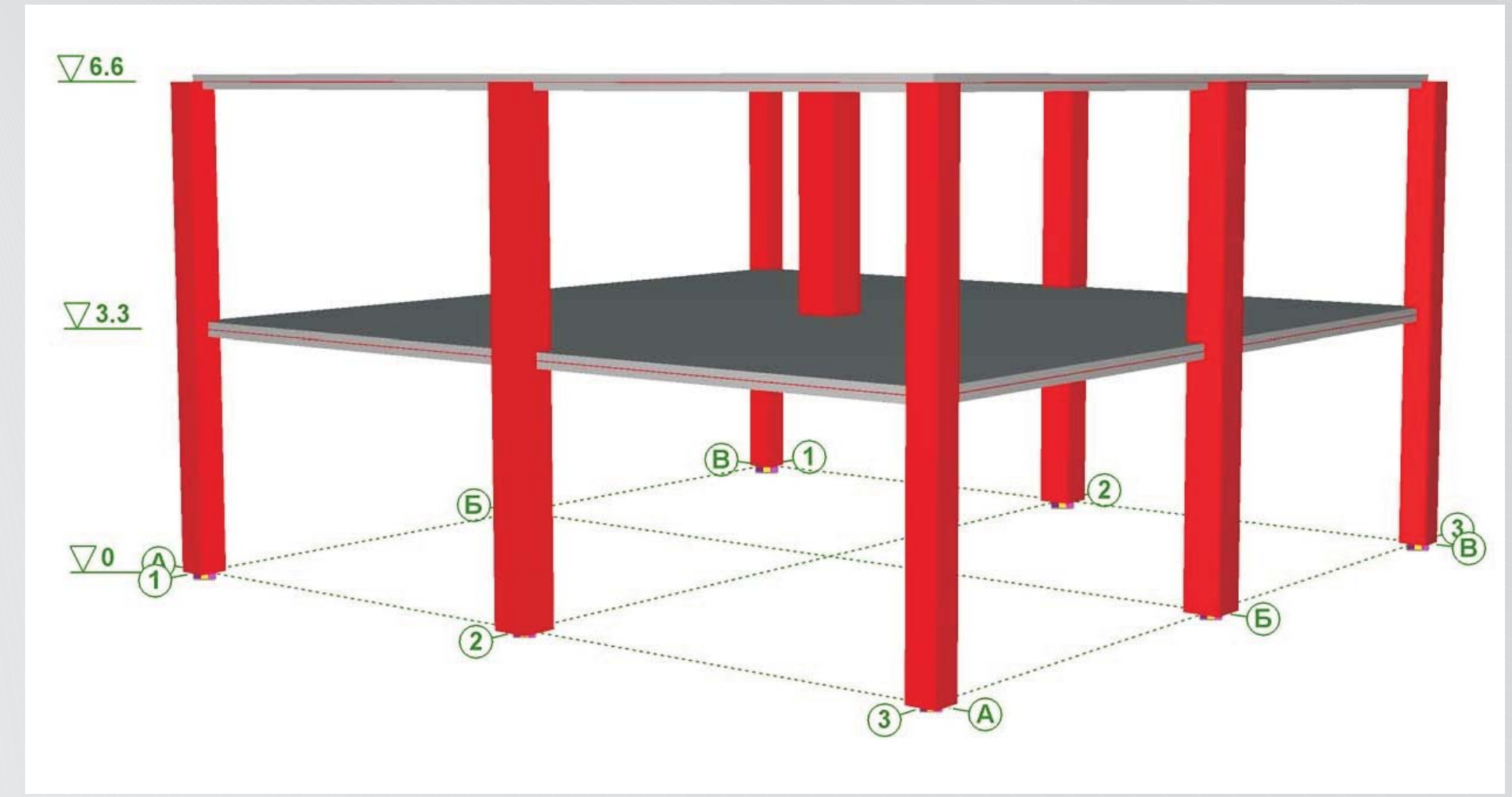
ФРАГМЕНТ ЗДАНИЯ С ЖЕСТКИМ
ВЕРХНИМ ЭТАЖОМ (ЗАДАЧА №4)



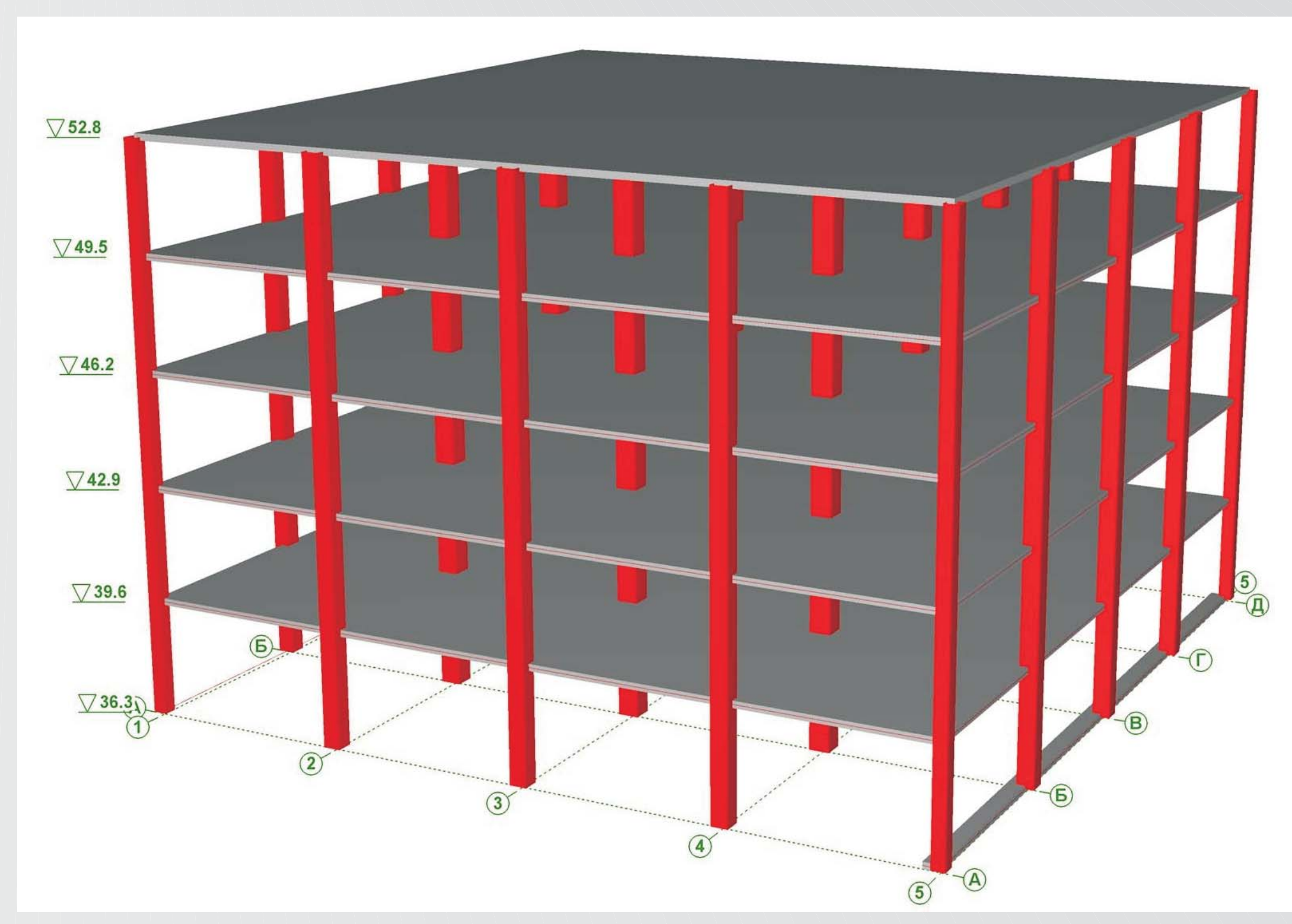
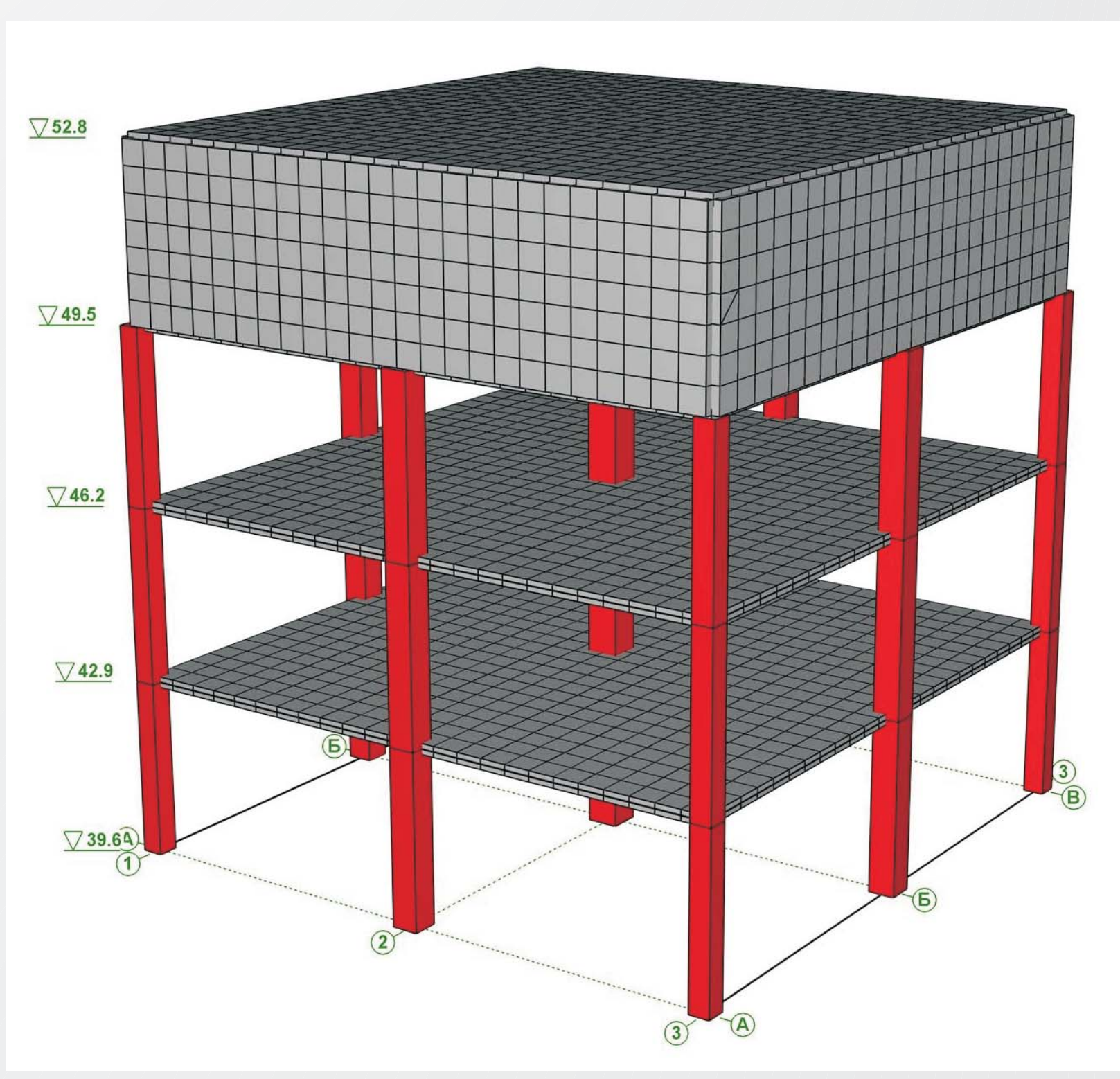
ЛОКАЛЬНОЕ РАЗРУШЕНИЕ №2
УДАЛЕНА КОЛОННА НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ОСЕЙ 1/Б



ЛОКАЛЬНОЕ РАЗРУШЕНИЕ №3
УДАЛЕНА КОЛОННА НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ОСЕЙ 2/Б

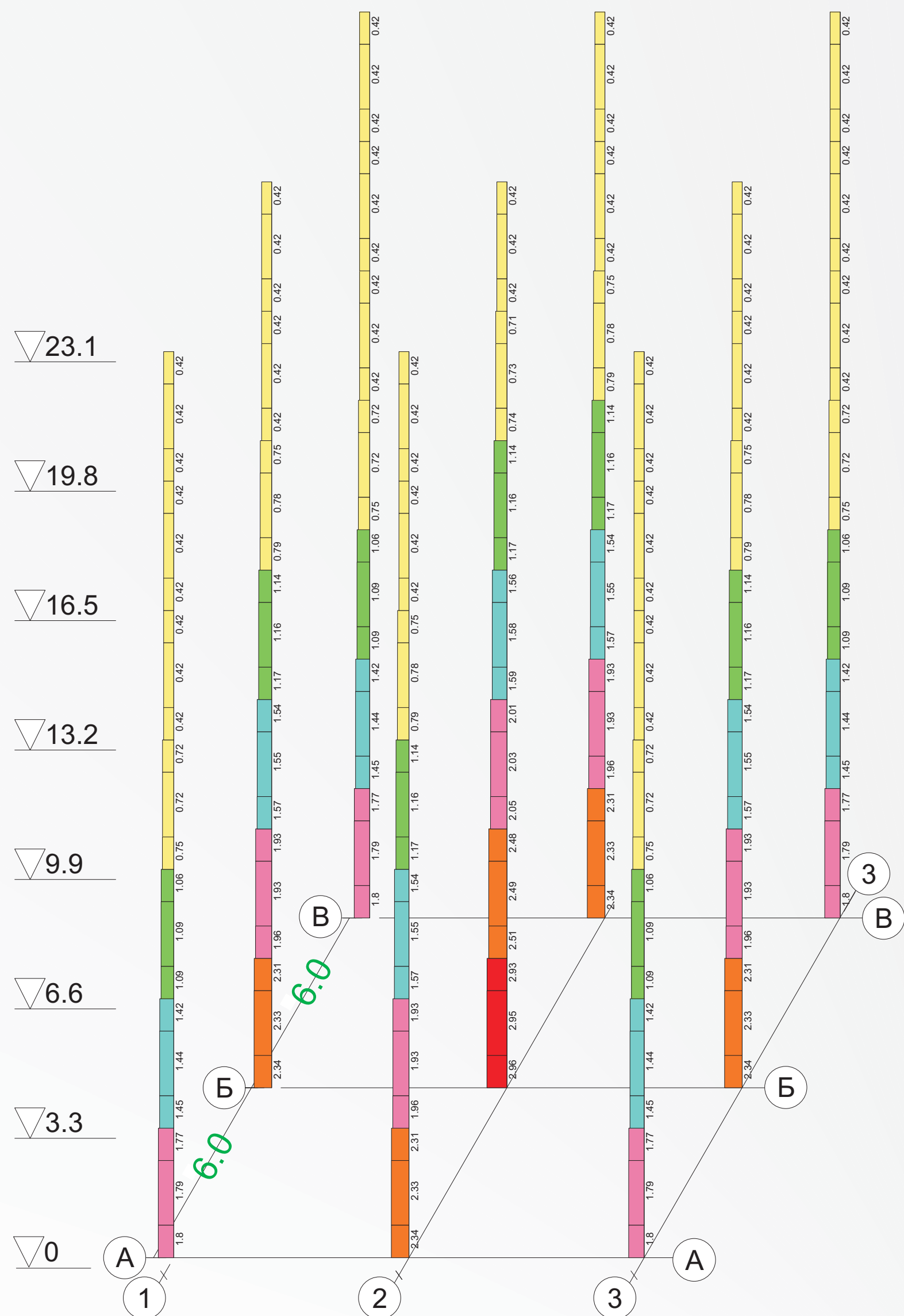


ФРАГМЕНТ ЗДАНИЯ С УВЕЛИЧЕННЫМ
ЧИСЛОМ ПРОЛЕТОВ (ЗАДАЧА №5)

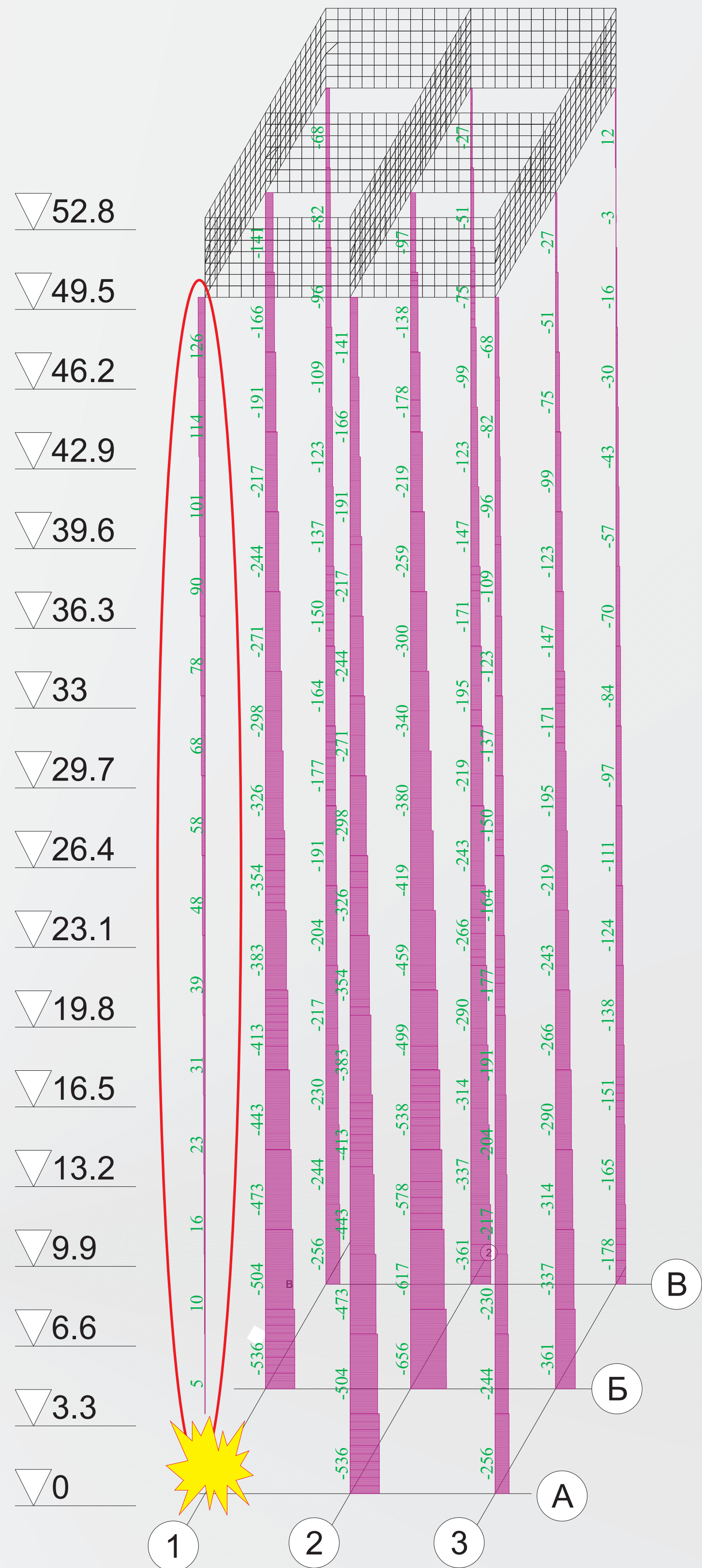


ЭПЮРА АРМАТУРЫ ДЛЯ КОЛОНН, % (СИММЕТРИЧНОЕ АРМИРОВАНИЕ ПО РАСЧЕТУ В SCAD)

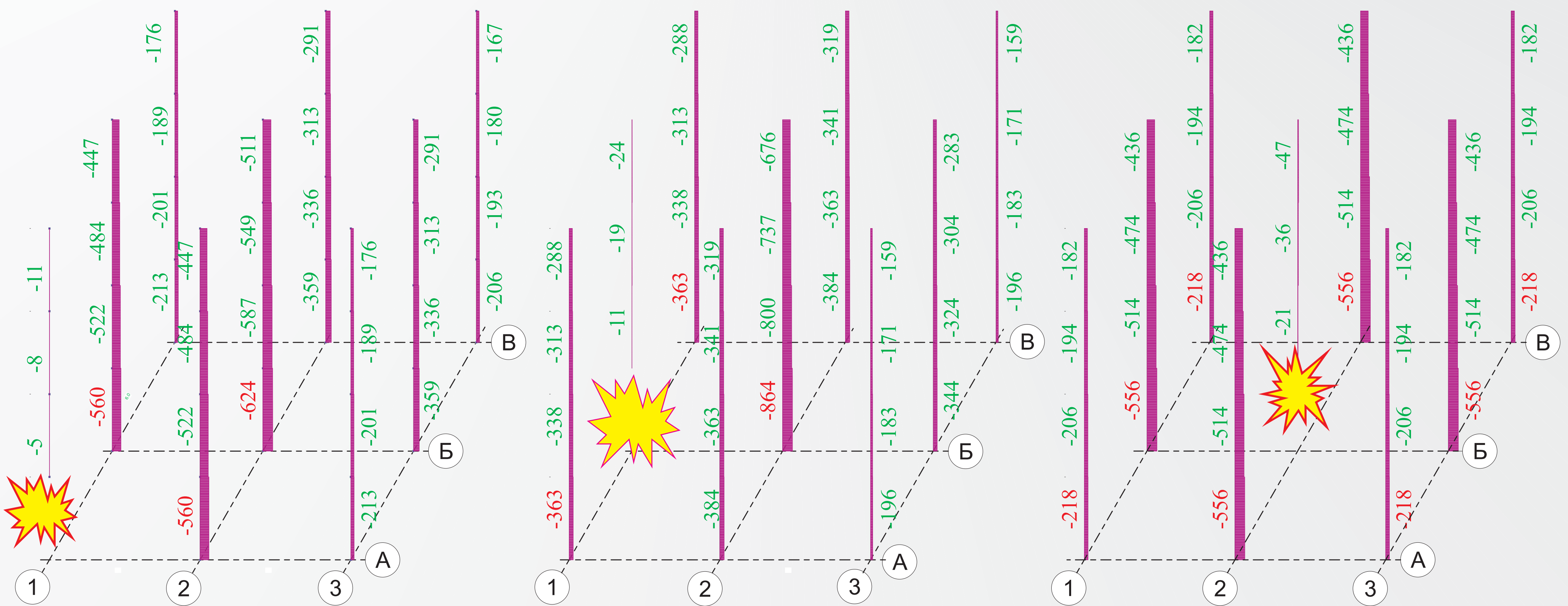
ВОЗНИКНОВЕНИЕ РАСТЯГИВАЮЩИХ УСИЛИЙ В КОЛОННАХ НАД ЛОКАЛЬНЫМ РАЗРУШЕНИЕМ В СХЕМЕ С ЖЕСТКИМ ВЕРХНИМ ЭТАЖОМ



0.42	0.84	1.69	2.12
0.84	1.27	2.12	2.54
1.27	1.69	2.54	2.96

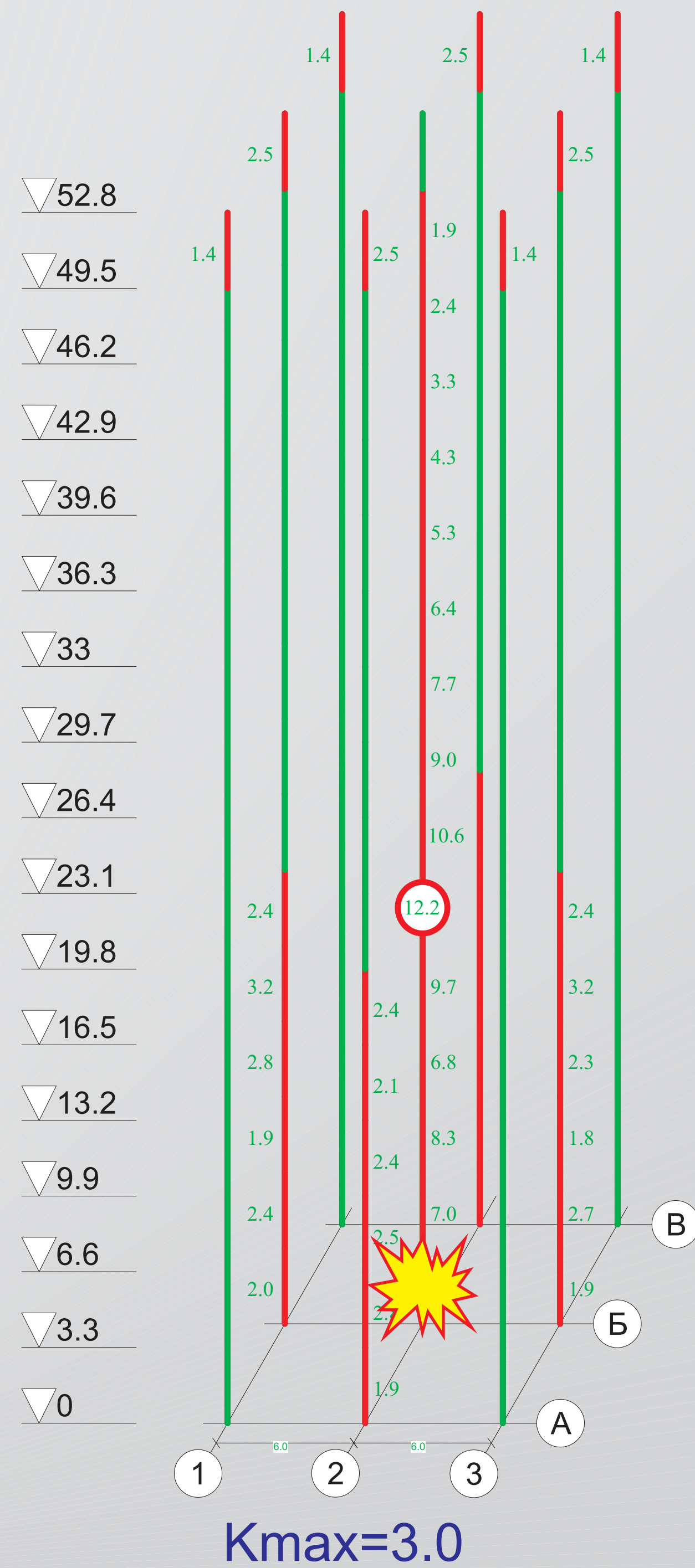
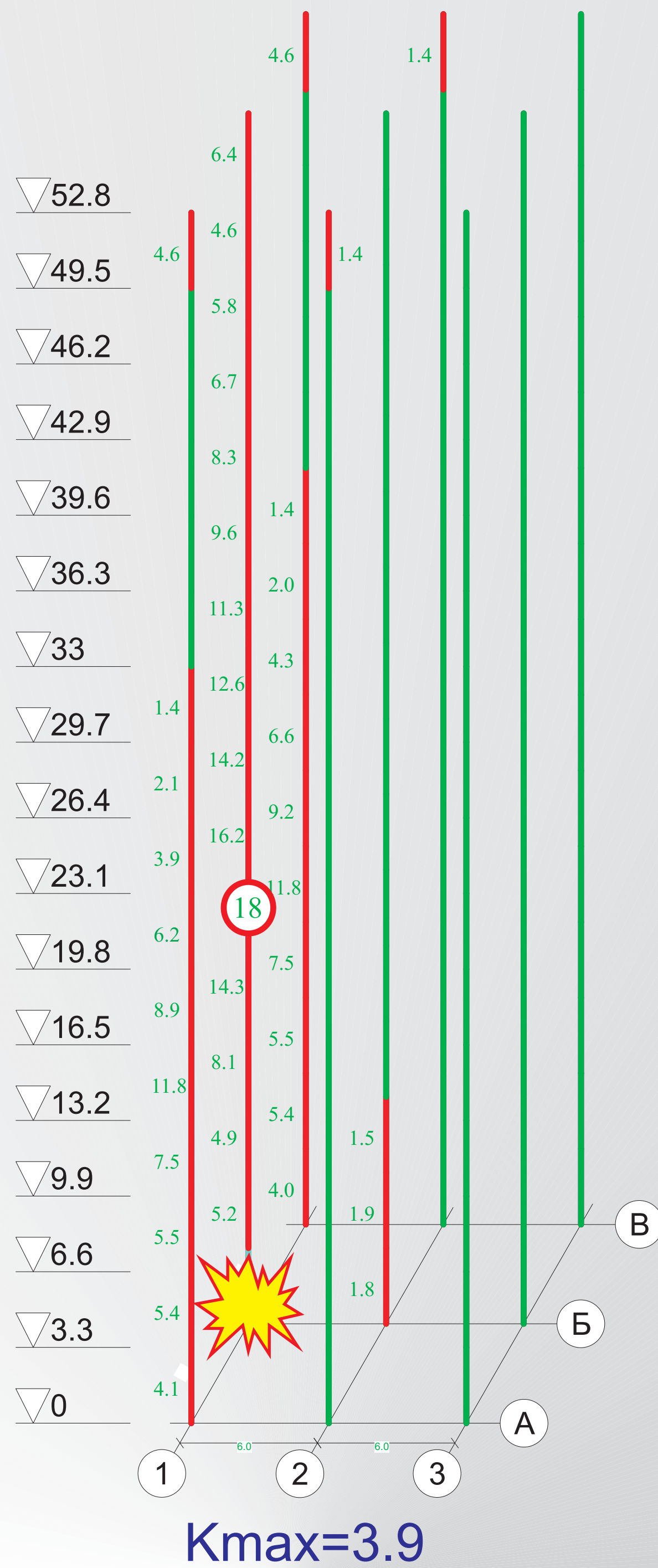
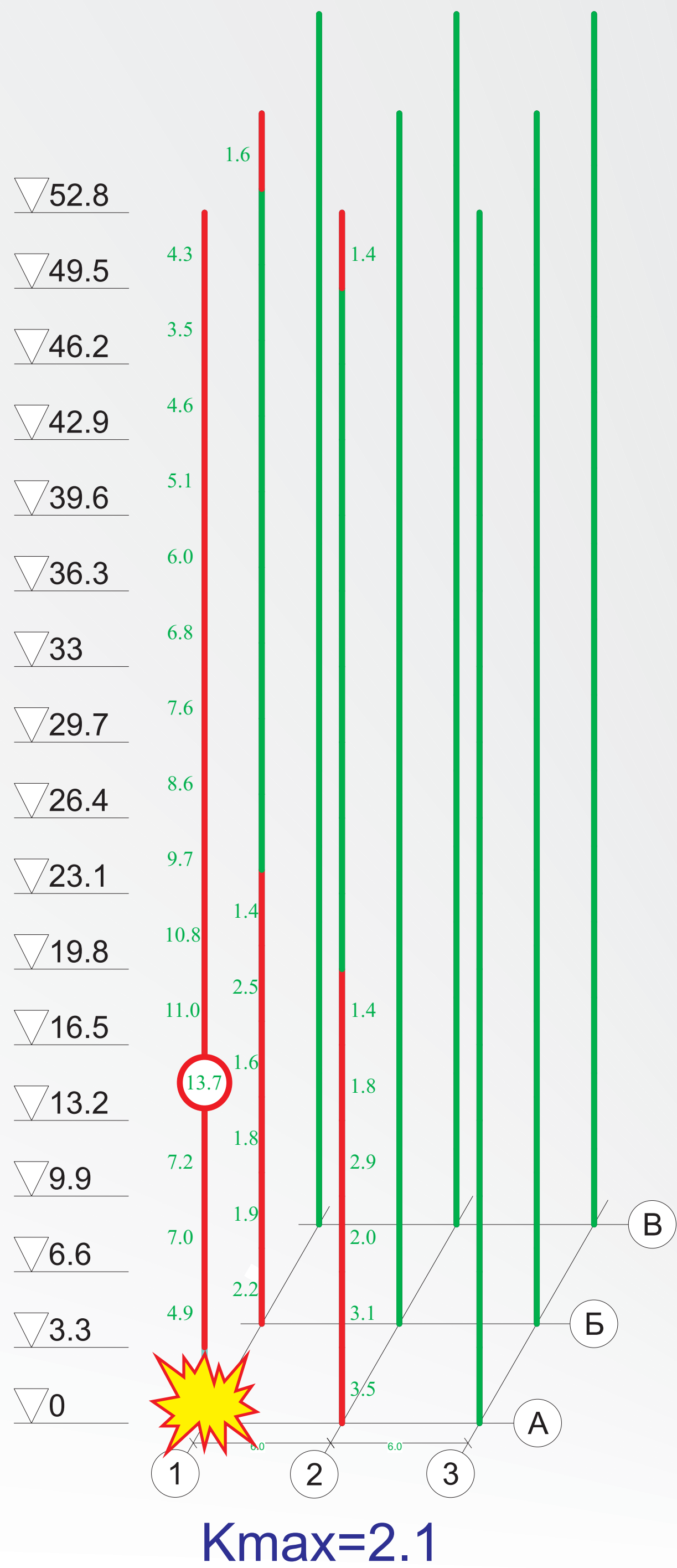


ПЕРЕРАСРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК МЕЖДУ КОЛОННАМИ, Т

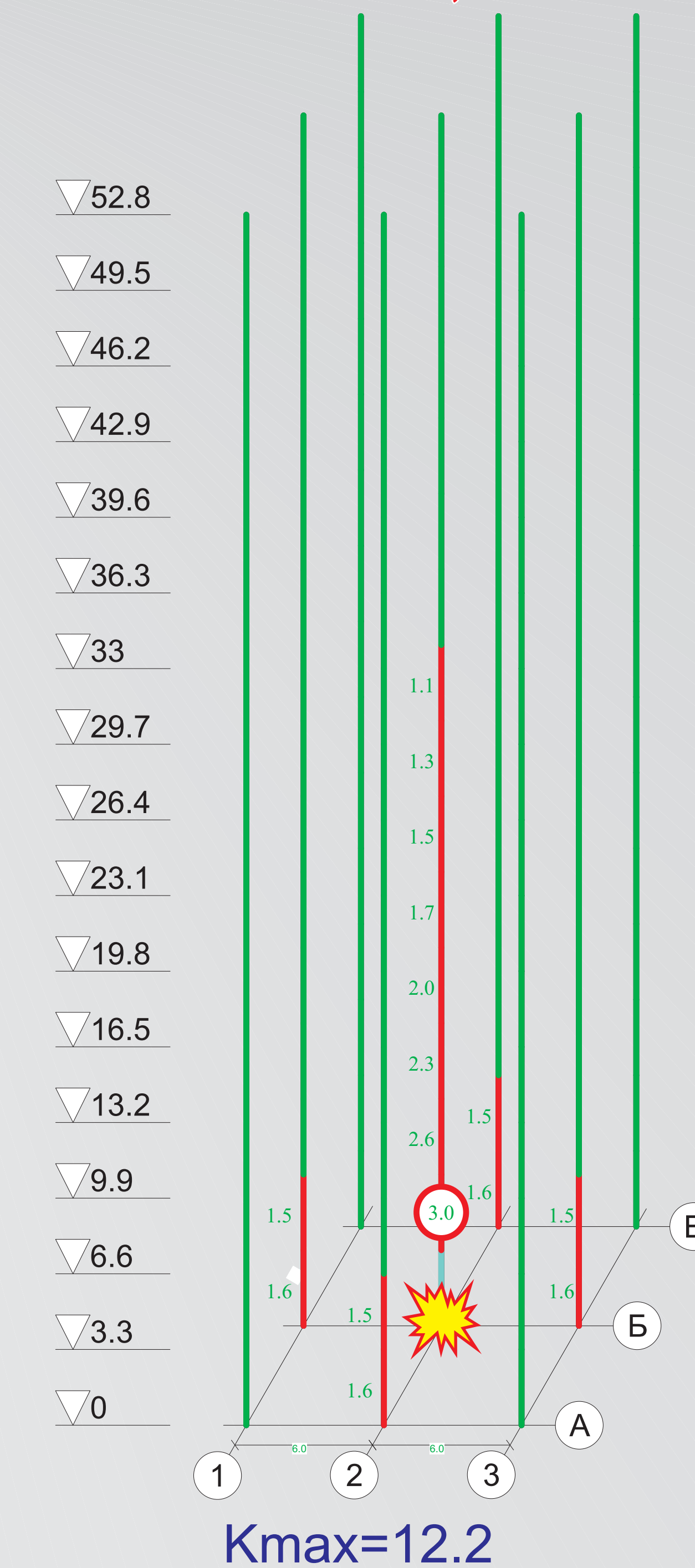
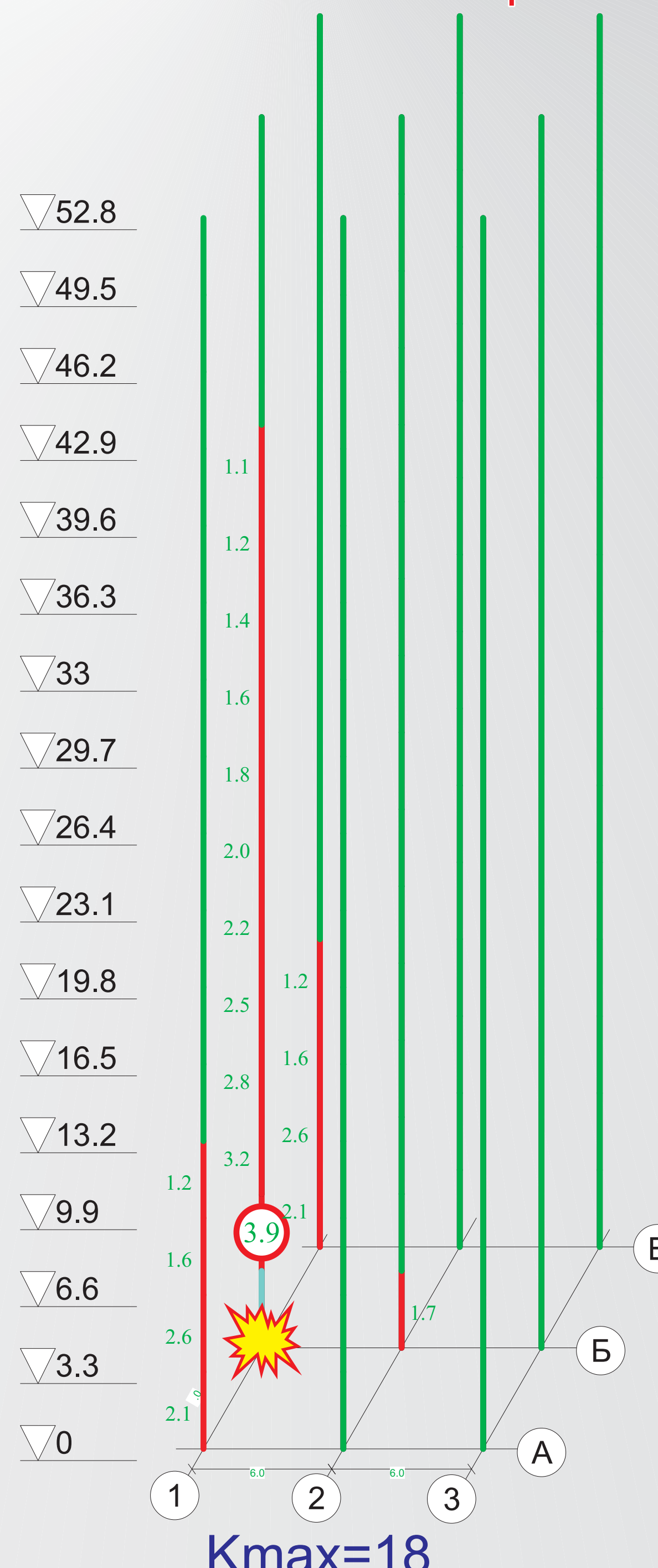
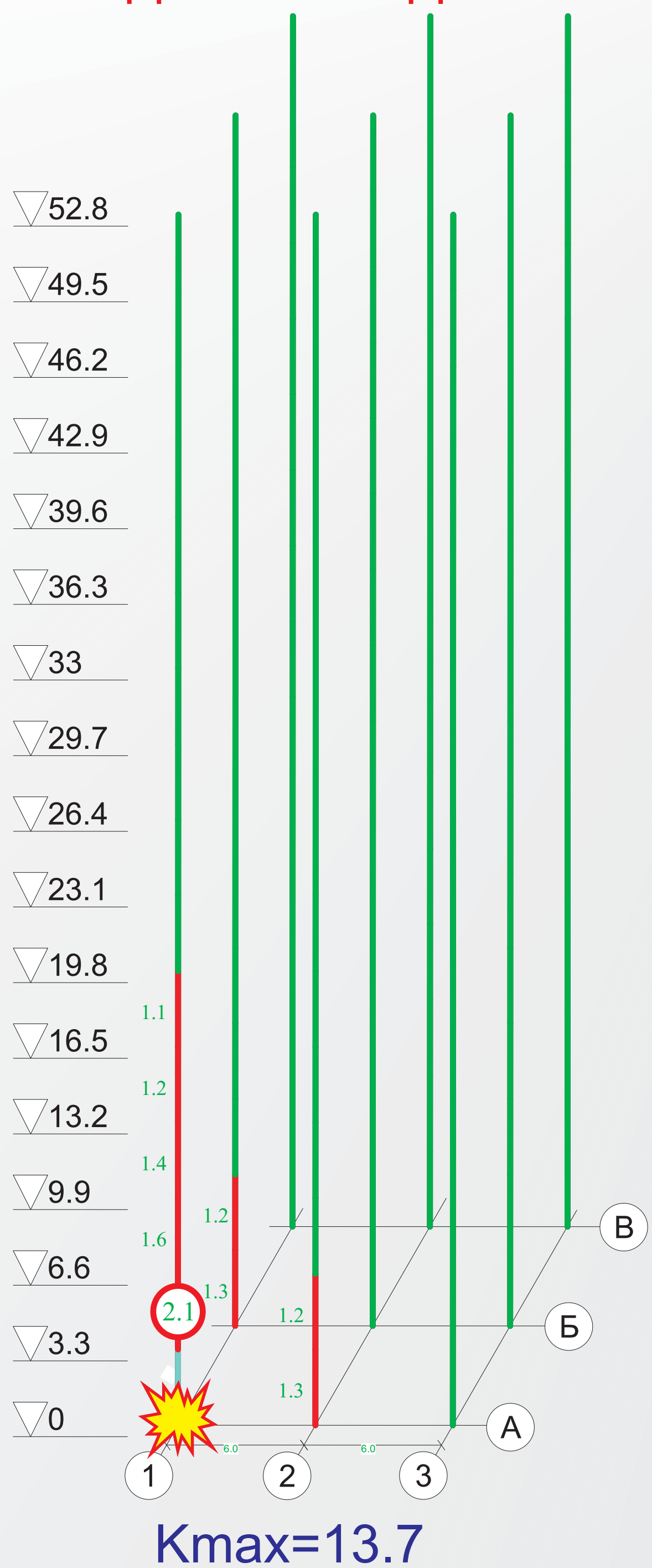


ПРИ УДАЛЕНИИ СРЕДНЕЙ КОЛОННЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК МЕЖДУ КОЛОННАМИ, КОТОРЫЕ НЕ РАЗРУШИЛИСЬ МЕНЯЕТСЯ СЛЕДУЮЩИМ ОБРАЗОМ: НАИБОЛЕЕ ПЕРЕГРУЖЕННОЙ (НА 25%) ЯВЛЯЕТСЯ СРЕДНЯЯ КОЛОННА НА КОНТУРЕ ПЕРИМЕТРА. ПРИ УДАЛЕНИИ КРАЙНЕЙ КОЛОННЫ ПЕРЕГРУЖЕННОЙ (НА 50%) ОКАЗЫВАЕТСЯ УГЛОВАЯ КОЛОННА. ПРИ УДАЛЕНИИ УГЛОВОЙ КОЛОННЫ ПЕРЕГРУЖЕННОЙ (НА 25%) ЯВЛЯЕТСЯ КРАЙНЯЯ КОЛОННА.

**ТЕСТ 1: РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА НА ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ ОБРУШЕНИЕ
МОДЕЛИ С ВЫЧИСЛЕННЫМ ПРОЦЕНТОМ АРМИРОВАНИЯ**



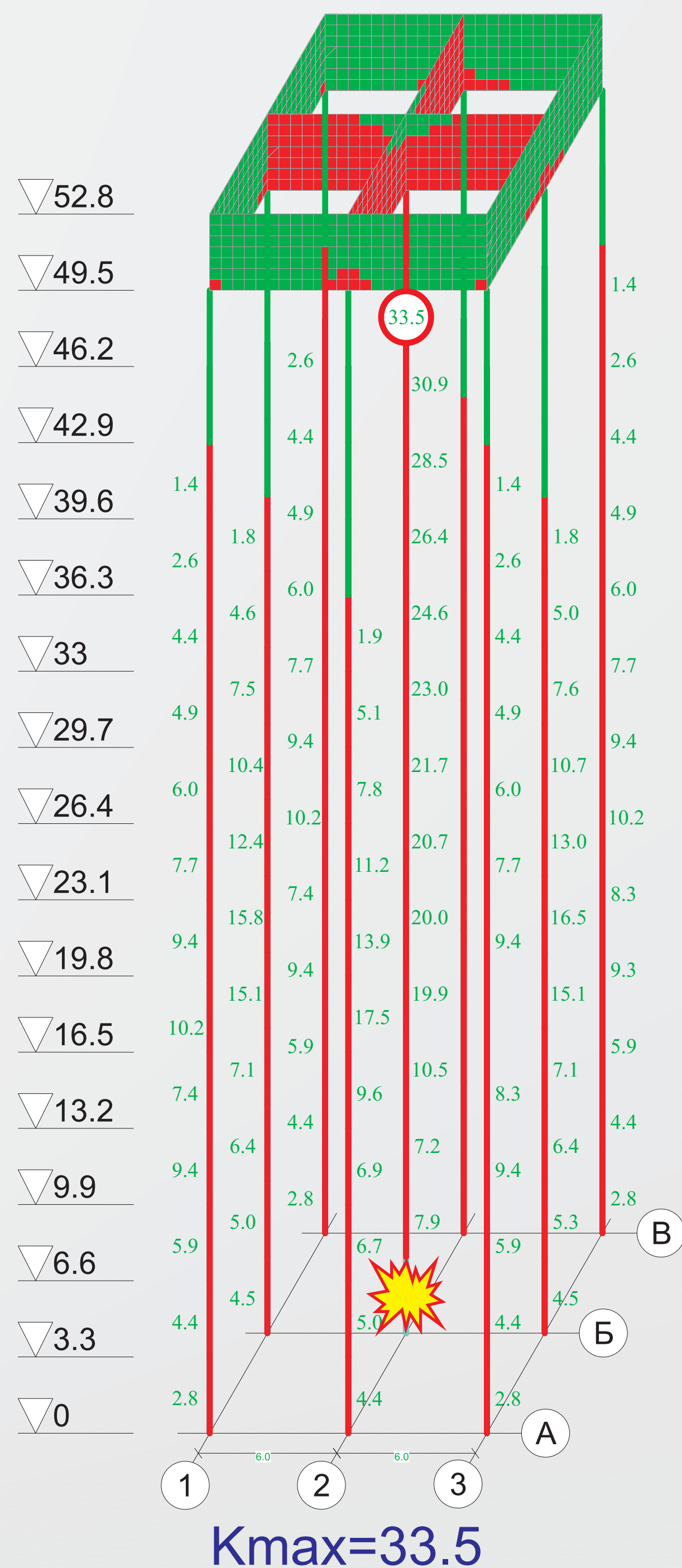
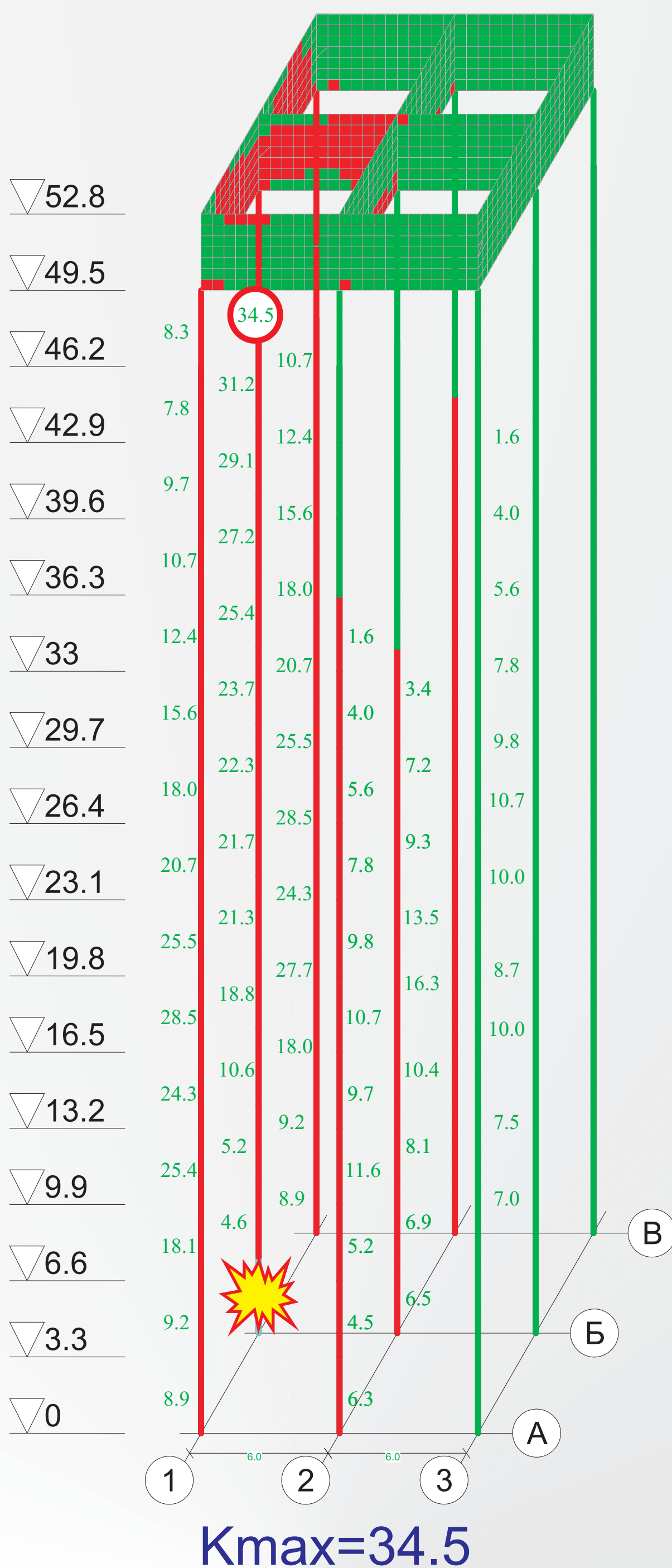
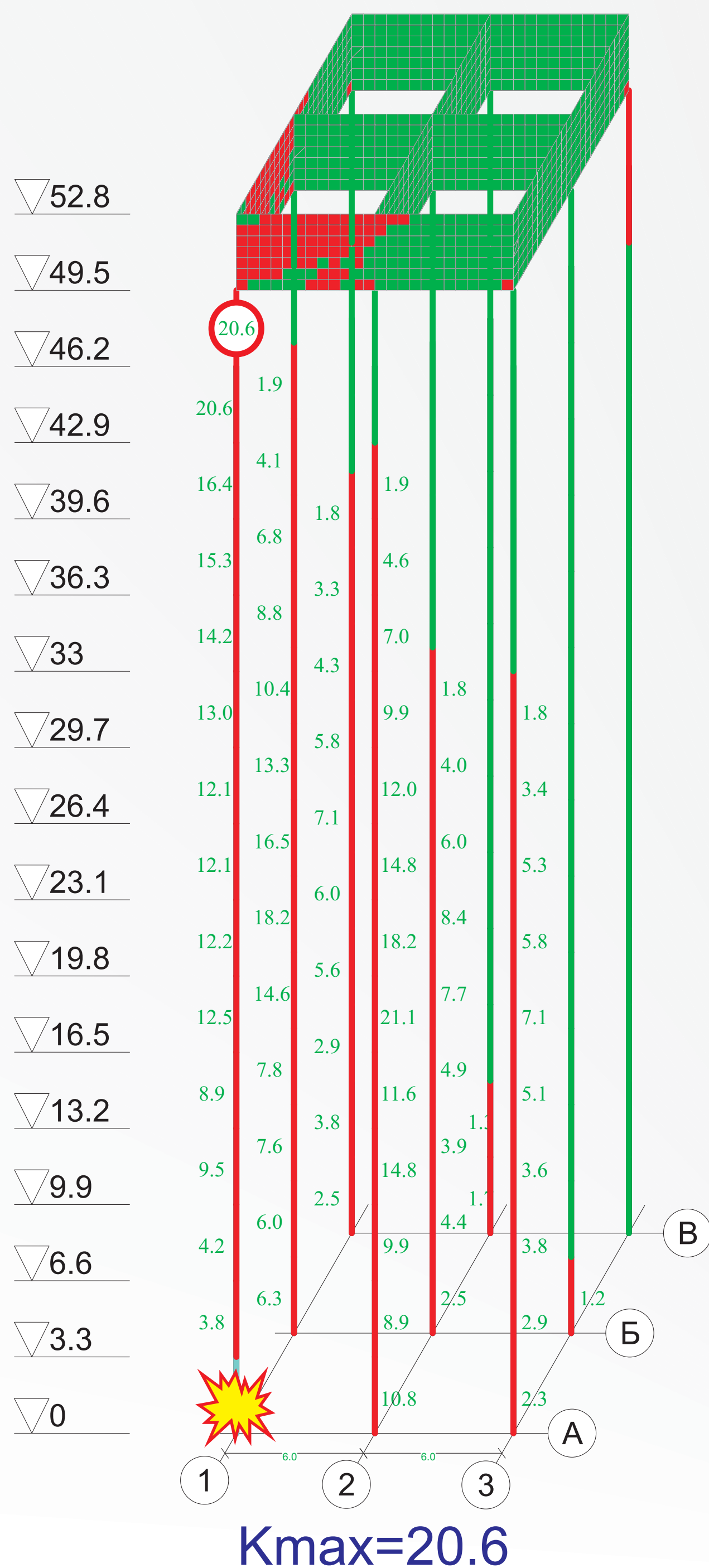
**ТЕСТ 2: РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА НА ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ РАЗРУШЕНИЕ
МОДЕЛИ С ЗАДАННЫМ ОПТИМАЛЬНЫМ ПРОЦЕНТОМ АРМИРОВАНИЯ, 3%**



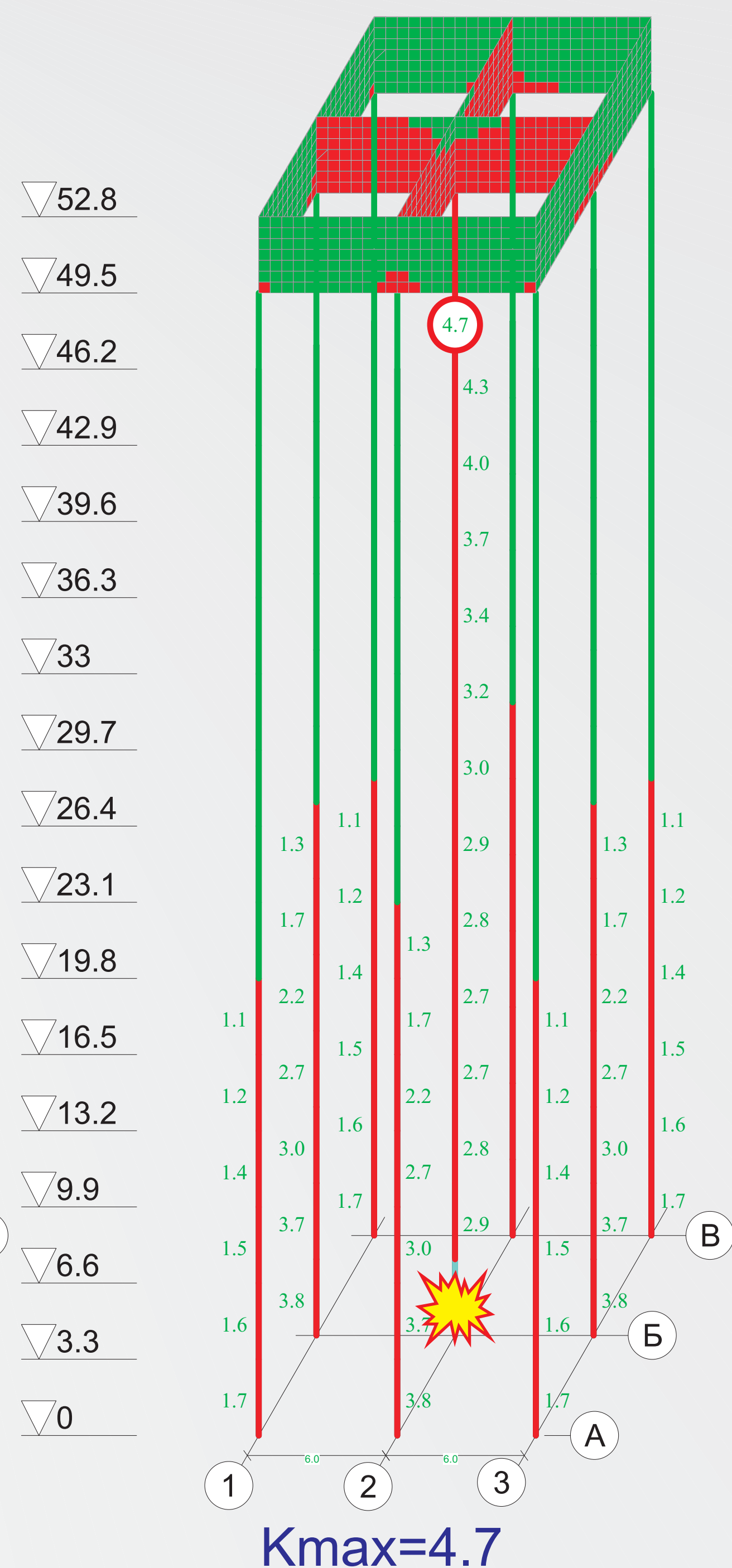
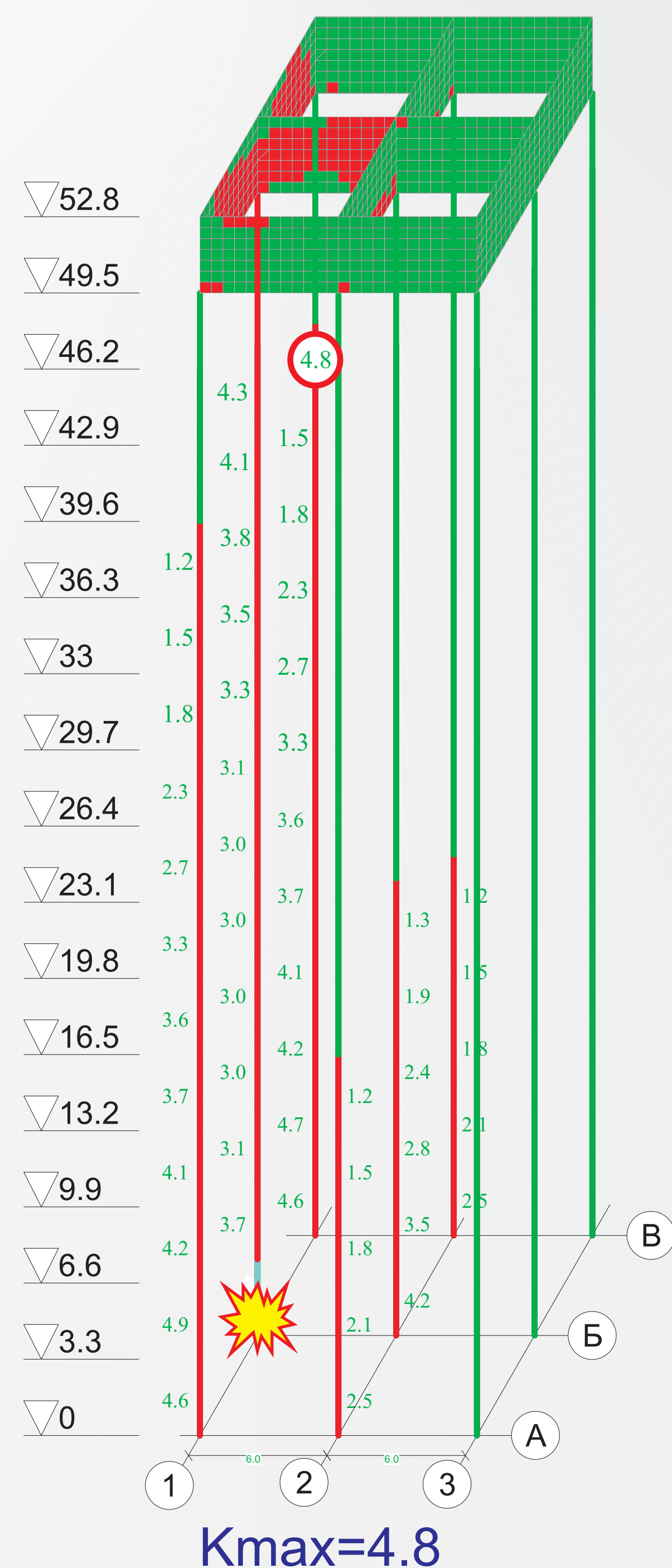
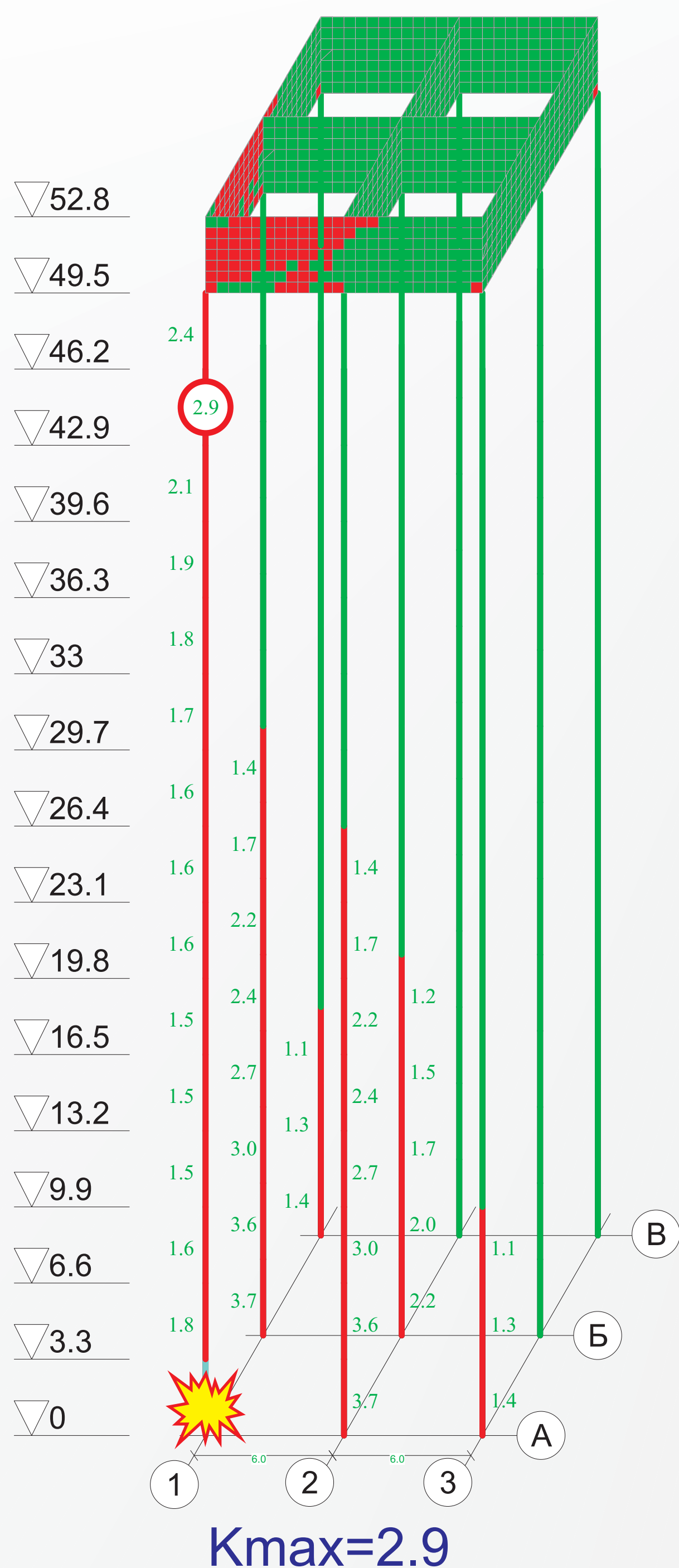
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА НА ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ РАЗРУШЕНИЕ МОДЕЛИ С РАЗНОЙ ТОЛЩИНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ

	ТЕСТ №3	ТЕСТ №4	ТЕСТ №5
	Толщина плит $h=160$ мм	Толщина плиты $h=180$ мм	Толщина плиты $h=200$ мм
Локальное разрушение №1			
	$K_{max}=18.34$ $S=71.01$ м ²	$K_{max}=14.14$ $S=62.26$ м ²	$K_{max}=12.11$ $S=59.5$ м ²
Локальное разрушение №2			
	$K_{max}=21.05$ $S=106.5$ м ²	$K_{max}=17.66$ $S=97.5$ м ²	$K_{max}=15.52$ $S=93.5$ м ²
Локальное разрушение №3			
	$K_{max}=10.72$ $S=140$ м ²	$K_{max}=11.33$ $S=139$ м ²	$K_{max}=11.97$ $S=139$ м ²

ТЕСТ 6: РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА НА ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ РАЗРУШЕНИЕ МОДЕЛИ С ЖЕСТКИМ ВЕРХНИМ ЭТАЖОМ



ТЕСТ 7: РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА НА ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ РАЗРУШЕНИЯ МОДЕЛИ С ЖЕСТКИМ ВЕРХНИМ ЭТАЖОМ И ЗАДАНЫМ ОПТИМАЛЬНЫМ ПРОЦЕНТОМ АРМИРОВАНИЯ

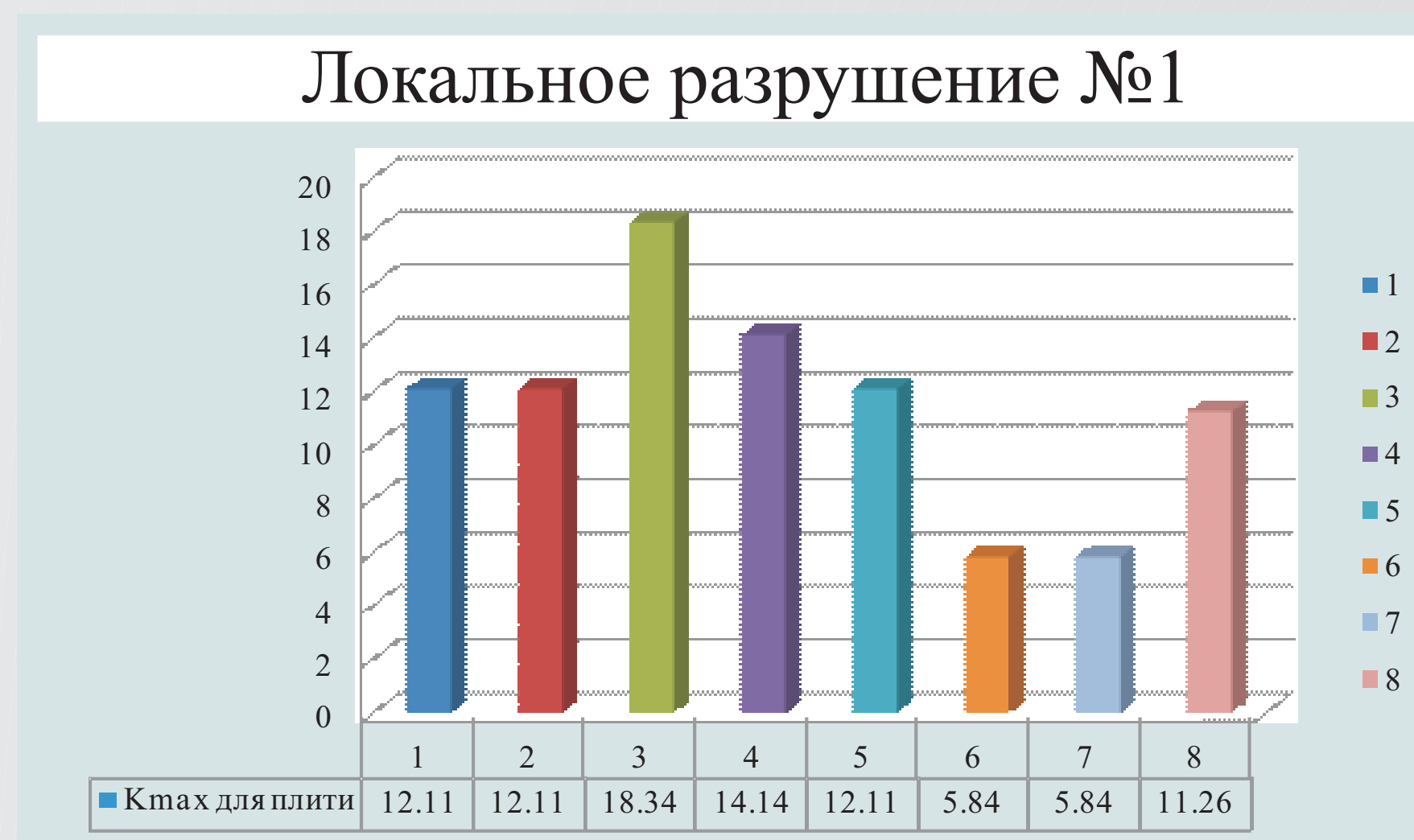


АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

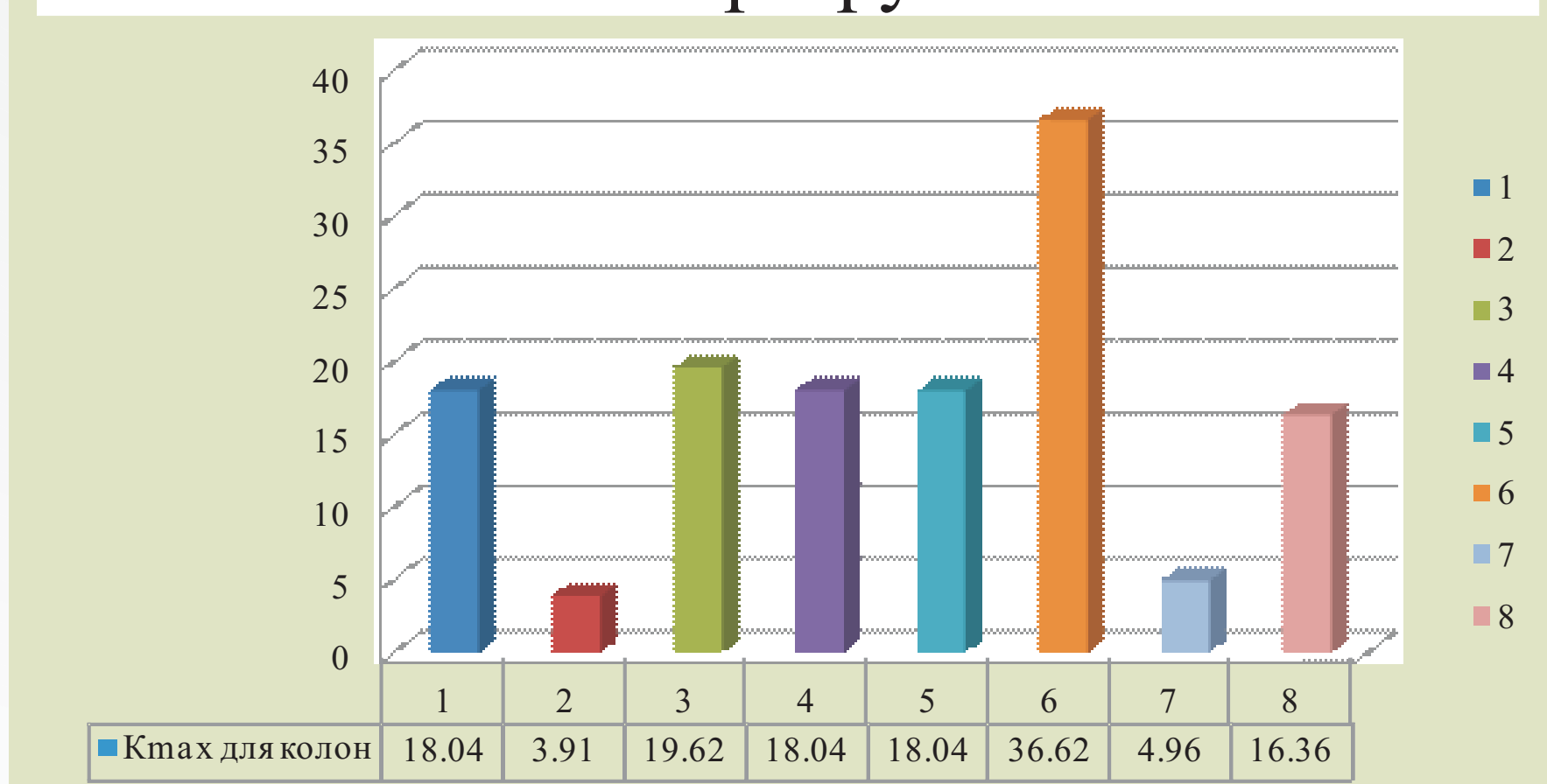
Кмах для колонн



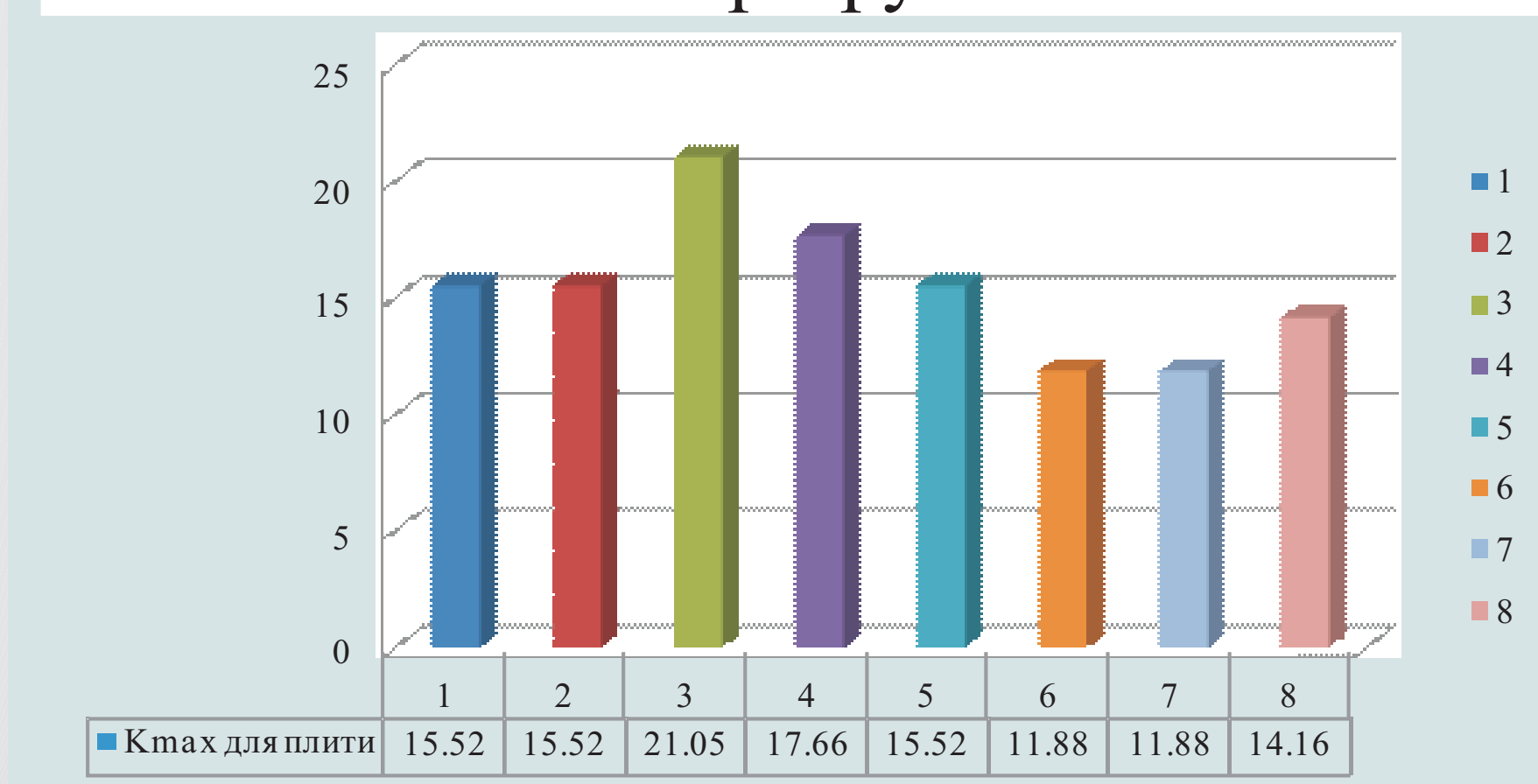
Кмах для плиты



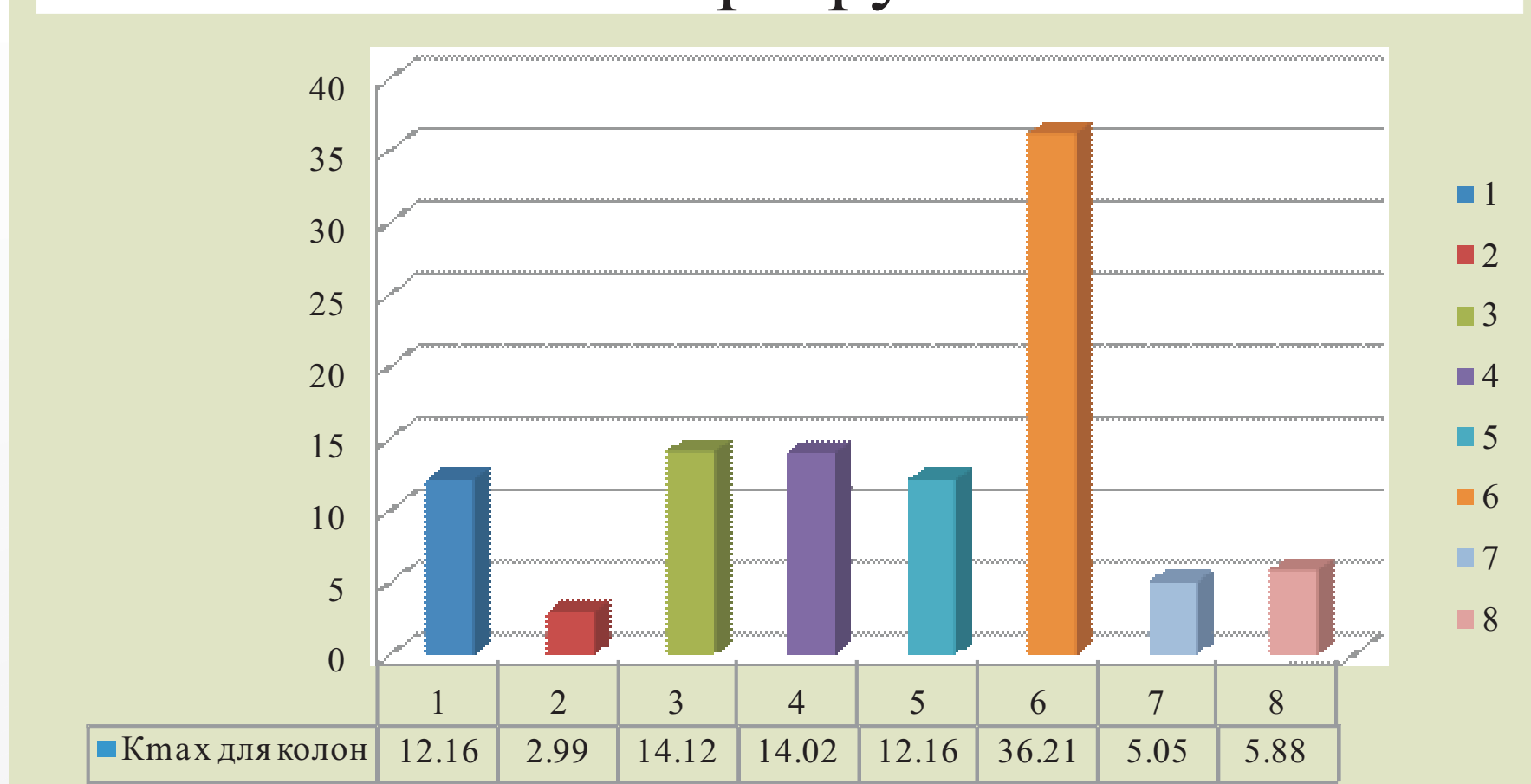
Локальное разрушение №2



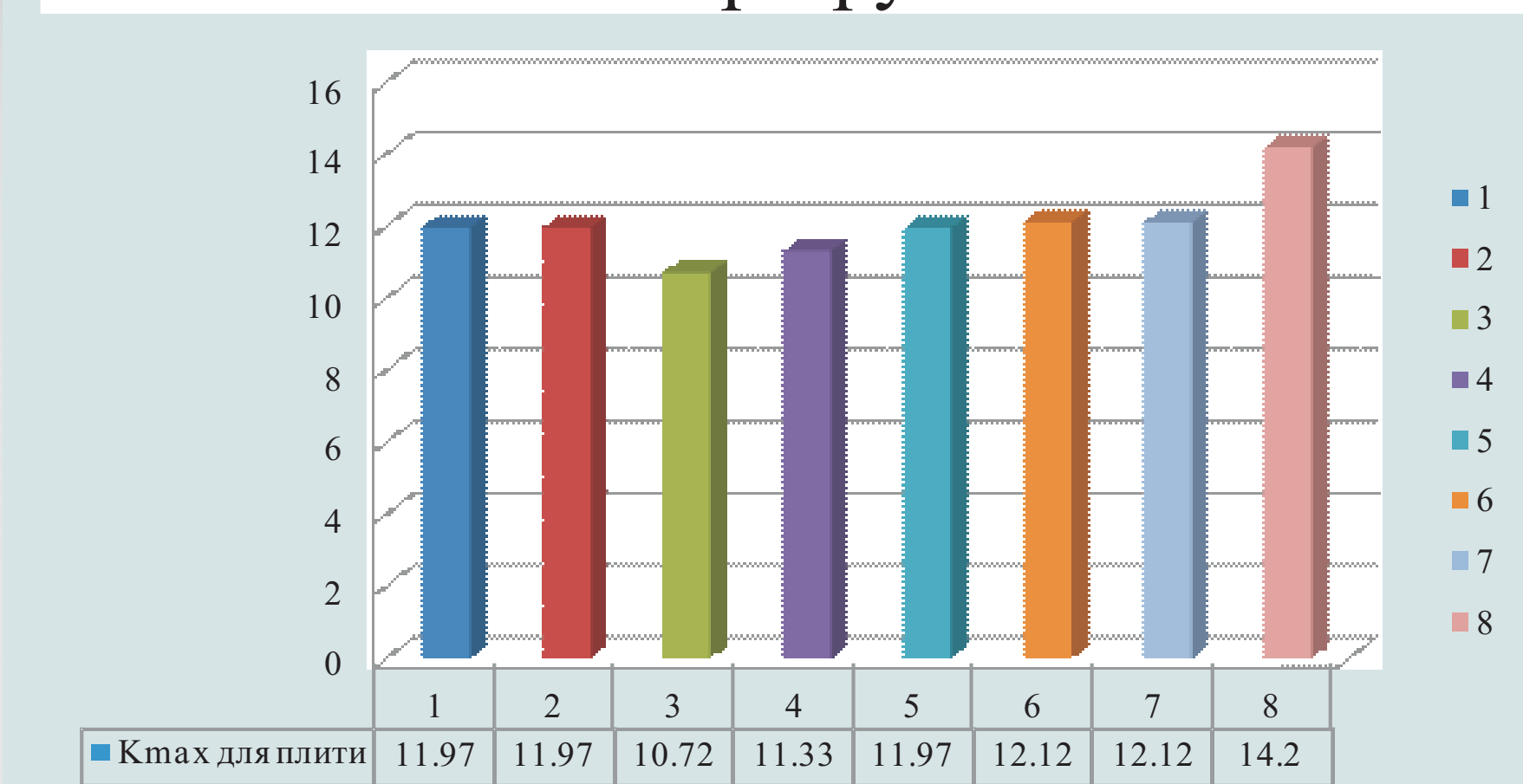
Локальное разрушение №2



Локальное разрушение №3



Локальное разрушение №3

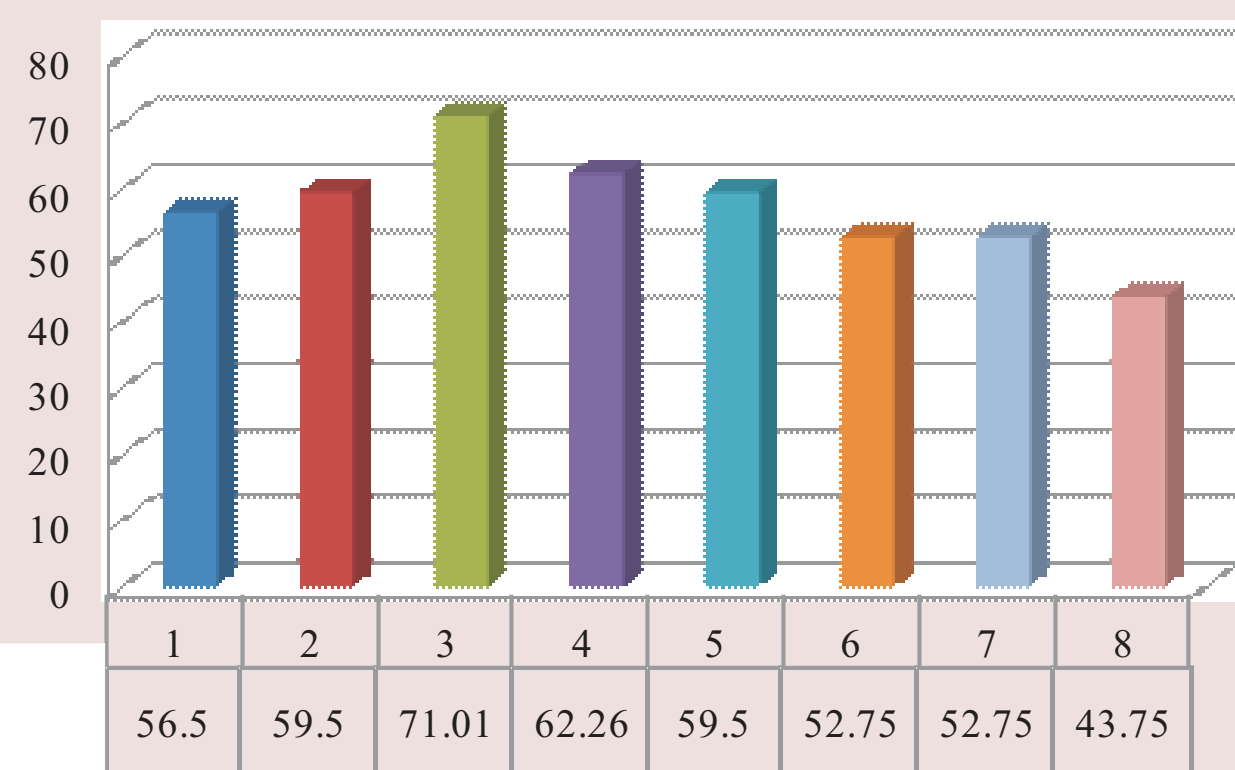


ПРИНЯТЫЕ К РАСЧЕТУ ВАРИАНТЫ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ

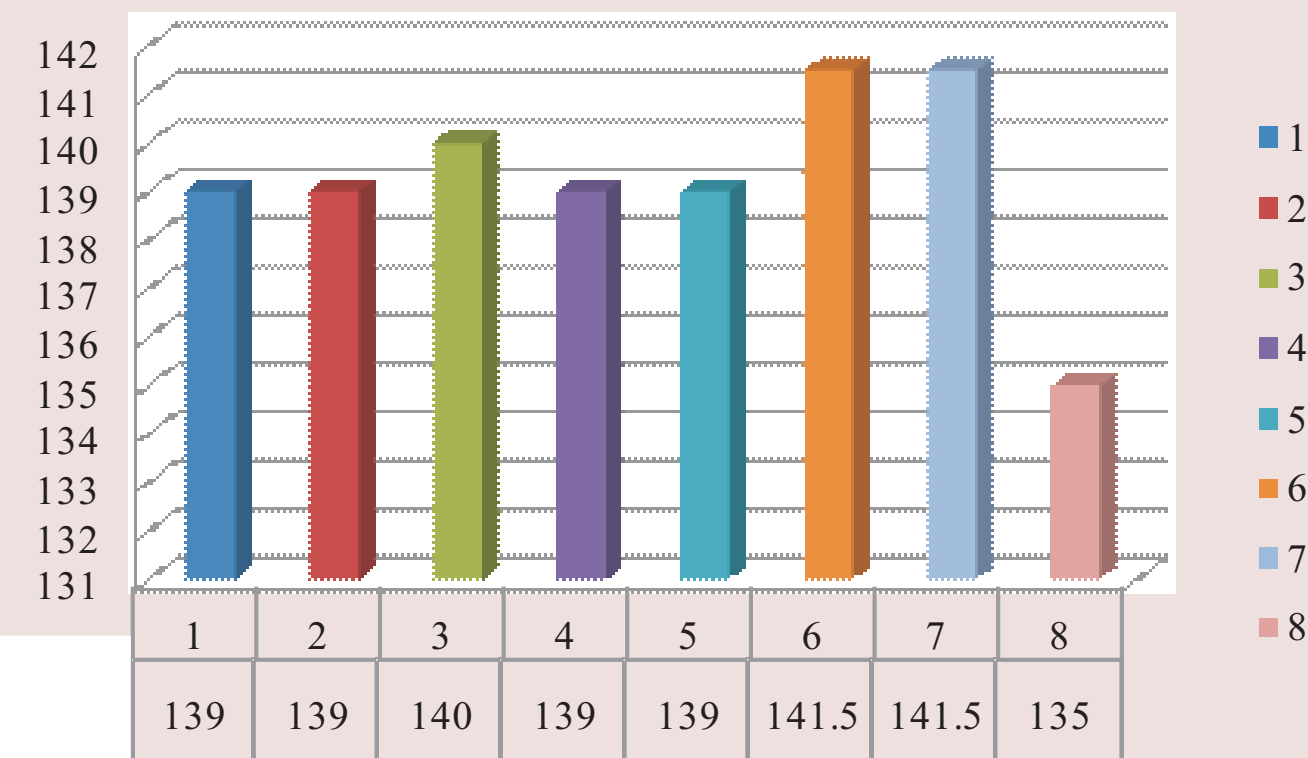
- ТЕСТ 1: ИСХОДНАЯ РАСЧЕТНАЯ СХЕМА;
- ТЕСТ 2: СХЕМА С ЗАДАННЫМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ОПТИМАЛЬНЫМ АРМИРОВАНИЕМ ДЛЯ КОЛОНН;
- ТЕСТ 3: СХЕМА С ТОЛЩИНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ 160 ММ;
- ТЕСТ 4: СХЕМА С ТОЛЩИНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ 180 ММ;
- ТЕСТ 5: СХЕМА С ТОЛЩИНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ 200 ММ;
- ТЕСТ 6: СХЕМА С ЖЕСТКИМ ВЕРХНИМ ЭТАЖОМ;
- ТЕСТ 7: СХЕМА С ЖЕСТКИМ ВЕРХНИМ ЭТАЖОМ И ЗАДАННЫМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ АРМИРОВАНИЕ ДЛЯ КОЛОНН;
- ТЕСТ 8: СХЕМА С УВЕЛИЧЕННЫМ ЧИСЛОМ ПРОЛЁТОВ;

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

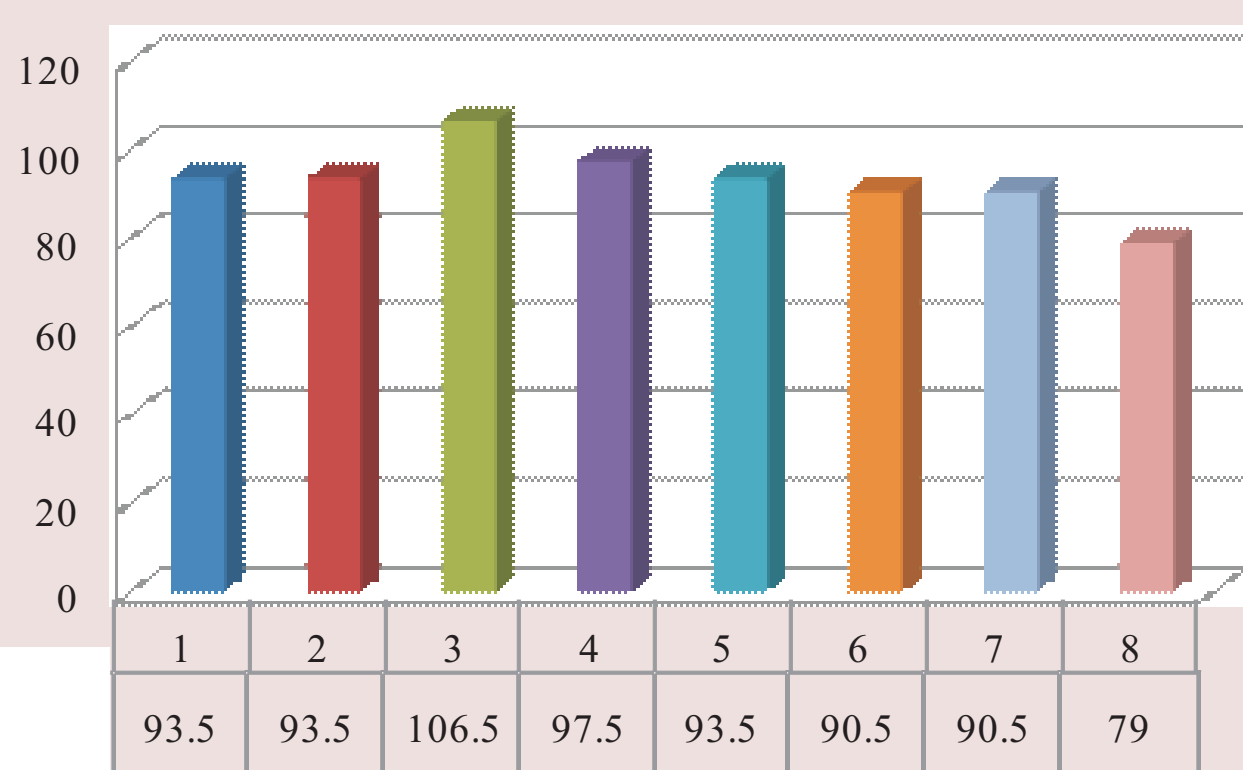
Площадь обрушения перекрытия при локальном разрушении №1



Площадь обрушения перекрытия при локальном разрушении №3

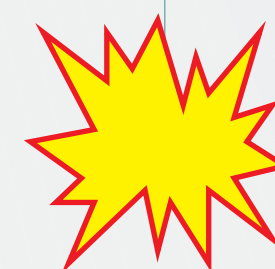
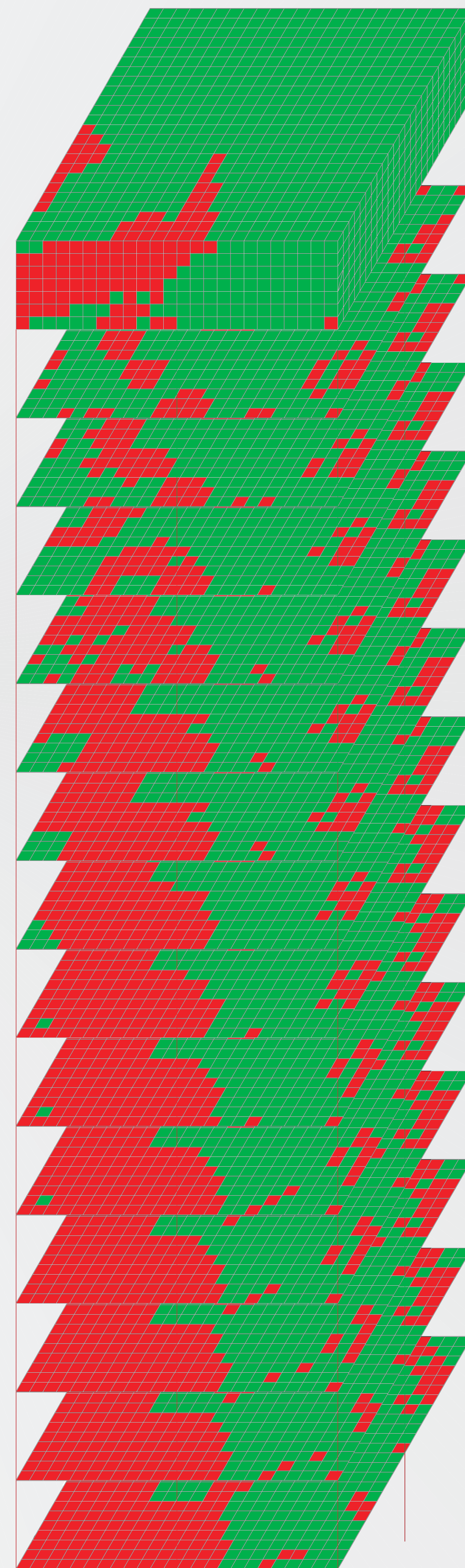


Площадь обрушения перекрытия при локальном разрушении №2



ПРОПОЗИЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТОЙКОСТИ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО РАЗРУШЕНИЯ

- ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПРИЁМОВ, КОТОРЫЕ ПОЗВОЛЯЮТ ЗАФИКСИРОВАТЬ КОНСТРУКЦИИ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ НАД “УДАЛЕННЫМ” ЭЛЕМЕНТОМ. ТАКИМ ЭФФЕКТИВНЫМ РЕШЕНИЕМ ЯВЛЯЮТСЯ АУТРИГЕРНЫЕ ЭТАЖИ, КОТОРЫЕ ПОЗВОЛЯЮТ “ПОДВЕСИТЬ” КОЛОННЫ К ВЕРХНИМ ЭТАЖАМ (СХЕМА №6,7)
- ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЛАВНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ ЗДАНИЯ ЗАПАСА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ (ПО ПРИМЕРУ ЗАРУБЕЖНЫХ НОРМ). ЗАДАНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТАМ (СХЕМА №2)
- ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗЕРВНЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ, КОТОРЫЕ ДУБЛИРУЮТ ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ



Таким образом, в результате численного моделирования можно получить качественную оценку характеристик стойкости конструкций относительно прогрессирующего разрушения, а также сопоставить несколько возможных сценариев обрушения с целью определения слабых мест конструкции.

ВЫВОДЫ

Прогрессирующее разрушение - это нестандартная запроектная аварийная ситуация, вероятность возникновения которой существует в большей или меньшей степени для любого здания, но наибольший риск существует для высотных зданий.

Каждое высотное здание является индивидуальным в отношении архитектурно-планировочного и конструктивного решения. В свою очередь это говорит про то, что не существует единственно правильного варианта как при прогнозировании так и при использовании мероприятий по обеспечению стойкости зданий при прогрессирующем разрушении.

Всё выше сказанное подтверждается результатами проведенных численных экспериментов в данной работе. К рассмотрению были приняты методы, основанные как на общем усилении прочности и жесткости всего каркаса (принцип равнонадёжности), так и методы, основанные на эффективном перераспределении усилий в конструктивной схеме:

- для усиления стойкости колонн каркаса прогрессирующему разрушению наиболее эффективным мероприятием является задание оптимального процента армирования (согласно действующих норм по проектированию железобетонных конструкций - 3%), что снижает значение коэффициента по использованию несущей способности K_{max} в 4-8 раз;
- для перекрытий эффективным является использование жестких этажей, что позволяет уменьшить площадь обрушения без дополнительных материалозатрат только с помощью конструктивных мероприятий. Но в тоже время увеличивается коэффициент K_{max} для колонн так как схема работы со сжатия меняется на растяжение при зависании колонн над местом локального разрушения. Но в целом характер обрушения конструкций каркаса имеет менее песиместических характер за счет рационального перераспределения дополнительных усилий;
- для обеспечения наиболее эффективного варианта защиты здания от прогрессирующего обрушения необходимо использование комбинации вышеуказанных методов.

Расчет на прогрессирующее разрушение - комплекс высокопрофессиональных решений, которые являются результатом глубокого анализа систем, проверки нескольких вариантов конструктивных схем с разными параметрами.

Полностью исключить вероятность возникновения процесса прогрессирующего обрушения невозможно. На данный момент в отечественной нормативной базе нет однозначных рекомендаций и методик для реализации расчета на прогрессирующее обрушение. Но также необходимо отметить, что игнорирование проведения таких расчетов может привести к разрушению несущих конструкций, а также здания в целом.