

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 624.042

## РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ МОНОЛИТНОЙ ДИАФРАГМЫ НА ПРОГРАММАХ СЕМЕЙСТВА «ЛИРА»

Адживефаева С.М., студентка гр.ПГС-531, Линченко Ю.П., профессор

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Описана методика определения предельной сдвиговой прочности железобетонной монолитной диафрагмы при сейсмическом воздействии в «ЭСПРИ» по результатам расчета армирования в программном комплексе «МОНОМАХ».

### **Диафрагма, расчет, метод, численный, аналитический, верификация, конструирование.**

При сейсмическом воздействии возникают горизонтальные инерционные силы, вызывающие внецентренное сжатие в плоскости стены, сдвиг по горизонтальным и вертикальным сечениям, главные растягивающие напряжения по наклонным сечениям.

Если вертикальные нагрузки на стены распределяются пропорционально грузовым площадям, то горизонтальные в большей мере пропорционально жесткостям элементов стен. Усиление отдельных элементов здания вызывает перераспределение усилий во всей несущей системе здания. Здания зачастую несимметричны в плане с неравномерным распределением жесткостей, характеристик материалов и конструкций. Все это вызывает необходимость расчета пространственной несущей системы здания с использованием современных программных средств.

На данное время расчет прочности железобетонной монолитной диафрагмы при сейсмическом воздействии в программе «ЭСПРИ» пользуются не таким спросом у инженеров как, например, расчеты в Лире или Мономах. Это вызывает необходимость создания определенной методики интерпретации результатов конечноэлементного расчета.

МКЭ, ЛИРА рассматривает НДС и прочность отдельного конечного элемента. Нормы рассматривают НДС и интегральную прочность конструктивного элемента. МОНОМАХ на стадии предварительного расчета дает усилия в конструктивных элементах, а затем на стадии конструирования переходит к МКЭ[1]. ЭСПРИ рассматривает диафрагму, как конструктивный элемент по различным теориям.

### **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Разработать методику конструирования монолитных железобетонных диафрагм по результатам расчета методом конечных элементов.

#### **Задачи.**

1. Изучить особенности НДС и армирования конечных элементов в диафрагме при совместном действии вертикальной и горизонтальной нагрузки.
2. Выполнить расчет и анализ несущей способности диафрагмы аналитическим методом на программе «Диафрагма» ЭСПРИ при различном армировании, соответствующем различным зонам конечноэлементной диафрагмы.
3. Исследовать НДС и разрушение диафрагмы на нелинейных моделях с заданным армированием, полученном в предыдущих расчетах.
4. Исследовать перераспределение усилий на нелинейной модели группы диафрагм.
5. Разработать рекомендации по расчету и конструированию диафрагм на основе применения комплекса программ семейства ЛИРА. Разработать пример расчета здания.

Программа «диафрагма» используется для верификации результатов расчета методом конечных элементов. Для перехода от расчета армирования на отдельных конечных элементах к конструированию арматуры в конструктивном элементе.

### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

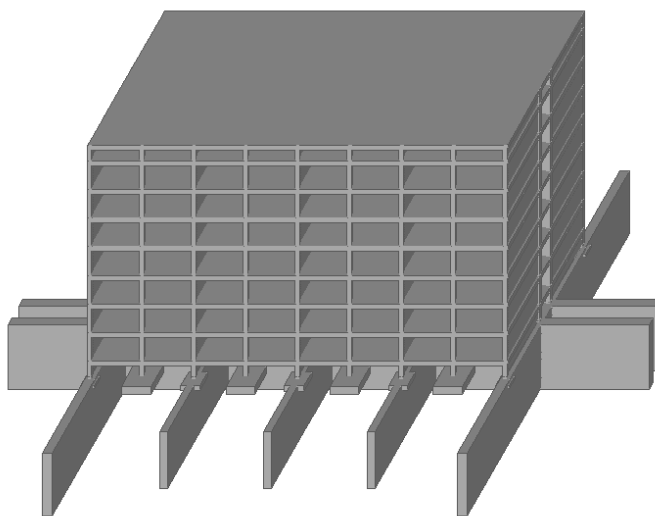
Основным методом исследований является численный анализ конструкций. Нагрузки на диафрагму получены из расчета несущей системы здания на ПК МОНОМАХ программа КОМПОНОВКА. Расчет НДС и армирования выполнен на ПК МОНОМАХ программа

Программа «Прочности железобетонной монолитной диафрагмы при сейсмическом воздействии» предназначена для определения предельной сдвиговой прочности железобетонных диафрагм жесткости при статических, сейсмических и циклических воздействиях и носит экспериментальный характер [2].

**Рис.1. Общий вид рабочего окна.**

145

Для расчёта строим модель в ПК «МОНОМАХ». Для анализа берем диафрагмы №1 и №9 второго этажа из схемы расчетной модели (рис.2). Общий вид расчетной модели представлен на рис.3.



**Рис.3 Общий вид расчетной модели в ПК МОНОМАХ.**

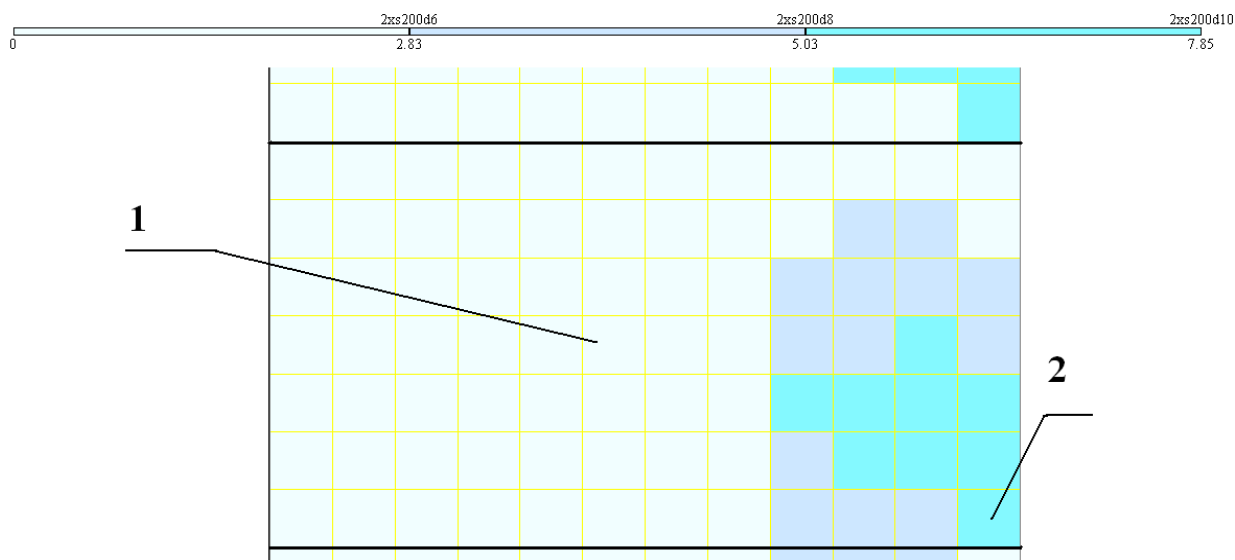
Суммарные усилия  $N_i$ ,  $Q_i$ ,  $M_i$  берем из предварительного расчета в ПК МОНОМАХ для соответствующего номера диафрагмы (табл.1).

Таблица 1

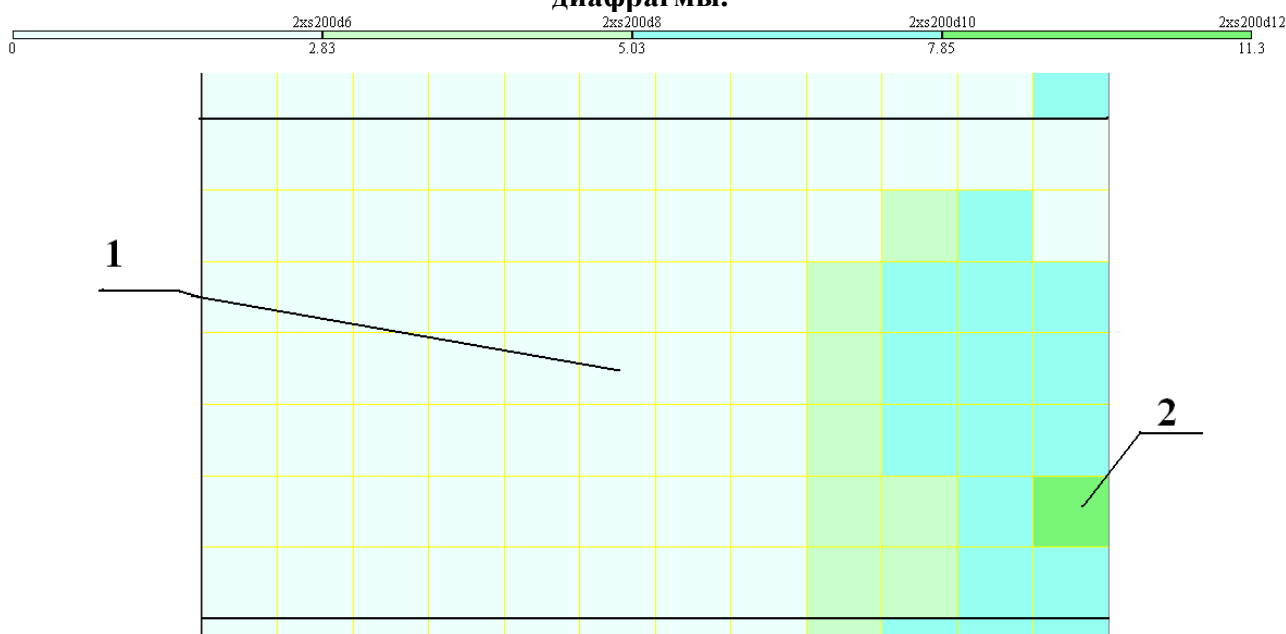
| Суммарные усилия |              |              |
|------------------|--------------|--------------|
|                  | Диафрагма    |              |
| Сейсмика         | №1           | №9           |
| 7 баллов         | $N=-312$ тс  | $N=-252$ тс  |
|                  | $Q=107$ тс   | $Q=89$ тс    |
|                  | $M=1395$ тсм | $M=1055$ тсм |
| 8 баллов         | $N=-312$ тс  | $N=-252$ тс  |
|                  | $Q=210$ тс   | $Q=2095$ тс  |
|                  | $M=2757$ тсм | $M=176$ тсм  |

Площадь армирования берем из ПК МОНОМАХ раздел «Разрез (Стена)». Для этого:

- назначаем разрез в разделе «Компоновка» в нужной диафрагме;
- выполняем расчет всего здания;
- экспортируем в конструирующий модуль «Разрез (Стена)», оставляя помеченным галочкой только «Разрез»;
- запуск модуля «Разрез (Стена)»;
- выполняем триангуляцию с шагом 0,5м и выбираем 4-х узловые КЭ.
- выполняем расчет в модуле «Разрез (Стена)»
- получаем мозаики армирования по осям X и Z (рис.4, 5).



**Рис.4. Армирование по оси X для диафрагмы №9 при сейсмичности 7 баллов: 1- армирование в центральной точке диафрагмы; 2-максимальное армирование диафрагмы.**



**Рис.5. Армирование по оси Z для диафрагмы №9 при сейсмичности 7 баллов. 1- армирование в центральной точке диафрагмы; 2-максимальное армирование диафрагмы.**

По полученной площади рассчитываем процент армирования. Так для диафрагмы №9 при расчётной сейсмичности **7 баллов** максимальная площадь армирования по оси X и Z равны соответственно  $A_x = 7,60 \text{ см}^2/\text{м}$ ,  $A_z = 8,08 \text{ см}^2/\text{м}$ .

Процент армирования рассчитывается по формуле:

$$\mu = F_x = \frac{A_x}{A} \times 100\%,$$

где  $\mu$ - процент армирования;

$A_x$ -площадь расчетной арматуры по оси X;

$A$ -площадь 1-го погонного метра конструкции (100x20)см.

$$F_x = \frac{7.60 \text{ см}^2}{2000 \text{ см}^2} \times 100\% = 0.38\%$$

$$F_x = \frac{8.08 \text{ см}^2}{2000 \text{ см}^2} \times 100\% = 0.4\%$$

Аналогично просчитываем остальные проценты армирования.

**Геометрия диафрагмы №1:**

L=9м, H=3.3м, Dt=0.2м

**Геометрия диафрагмы №9:**

L=6м, H=3.3м, Dt=0.2м

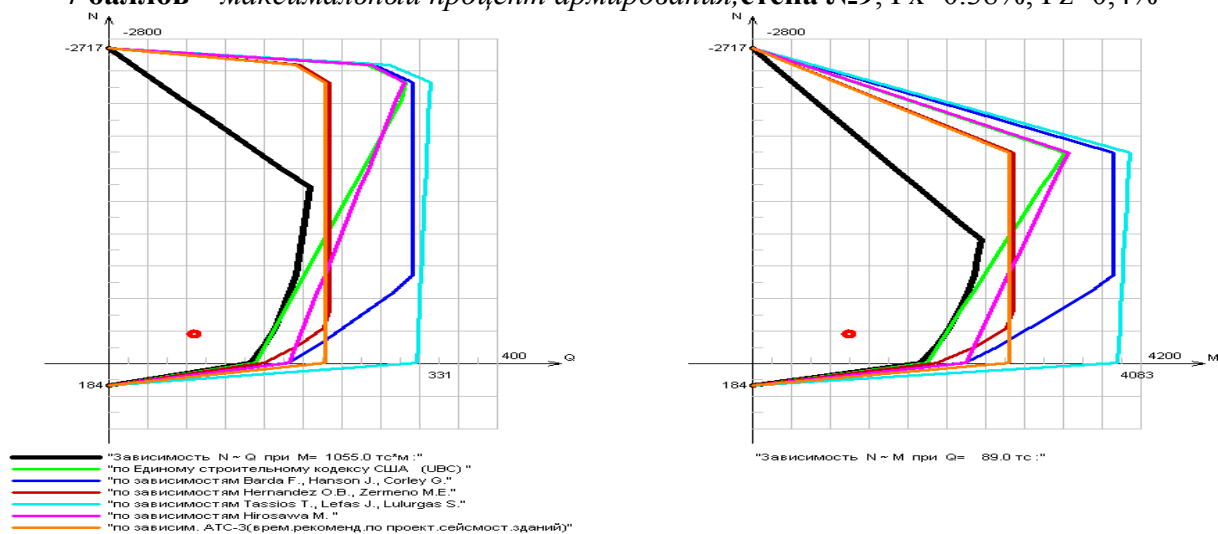
**Материал конструкций:**

Бетон – тяжелый, класса В20.

Арматура — класса А3.

В результате получаем графики несущей способности диафрагмы (рис. 6 и 7).

**7 баллов – максимальный процент армирования, стена №9,  $F_x=0.38\%$ ,  $F_z=0.4\%$**

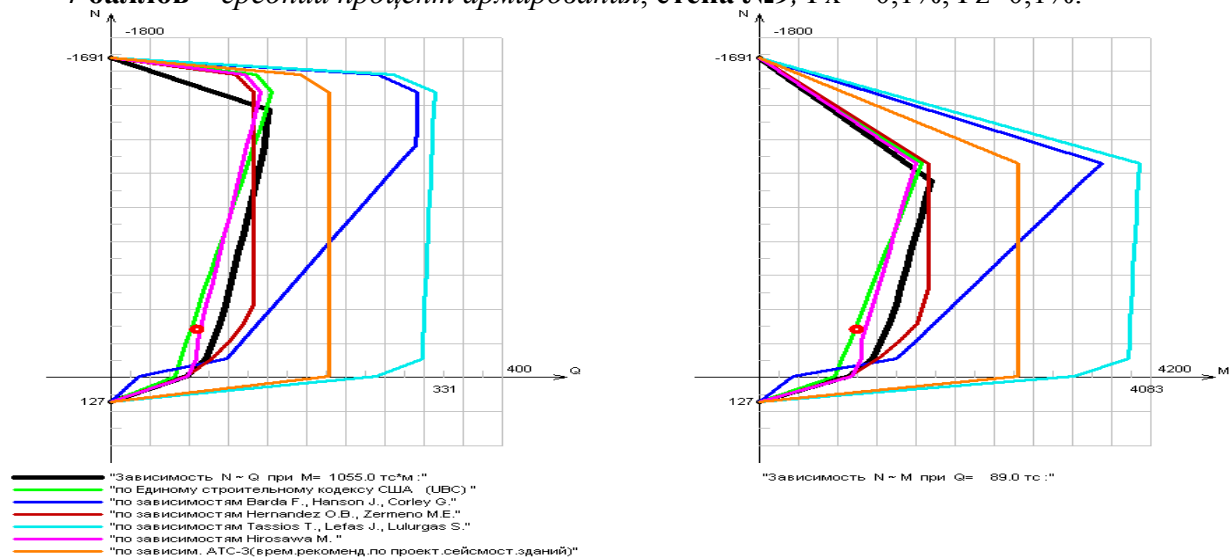


**Рис. 6. Графики несущей способности диафрагмы при максимальном армировании.**

При максимальном армировании и для 7 и для 8-ми баллов с соответствующими усилиями имеем почти 2-х кратный запас прочности. Конструкцию можно так заармировать, но будет перерасход материала, т.е. экономически не выгодно.

Попробуем взять армирование в центре диафрагмы и сравнить результаты.

**7 баллов – средний процент армирования, стена №9,  $F_x = 0.1\%$ ,  $F_z=0.1\%$ .**



**Рис. 7. Графики несущей способности диафрагмы при минимальном армировании.**

При сейсмике 7 баллов и среднем проценте армирования для стены №1 прочность всё также обеспечивается с запасом, а для стены №9 прочность обеспечивается по Единому строительному кодексу США и зависимости Хиросавы. А при сейсмике 8 баллов прочность

диафрагмы №1 обеспечивается с небольшим запасом, а для диафрагмы №9 – по главным зависимостям  $N \sim Q$  и  $N \sim M$ .

В результате расчета также определяется предельная сдвиговая прочность  $\bar{N}, \bar{Q}, \bar{M}$  железобетонных диафрагм при совместном действии усилий  $N_i, Q_i, M_i$  (табл.2).

Таблица 2

Сводная таблица результатов исследования

| Сейсмика,<br>баллы | № диафраг<br>мы | Задаваемые<br>нагрузки |          |           | Процент<br>армирования |      |      |      | Предельные<br>нагрузки |          |           | Коэффи-<br>циент запаса по<br>зависимостям |     |          |     |
|--------------------|-----------------|------------------------|----------|-----------|------------------------|------|------|------|------------------------|----------|-----------|--------------------------------------------|-----|----------|-----|
|                    |                 | N,<br>тс               | Q,<br>тс | M,<br>тсм | Fx,%                   |      | Fz,% |      | N,<br>тс               | Q,<br>тс | M,<br>тсм | При Fmax                                   |     | При Fmin |     |
|                    |                 |                        |          |           | max                    | min  | max  | min  |                        |          |           | N-Q                                        | N-M | N-Q      | N-M |
|                    |                 |                        |          |           |                        |      |      |      |                        |          |           |                                            |     |          |     |
| 7                  | 1               | -312                   | 107      | 1395      | 0.16                   | 0.1  | 0.37 | 0.1  | -2194                  | 264      | 4141      | 2                                          | 2.3 | 1.6      | 1.5 |
|                    | 9               | -252                   | 89       | 1055      | 0.38                   | 0.1  | 0.4  | 0.1  | -1510                  | 173      | 2154      | 1.9                                        | 2.5 | 1.1      | 1.2 |
| 8                  | 1               | -312                   | 210      | 2757      | 0.4                    | 0.38 | 1    | 0.41 | 1921                   | 261      | 3429      | 1.8                                        | 1.5 | 1.3      | 1.2 |
|                    | 9               | -252                   | 176      | 2095      | 0.65                   | 0.48 | 1.2  | 0.47 | -1314                  | 180      | 2124      | 1.3                                        | 1.4 | 1        | 1.1 |

## ВЫВОДЫ

1. В максимальной точке армирования при сейсмике в 7 и 8 баллов запас прочности больше в 1,5 раза. В центральной точке диафрагмы этот коэффициент близок к единице, что указывает на соответствие заданных нагрузок и несущей способности диафрагмы при сдвиге.

2. В расчетах не учитывается перераспределение усилий в диафрагме. Для назначения оптимального армирования необходимо продолжить исследования на нелинейной модели диафрагмы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. МОНОМАХ. Программный комплекс проектирования железобетонных конструкций многоэтажных каркасных зданий. Руководство пользователя. / [Юсипенко С.В., Батрак Л.Г., Городецкий Д.А., Рассказов А.А.]. – К: издательство «Факт», 2005. – 250с
2. Максименко В.П. Воскресенская Ю.В. Марьенков Н.Г. Инженерные методики оценки предельного состояния диафрагм жесткости при сейсмических воздействиях «Будівельні конструкції» - Київ:НДІБК, Вип.69, 2008, стр.637-645.

**УДК 624.016:624.042.7.**

## ПОВЫШЕНИЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ РАМНЫХ КАРКАСОВ

Ажермачев Г.А., к.т.н., профессор, Перминов Д.А., аспирант, Грошева Д.А., студентка гр. ПГС-531

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства*

Рассматривается конструктивное решение рамных узлов стального каркаса с колоннами коробчатого сечения и двутавровыми ригелями. На опоре, в месте примыкания ригеля к колонне, увеличивается сечение ригеля при помощи вута. Такое конструктивное решение снижает металлоемкость каркаса и уменьшения максимальных напряжений в сварных швах в месте примыкания ригеля к колонне.

**Сейсмостойкость, рамные узлы, элементы, напряжения, концентраторы напряжений, диафрагмы, ребра**

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с новыми нормами на проектирование сейсмостойких сооружений [1] в отдельных регионах Украины повышены нормативные требования при проектировании новых и перерасчете существующих зданий и сооружений по сравнению с существующими