

ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ В ПОЛОГИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧКАХ ДВОЙКОЙ КРИВИЗНЫ

Дорофеев В.С., Коломийчук Г.П. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

В работе в геометрически и физически нелинейной постановке исследуется появление трещин в железобетонных пологих оболочках двойкой кривизны, загруженных равномерно распределенной нагрузкой. Рассмотрено два вида граничных условий и локальные вмятины срединной поверхности.

Поведение железобетонных оболочек при нагружении характеризуется стадиями работы конструкции [1, 2]. В первых двух стадиях до появления трещин (что соответствует интервалу примерно от четверти до половины эксплуатационных нагрузок) конструкция работает как упругая с появлением пластических деформаций в растянутом бетоне. Третья стадия характеризуется образованием в растянутых зонах трещин и пластических деформаций в сжатом бетоне. Вследствие этого происходит перераспределение внутренних усилий и увеличение прогиба. Трещинообразование в растянутых зонах, значительная пластичность в сжатых слоях и наличие арматуры обеспечивают физически нелинейную модель оболочки.

В работе применена модель локально анизотропного материала. Главные оси анизотропии совмещаем с направлением площадок главных напряжений. Физические соотношения установлены путем рассмотрения трех основных случаев работы характерного элемента оболочки: 1) трещины нет; 2) несквозная трещина; 3) сквозная трещина [3].

Необходимо отметить, что при вычислении жесткостных коэффициентов физических соотношений теории деформирования железобетона с трещинами учитывается основное специфическое свойство железобетона, отличающее его от деформирования нелинейно-анизотропного тела. Этим свойством является нарушение сплошности в процессе деформирования вследствие появления трещин на определенном этапе нагружения.

По достижении напряжениями значений, при которых образуются трещины, происходит разрыв сплошности материала, что вызывает скачкообразное падение жесткости в отдельном участке оболочки, причем порядок уменьшения составляет 3...10 раз. Такого изменения жесткостей при практически неизменяемых внешних воздействиях не вызывает никакой другой деформационный процесс.

Для учета трещинообразования при расчете пологих железобетонных оболочек используются условия возникновения различных схем трещин, представленные в работе [1], которые определяются соотношениями главных ядровых моментов с моментом трещинообразования $M_{crс}$ и представляют обобщение балочной теории ядровых моментов Гвоздева А.А. и Дмитриева С.А. на более сложный случай напряженных состояний.

В Руководстве [4] уделяется особое внимание учету геометрической нелинейности при малых подъемистостях оболочек ($f/\delta \leq 6$, здесь: f - стрела подъема в центре оболочки; δ - толщина поперечного сечения оболочки).

В работе [5] испытана модель полой железобетонной оболочки с размерами 2,03 x 2,03 м в плане с заделанными краями. Перед испытаниями вся площадь поля оболочки была разбита на квадраты 12,5 x 12,5 см и в каждой вершине замерены отклонения формы. Разрушение оболочки произошло в месте наибольших замеренных несовершенств формы.

Учитывая геометрические осложняющие факторы и физическую нелинейность, разработана математическая модель и программный комплекс по расчету железобетонных оболочек с трещинами [6].

Для числового эксперимента выбраны расчеты в геометрически линейной и нелинейной постановках квадратных оболочек двойкой кривизны, шарнирно опертых по контуру, с параметрами кривизны $\bar{K} = 40; 100; 200$. Результаты приведены на рис. 1. Из рисунка видно, что нагрузки трещинообразования, вычисленные в геометрически нелинейной постановке ниже нагрузок по линейному расчету.

Влияние вмятин на появление трещин исследовано для двух типов закреплений (шарнирно неподвижного - средняя оболочка; шарнирного - отдельно стоящая оболочка) при одном параметре кривизны $\bar{K} = 200$. Результаты приведены на рис. 2. Вмятины имели форму лунки с максимальным прогибом в центре, равным половине толщины оболочки [7]. Вмятины (4, 4) размещались в четверти, а вмятины (6, 6) ближе к центру оболочки. Наличие вмятин по-разному оказывает влияние для оболочек с разными контурными условиями.

Для более жестких контурных условий уменьшается нагрузка трещинообразования в два раза по сравнению с совершенной оболочкой и смещается место трещины на плане.

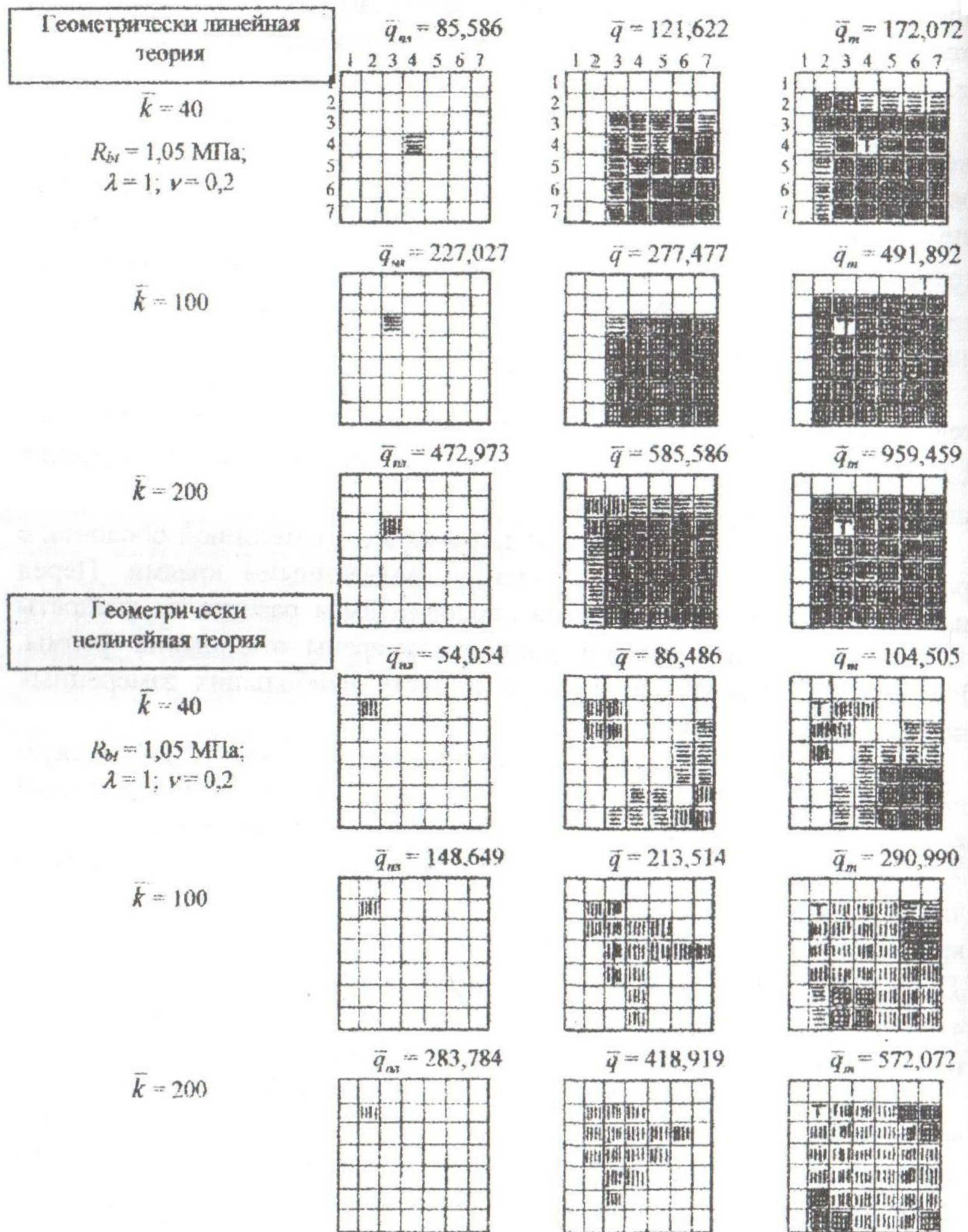


Рис. 1. Стадии поведения железобетонных пологих оболочек для разных постановок и кривизн при шарнирном закреплении.

Условные обозначения: – пластика в нижней зоне, – пластика в верхней зоне, – трещина; – пластика в нижней и верхней зонах поперечного сечения.

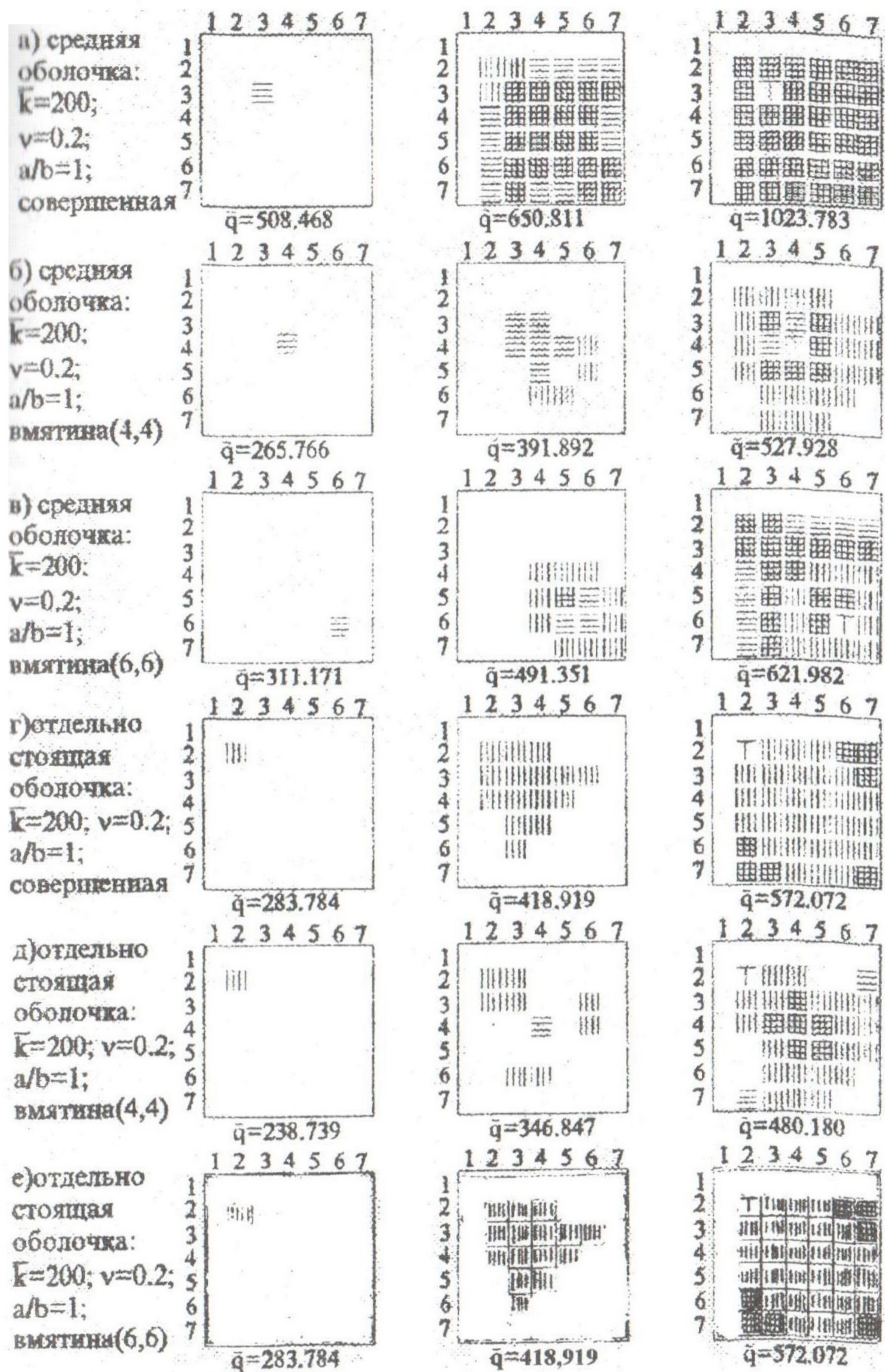


Рис. 2. Нагрузки начала пластических деформаций и трещин в бетоне на четверти плана оболочки.

Для отдельно стоящей оболочки (шарнирное закрепление) только вмятина (4,4) уменьшила нагрузку трещинообразования, хотя положение трещины во всех трех моделях одно и то же.

Выводы

1. При расчете железобетонных пологих оболочек необходимо учитывать реальную геометрию моделей.
2. Численный эксперимент на моделях показал, что для оболочек с кривизной $\bar{k} = 200$ наиболее неблагоприятная вмятина в четверти оболочки при рассмотренных условиях на контуре.

Литература.

1. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат, 1976. – 208 с.
2. Милейковский И.Е., Райзер В.О., Достанова С.Х., Кашаев Р.И. Нелинейные задачи расчета оболочек покрытий. – М.: Стройиздат, 1976. – 144 с.
3. Дорофеев В.С., Коломийчук Г.П. Методика розрахунку недосконалих залізобетонних пологих оболонок у загальному випадку анізотропії і складного напруженого стану// Зб. наук. праць “Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій”. – Вип. 6. – Львів: Каменяр, 2005. – С. 425-437.
4. Руководство по проектированию железобетонных пространственных конструкций покрытий и перекрытий. – М.: Стройиздат, 1979. – 421 с.
5. Борzych Е.П., Хайдуков Г.К., Шугаев В.В. Исследование влияния начальных несовершенств срединной поверхности на напряженно-деформированное состояние пологих ортотропных оболочек и пластин. – М.: Наука, 1973. – С. 619-621.
6. Коломийчук Г.П. Програма расчета несущей способности несовершенных пологих железобетонных оболочек прямоугольных в плане // Информационный листок № 90 – 054. – Одесса: ОЦНТИ, 1990. – 4 с.
Коломийчук Г.П., Ярцев А.В. Влияние локальных ограниченных вмятин на трещинообразование пологих железобетонных оболочек // Вісник ОДАБА. – Одесса: ВМК «Місто майстрів». – 2001. – № 3. – С. 54-57.