

**Конечно-элементное моделирование напряженно-деформированного состояния
Ташлинского дюкера на Право-Егорлыкском канале**

М.А. Бандурин

*ФГБОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия»,
г. Новочеркасск*

В настоящее время по результатам визуальной инвентаризации большинство водопроводящих сооружений России находится в состоянии, требующем капитального ремонта. Практика же показывает, что по прошествии этого промежутка времени сооружения продолжают работать, не заменяясь новыми, а иногда даже без основательной реконструкции, необходимо восстановить и реконструировать имеющиеся сооружения на базе появившихся новых, а также ранее используемых надёжных технологий [1].

В качестве объекта исследования рассматривался Ташлинский дюкер Право-Егорлыкского канала. В постановке численного математического эксперимента ставилась задача научным путём определить степень надёжности сооружения за столь долгий срок эксплуатации (более 50 лет), при различных видах дефектов и повреждений.

Ташлинский дюкер Право-Егорлыкского канала расположен на ПК 586+67, служит для перехода канала через пойму р. Ташла. Длина дюкера 2531 м. Трубопровод дюкера комбинированного типа, длина металлической части 1338,25 м, длина ж/б части 1099,56 м. Диаметр трубопровода 2,9 м. Расчётный расход дюкера 19,5 м³/с, при напоре 6,77 м. [2].

В ходе проведения эксперимента была построена твердотельная модель (рисунок 1) напряжённо – деформированного состояния 12 метрового фрагмента Ташлинского дюкера, диаметром 2,9 метра.

Число элементов и число узлов ансамбля соответственно составило 73902 и 53027. Кодирование исходной информации осуществлялось в терминах метода приращений с учётом фрагментального представления металлического дюкера в виде объектов простой геометрической формы - пластин. Спроектированный дюкер выполнен из металла марки - толщиной 10 мм.

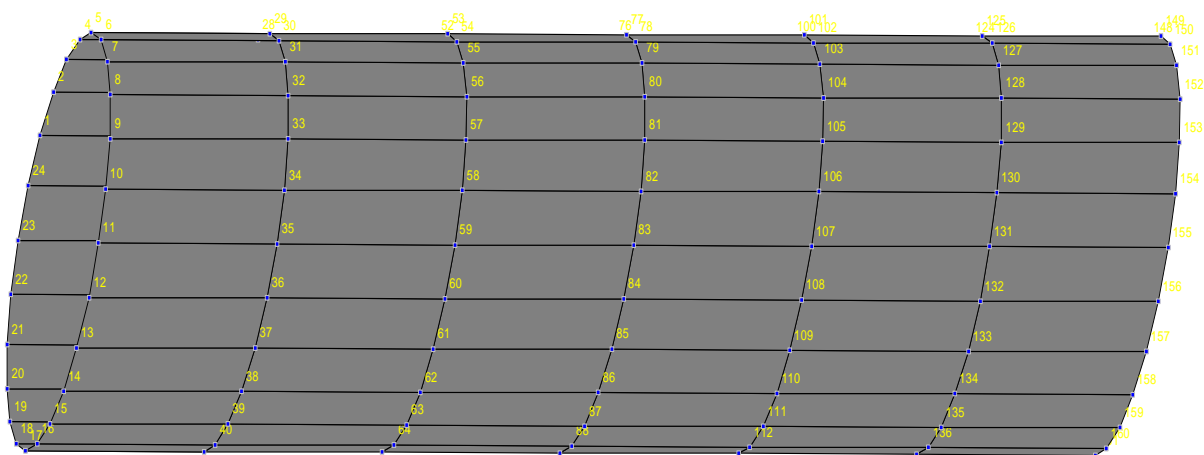


Рисунок 1 - Конечно – элементная модель 12 метрового фрагмента
металлического дюкера

В постановке численного расчёта металлического дюкера без характерных дефектов преследовалась цель установления адекватности твердотельной модели

напряжён – деформированного состояния 12 метрового фрагмента при максимальном напоре с существующими натурными испытаниями [3].

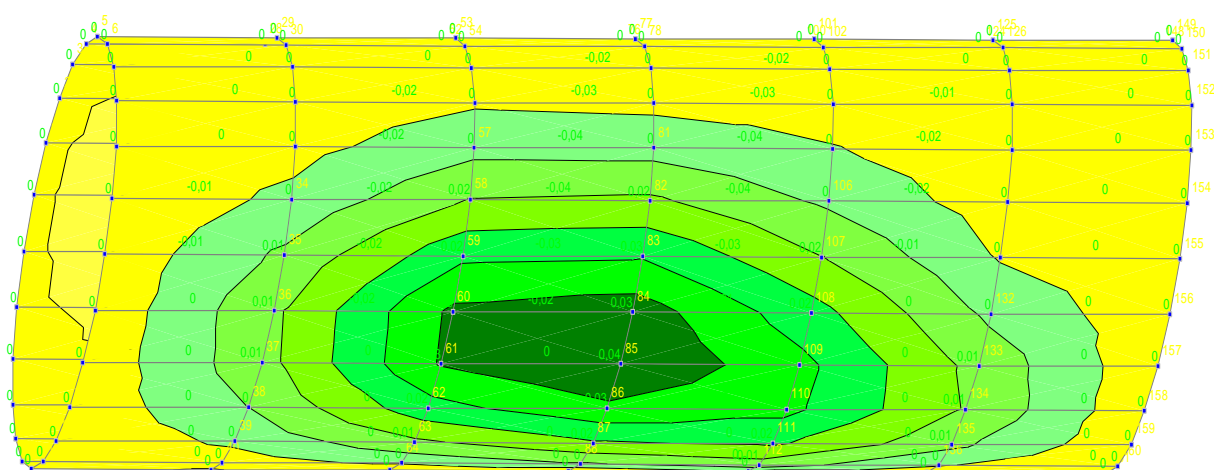


Рисунок 2 - Эпюра перемещений по горизонтали

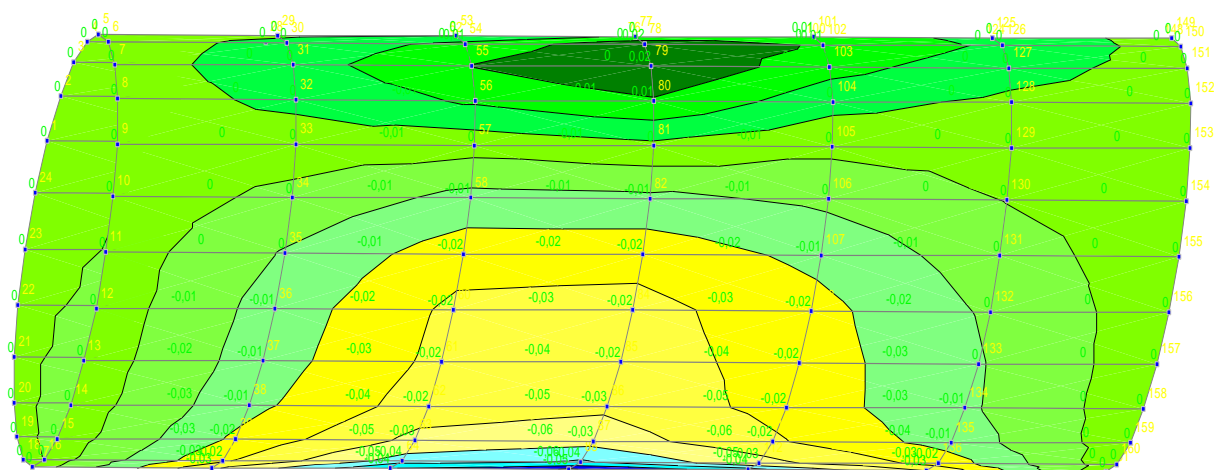


Рисунок 3 - Эпюра перемещений по вертикали

При проведении натурального эксперимента наибольшие значения нормальных напряжений при полном загрузении железобетонного лотка составили $2,74 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$ [112], в численном расчёте моделировании оросительного лоткового канала – $2,28 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$, что составляет разницу менее 10 % и подчеркивает адекватность твердотельной модели напряжён – деформированного состояния 12 метрового фрагмента металлического дюкера[4].

Обработка полученных результатов моделирования показало наличие незначительных перемещений как по горизонтали (рисунок 2) так и по вертикали (рисунок 3) вдоль фрагмента, что свидетельствует о наличии большого запаса прочности конструкции дюкера.

На эпюре суммарных перемещений (рисунок 4) отображено наличие наибольших перемещений в местах образования прогиба дюкера по длине, а также сдавливание боков во внутрь 12 метрового фрагмента[5].

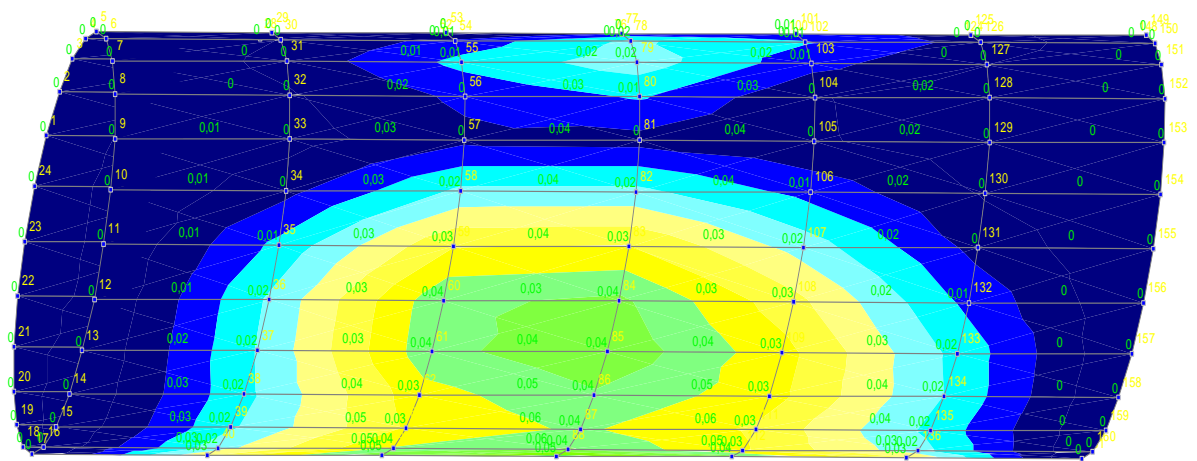


Рисунок 4 - Эпюра суммарных перемещений

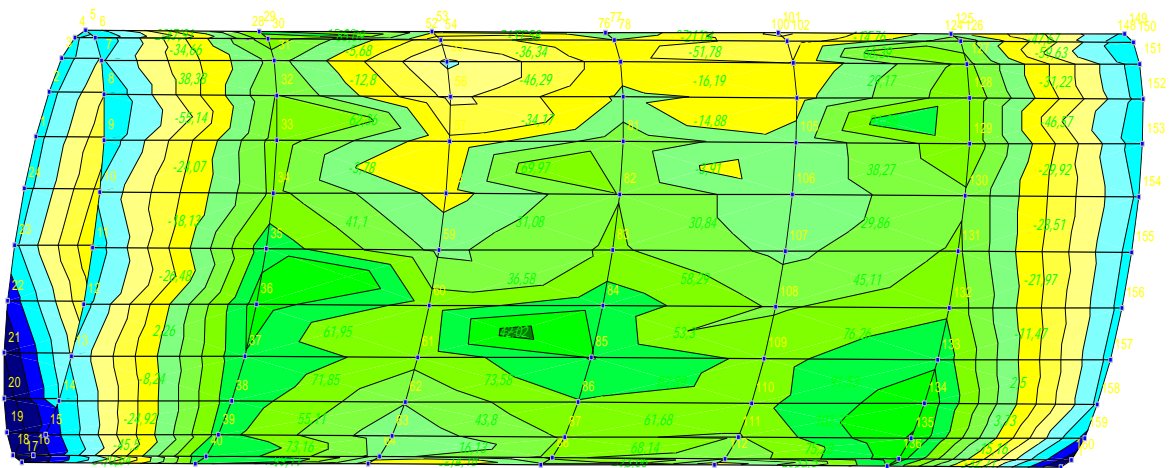


Рисунок 5 - Эпюра эквивалентного напряжения по von Mises по горизонтали вдоль фрагмента

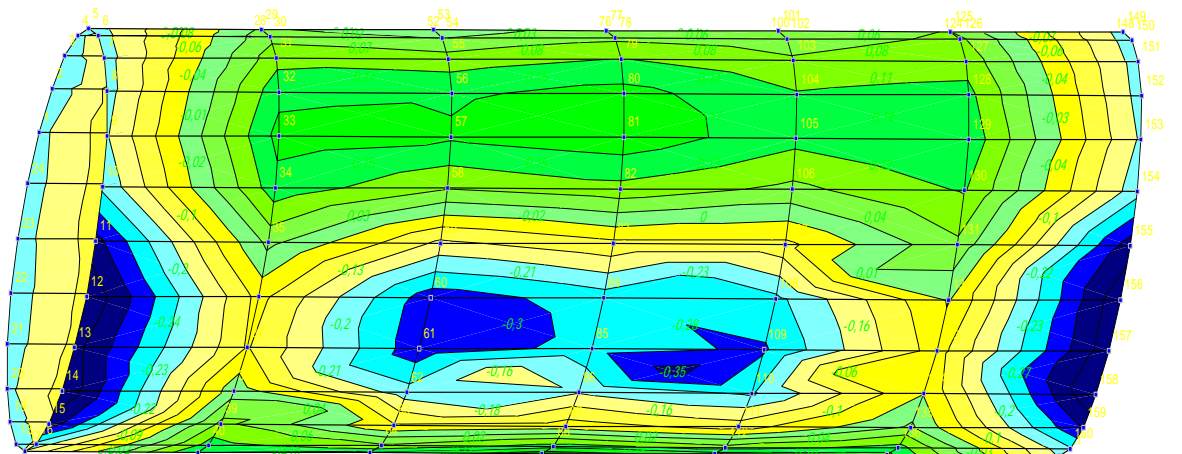


Рисунок 6 - Эпюра эквивалентного напряжения по von Mises по вертикали вдоль фрагмента

Наибольшие напряжения возникают в местах опирания 12 метрового фрагмента на анкерные опоры (рисунки 5, 6), так как в основном данный фрагмент работает как 12 метровая балка, жёстко закреплённая на опорах. По горизонтали возникают напряжения в нижней части опирания, а в напряжениях по вертикали вдоль фрагмента в основном с боков в нижней части опирания и по середине 12 метрового пролёта фрагмента дюкера.



Рисунок 7 - Место образования дефекта снаружи дюкера

При снижении толщины металла пластин 12 метрового фрагмента дюкера, на $1/3$ толщины, значительно возрастают напряжения и как следствие перемещения. Сравнения эпюр эквивалентных напряжений, по von Mises, с запроектированной толщиной (рисунок 6) и эпюр с потерей толщины на $1/3$ вследствие коррозионных процессов, за период длительной эксплуатации дюкера показало возникновение значительных напряжений по периметру, особенно можно выделить зону от 2 до 3 метров от края 12 метрового фрагмента. Данная особенность моделирования подтверждается визуальными наблюдениями дефектов и повреждений различных длительно эксплуатируемых дюкеров (рисунки 7), а именно в этой зоне происходит образование дефектов ведущих к разрушению металлической трубы дюкера. Из обработки полученных данных установлено, что наиболее опасным является снижение фактической толщины металла дюкера не более на $1/3$ от проектной, которое ведёт к выходу из строя отдельного 12 метрового фрагмента сооружения. При незначительных потерях толщины металла на эпюрах перемещений характерно отражаются допустимые значения. Данная проблема подтверждена нормативными документами [6, 7, 8]. Происходит в основном образование дефектов, ведущее к нарушению нормального функционирования водопроводящего дюкера. Возникает интенсивная утечка воды, что способствует ускоренному разрушению данного участка[9].

