

УДК 622.245.12

Царенко С.Н. (ДонНТУ)

ОЦЕНКА ПРИБЛИЖЕННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ОБСАДНЫХ
КОЛОНН НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (Сборник
трудов ДонНТУ)

Выполнен прочностной расчет обсадной колонны во время ее спуска с использованием метода конечных элементов. Проведен анализ влияния шпангоутов на напряженно-деформированное состояние колонны.

Одной из важнейших задач при проектировании объекта является снижение его материалоемкости и капиталовложений при сохранении эксплуатационных характеристик. Особенно это актуально при проектировании крепи вертикальных стволов шахт. Это связано с тем, что показатели возведение крепи оказывает решающее влияние на стоимость и трудоемкость горных, строительных и монтажных работ. Стоимость крепления ствола составляет до 60% стоимости его сооружения [1].

Для наиболее эффективного решения этой задачи, необходимо оценить влияние всех элементов конструкции на прочностные характеристики обсадной колонны при воздействии на нее различных силовых факторов.

Обсадная колонна представляет собой цилиндрическую оболочку усиленную внутренними или наружными ребрами жесткости. Существует ряд приближенных методов для расчета ребристых оболочек с различной степенью точности [2]. Но даже для случая расчета оболочки подкрепленной ребрами простой конструкции (полосами), в монографии [2] приводится сложная математическая модель, а при усложнении конструкции ребер эта модель становится, практически не реализуема.

Одним из эффективных методов проведения исследований прочностного расчета является метод конечных элементов (МКЭ). Этот метод можно использовать, когда проведение естественных экспериментов

с объектом исследования является дорогим или труднореализуемым с технической точки зрения, а так же если упрощения в существующих математических моделях ведут к значительному снижению точности расчета. Причем точность расчета с использованием МКЭ ограничивается возможностями программного обеспечения, в котором он реализован, и ресурсами ПК.

Одной из таких задач является определение напряженно-деформированного состояния обсадной колонны в процессе ее спуска на

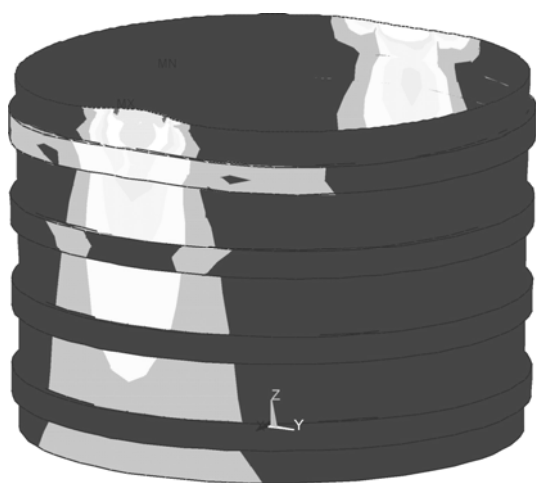


Рис. 1. Напряженно-деформированное состояние секции обсадной колонны, усиленной шпангоутами



Рис. 2. Напряженно-деформированное состояние гладкой секции обсадной колонны.

забой. В качестве расчетной конструкции возьмем секцию обсадной колонны для крепления ствола $\varnothing 4,3$ м, параметры и способ монтажа которой описаны в работе [3]. Секция представляет собой стальную сварную трубу $\varnothing 4,3$ м и длиной 3 м, усиленную кольцами из швеллеров №16, установленными с шагом 0,75 м.

Для проведения прочностного расчета с использованием МКЭ построена модель секции и разбита на 9000 элементов. Нижний торец секции жестко закреплен, а к верхнему торцу приложена нагрузка 1600 кН, распределенная на двух симметричных участках по 0,5 м,

что определяет соответствующую нагрузку на подъемное приспособление.

На рис. 1 показано полученное в результате расчета напряженно-деформированное состояние секции крепи.

Для оценки влияния шпангоутов на напряженно-деформированное состояние колоны рассчитываем аналогичную модель без ребер рис. 2. На рис. 3 показан сравнительный график изменения эквивалентных напряжений по срединной поверхности в осевом сечении.

Из графика на рис. 3 видно, что наличие шпангоутов незначительно влияет на напряжения в зоне крепежного окна, в этой зоне они практически совпадают с напряжениями в оболочке без ребер. Начиная с места крепления шпангоутов, напряжения в трубе снижаются, это связано с увеличением жесткости в окружном направлении.

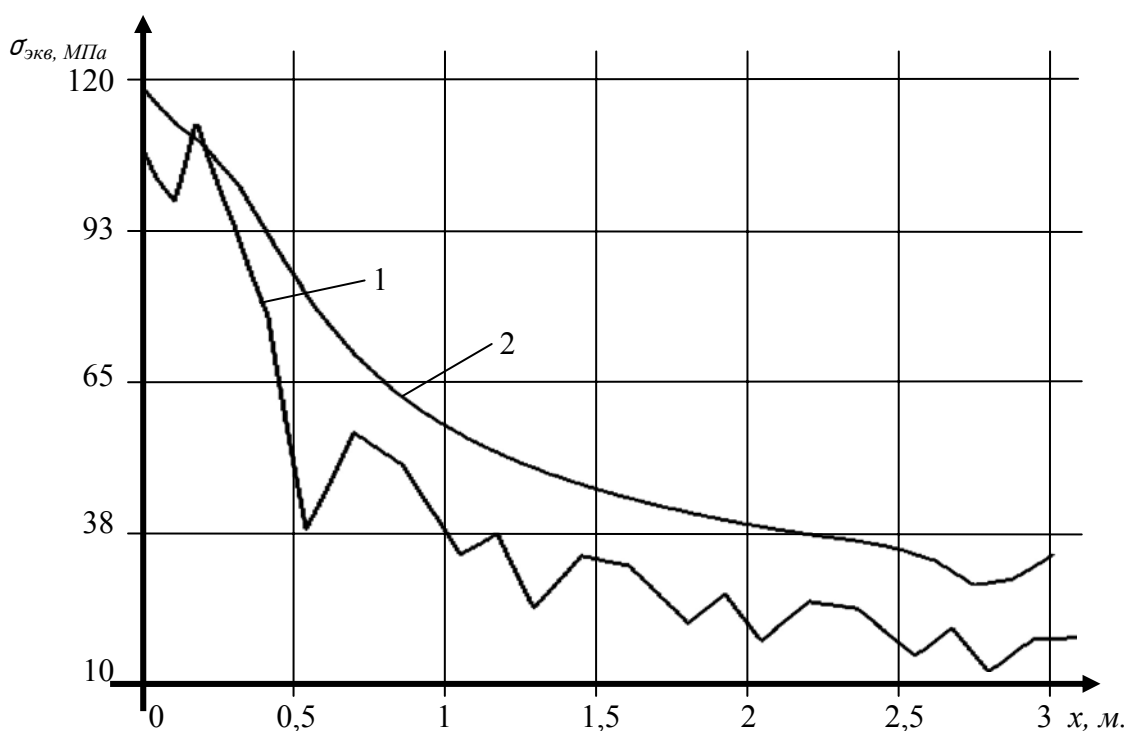


Рис. 3. Графики эквивалентных напряжений:
1) ребристой оболочки; 2) оболочки без ребер.

Проведенный анализ с использованием МКЭ позволяет дать лишь оценочную характеристику влияния заданных конструктивных параметров (шаг и геометрические параметры шпангоутов). Определение их взаимосвязи и степени влияния с использованием МКЭ является

трудоемкой задачей и фактически может дать только эмпирические зависимости, что делает данный метод неэффективным на этапе проведения исследования. На данном этапе более эффективна упрощенная математическая модель.

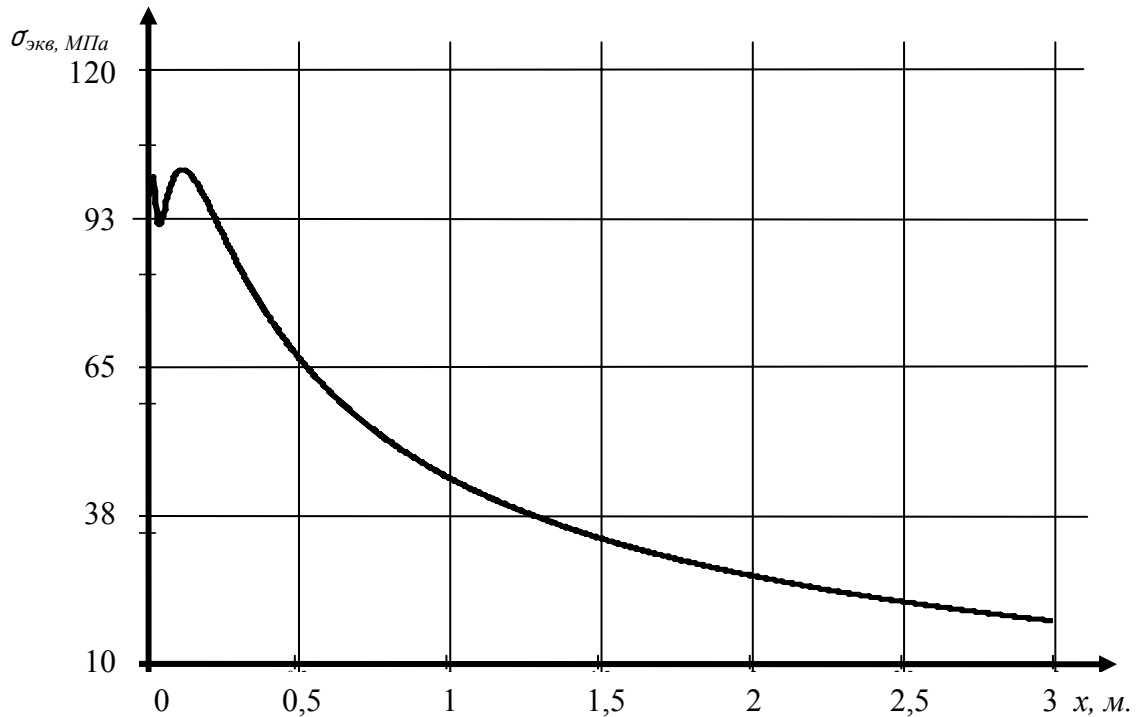


Рис. 4. График эквивалентных напряжений.

На рис. 4 показан график изменения эквивалентных напряжений в осевом сечении, при $\varphi=0$, построенный по формулам:

$$T_x(x, \varphi) = -\frac{2P}{\pi r \Delta \varphi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\alpha_{2n} x} \sin(n \Delta \varphi)}{n} (\cos \alpha_{2n} x + \sin \alpha_{2n} x) \cos 2n \varphi ;$$

$$M_t(x, \varphi) = -\frac{Ph^2}{3\pi r^4 \Delta \varphi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\alpha_{2n} x} \sin(n \Delta \varphi) n(1-4n^2)}{\alpha_{2n}^2} (\sin \alpha_{2n} x - \cos \alpha_{2n} x) \cos 2n \varphi ;$$

$$T_t(x, \varphi) = -\frac{4Ph^2}{3\pi r^5 \Delta \varphi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\alpha_{2n} x} \sin(n \Delta \varphi) n^3(1-4n^2)}{\alpha_{2n}^2} (\sin \alpha_{2n} x - \cos \alpha_{2n} x) \cos 2n \varphi ;$$

$$S(x, \varphi) = \frac{2P}{\pi \Delta \varphi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\alpha_{2n} x} \sin(n \Delta \varphi) \alpha_{2n}}{n^2} \sin \alpha_{2n} x \sin 2n \varphi ,$$

где T_x – осевое усилие, T_t – окружное усилие, M_t – окружной момент, S – сдвигающее усилие, P – реакции натяжения канатов талевой системы, r –

радиус срединной поверхности обсадной трубы, $\Delta\varphi$ - угол раствора крепежного окна, h – толщина стенки трубы, $\alpha_n = \frac{n}{r} \sqrt[4]{\frac{(n^2 - 1)^2 h^2}{48r^2}}$.

Погрешность при определении максимальных напряжений (рис. 3, рис. 4) составляет 18%, что определяет допустимую погрешность, так как при более мелкой разбивке модели эта точность увеличится.

Таким образом, для проведения дальнейших исследований напряженно-деформированного состояния обсадной колонны в зоне крепежного окна можно использовать рассмотренную математическую модель оболочки [4], так как влияние кольцевых ребер на эту зону минимально.

Библиографический список

1. Булычев Н. С., Абрамсон Х. И. Крепь вертикальных стволов шахт. – М.: Недра, 1978. – 301 с.
2. Амиро И. Я., Зарупский В. Я. Методы расчета оболочек. Т. 2. Теория ребристых оболочек. – Киев.: Наук. думка, 1980. – 368 с.
3. Жиленко Н. П., Краснощек А. А. Справочное пособие по реактивно-турбинному бурению. – М.: Недра, 1987. – 309 с.