

УДК 622.245.1

Улитин Г.М., Царенко С.Н. (ДонНТУ)

ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ НОМИНАЛЬНОЙ ФОРМЫ ПРОФИЛЯ
ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ОБСАДНЫХ ТРУБ НА ВЕЛИЧИНУ
КРИТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ (Вести горного института)

Выполнен анализ степени влияния начальных осесимметричных неправильностей формы профиля поперечного сечения стальной обсадной колонны на ее устойчивость. Даны рекомендации к выбору шага установки мембран внутри труб.

Обсадные трубы в процессе эксплуатации (при засорении дренажных каналов) и при монтаже подвергается внешнему гидростатическому, а в некоторых случаях и горному давлению, что нередко приводит к потере их устойчивости. Таким образом, основным критерием выбора геометрических параметров при проектировании колонны и технологических схем монтажа является критическое давление на крепь.

Принятые на производстве методики расчета колонн [1] учитывают только номинальную геометрию труб, что связано с их низкой жесткостью, которая приводит к изменению отклонений в процессе всего технологического цикла (от изготовления до тампонажа). Тем не менее, для предложенного в работе [2] способа повышения конструктивной жесткости стальной крепи, немаловажным является учет влияния на критическое давление отклонений от номинальной формы трубы. Отклонение профиля продольного сечения сложно определить и контролировать, так как оно может возникать только в процессе наращивания колонны. Отклонение от круглости (овальность, огранка) практически всегда известно. При селективном методе сборки проводятся предварительные измерения для лучшей состыковки торцов секций труб, что приводит к возникновению данного отклонения по всей длине колонны.

При исследовании устойчивости оболочки с начальным прогибом используются различные методы решения [3]:

– первый подход состоит в предположении, что оболочка получает осесимметричные начальные прогибы, и в определении образующихся при действии нагрузки напряженных и деформированных состояний оболочки. Если, далее, выписать лианеризованные уравнения, описывающие несимметричные дополнительные прогибы, то можно установить точку бифуркации, в которой от основной кривой равновесных состояний ответвляется линия несимметричных конфигураций;

– второй подход заключается в составлении нелинейных уравнений, описывающих равновесные состояния оболочки при различных параметрах нагрузки. Таким образом, можно построить диаграмму «нагрузка – характерное дополнительное перемещение» и если подобная диаграмма имеет предельную точку, то эта точка определяет верхнее критическое значение нагрузки.

В нашем случае задача состоит в определении влияния огранки трубы на величину критического давления. Если предположить, что в процессе изготовления и транспортировки труб диаметральный размер остается в пределах допуска, предусмотренного технической документацией, то возможная величина отклонения от номинального размера согласно [1] будет составлять, в зависимости от диаметра, порядка $0,69 \div 1,25$ толщины стенки трубы. Таким образом, величина начального отклонения является значительной, что выводит решение данной задачи за пределы линейной теории оболочек. Предложенные решения нелинейной теории предполагают, что начальное волнообразование находится «в резонансе» с волнообразованием оболочки в процессе деформации. Такое допущение не соответствует поставленным условиям задачи.

Для определения величины критического давления, в зависимости от параметров отклонений от номинальной формы трубы, используем метод конечных элементов, реализованный в программной среде ANSYS. В качестве расчетных моделей будем использовать трубы, шарнирно закрепленные по торцам. В качестве начальных неправильностей рассмотрим первые две формы огранки – овальность и треугольную огранку (рис. 1).

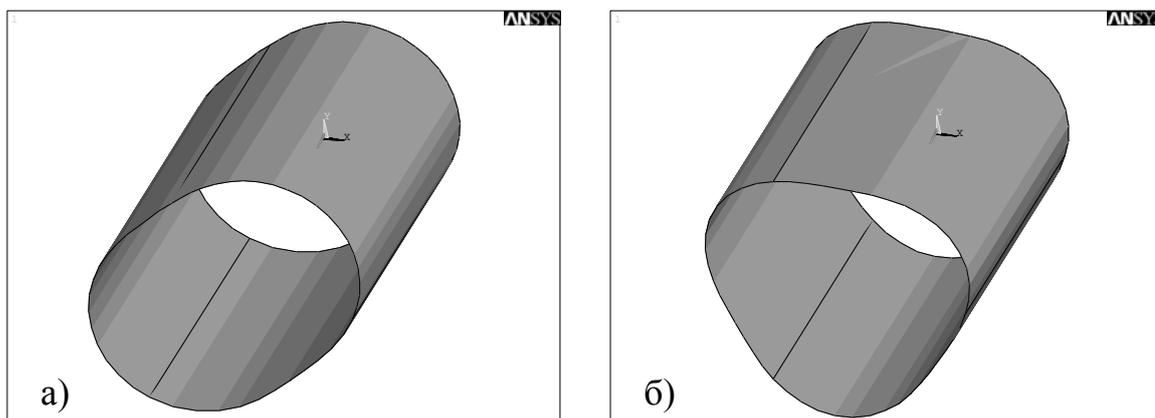


Рис. 1. Начальные неправильности трубы: а) овальность; б) треугольная огранка.

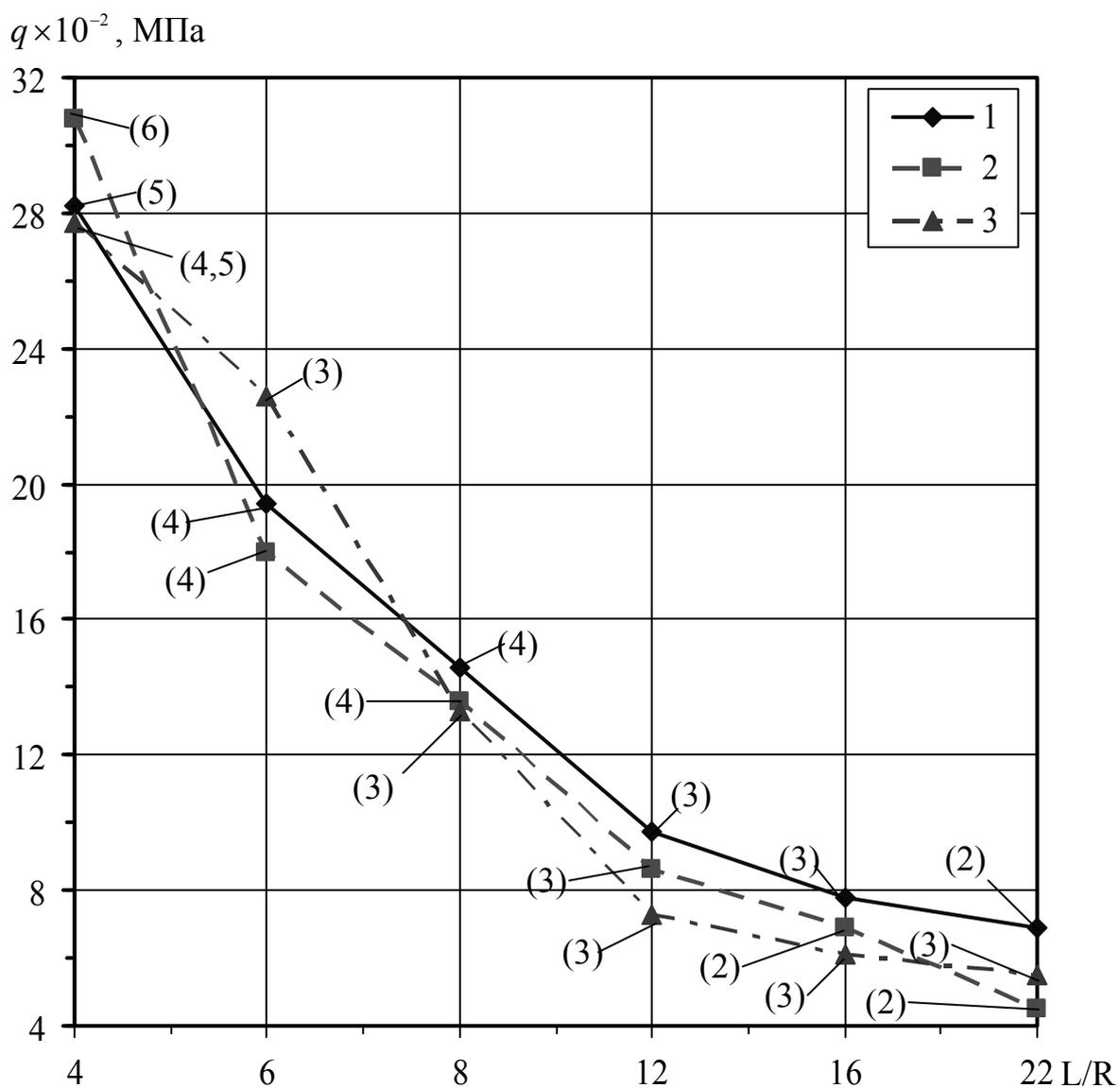


Рис. 2. График изменения критического давления в зависимости от параметра L/R : 1 – для идеальной оболочки; 2 – овальной оболочки; 3 – для оболочки с треугольной огранкой.

На диаграмме (рис. 2) представлена зависимость величины критического давления q , МПа от параметра L/R (отношение длины к радиусу трубы) при $R/\delta \approx 134$ (отношение радиуса к толщине трубы) для трех случаев: 1 – идеальная оболочка, 2 и 3 – овальная и с треугольной огранкой соответственно с отклонением от круглости $\Delta = \delta$. В скобках возле соответствующих точек указана форма потери устойчивости n полуволн.

Проанализировав графики можно сделать следующие выводы:

1. С увеличением длины оболочки влияние характера начальных неправильностей снижается.
2. Величина критического давления при наличии начальных прогибов существенно снижается в случаях, когда форма начального волнообразования близка к форме потери устойчивости идеальной оболочки. При отличии форм, изменение давления не значительно, а в некоторых случаях может превышать исходную величину.
3. Чем больше число полуволн в форме начальных неправильностей, тем выше их влияние на форму потери устойчивости.

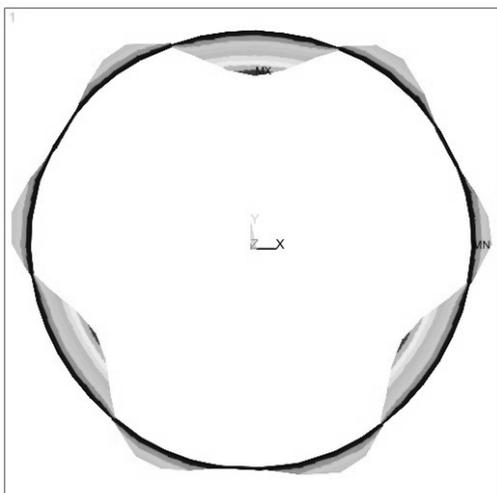


Рис. 3. Форма потери устойчивости для оболочки с треугольной огранкой при $L/R = 4$.

Особый интерес представляет поведение оболочки с треугольной огранкой при длине $L/R = 4$. На рис. 3 показан характер волнообразования в процессе потери устойчивости для данного случая. Такой характер свидетельствует, что форма потери устойчивости стремится к форме кратной формы начальных прогибов. При аналитическом расчете, где n считается целым числом, такая форма может быть потеряна ($n = 4,5$), а соседние дадут завышенное значение критического давления.

На графике (рис. 4) показана зависи-

мость q МПа, от параметра $\xi = \Delta / \delta$, характеризующего величину начального прогиба при $L / R = 12$, $R / \delta \approx 134$ для оболочки с треугольной огранкой.

Согласно графику, небольшое отклонение от номинальной формы приводит к значительному снижению критического давления, при этом дальнейшее увеличение величины прогиба является уже менее значимым.

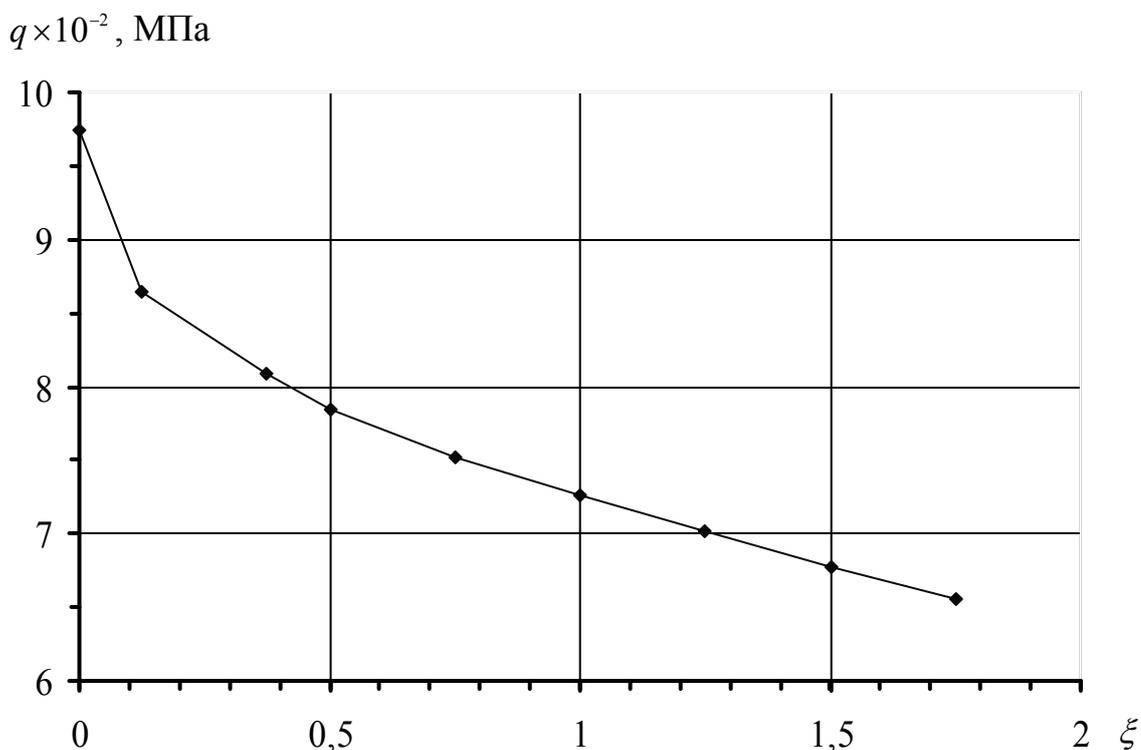


Рис. 4. График изменения критического давления в зависимости от параметра начального прогиба $\xi = \Delta / \delta$

Таким образом, при выборе величины шага мембран следует учитывать, чтобы форма начальных прогибов не накладывалась на форму потери устойчивости, если же по конструктивным или технологическим условиям выбор такого шага невозможен, то расчетную величину критического давления на крепь следует снижать на 20-30%.

Библиографический список

1. Общесоюзные нормы технологического проектирования шахтных стволов и скважин, сооружаемых способом реактивно-турбинного бурения (РТБ): ОНТП 3-80. – М.: Минуглепром СССР, 1980. – 74 с.

2. Улитин Г.М. Влияние конструктивных особенностей обсадной колонны на ее устойчивость / Улитин Г.М. Царенко С.Н. Матеріали міжнародної конференції „Форум гірників – 2007”. – Д.: РВК НГУ. – 2007. – С. 216-223.
3. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем / Вольмир А.С. – М.: Наука, 1967. – 984 с.