

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. SCAD для пользователя [Текст] / В. С. Карпиловский, Э. З. Криксунов, А. В. Перельмутер и др. – К.: ВВП «Компас», 2000. – 332 с.
2. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Текст] / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – К.: Сталь, 2002. – 600 с.
3. Алексеев, А. Д. Предельное состояние горных пород [Текст] / А. Д. Алексеев, И. В. Недодаев. – К.: Наукова думка, 1982. – 200 с.

УДК 622.245.12

*Борщевский С.В., д.т.н., проф., Царенко С.Н., к.т.н., Руднев А.И., студ.,
ДонНТУ, Донецк, Украина*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАЛЬНОЙ КРЕПИ ПРИ БУРЕНИИ ШАХТНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

Бурение стволов представляет собой надежный и эффективный способ строительства вертикальных горных выработок [1] в самых различных горно-геологических условиях. Основным фактором, сдерживающим широкое применение этой технологии в условиях Украины, является высокая стоимость работ, которая соизмерима со специальными способами проходки стволов.

В настоящее время в отечественной практике и других странах СНГ для крепления стволов и скважин большого диаметра применяют, в основном, стальные секционные крепи, отличающиеся высокой металлоемкостью и стоимостью. Такой выбор конструкции крепи обусловлен высокой универсальностью применения ее в различных горно-геологических условиях. Применение других видов крепи носит эпизодический характер.

Расчету обсадных труб на прочность и устойчивость посвящен ряд теоретических и экспериментальных работ [2,3], где предложены аналитические, полуэмпирические и эмпирические зависимости. Тем не менее, большинство этих методов не нашло применения при проектировании стальных крепей большого диаметра (свыше 2 м), что связано со спецификой их работы и конструкции. В связи с чем по причине не обоснованного теоретическими расчетами конструирования обсадных труб не редки случаи разрушения отдельных узлов обсадных колонн или потери устойчивости отдельных участков трубного става в период монтажа или эксплуатации.

Анализ структуры затрат стоимости, трудоемкости и продолжительности бурения скважин большого диаметра по традиционной технологии с креплением стальной колонной показал, что до 30-40% их приходится на процессы, связанные с креплением. Поэтому усовершенствование конструкции и технологии крепления стволов, за счет разработки новых методик расчета и проектирова-

ния обсадных труб на основе методов теории упругости и строительной механики, являются актуальной научно-технической задачей.

Несмотря на проведенные исследования и накопленный практический опыт сооружения стволов и скважин бурением, прослеживается длительный застой в динамике развития технико-экономических показателей строительства стволов и скважин большого диаметра, не наблюдается развитие и совершенствование технологических схем ведения работ и конструкций крепи, не происходит модернизация оборудования, что противоречит тенденции развития шахтного строительства в мировых горнодобывающих странах. Наибольшее распространение при креплении стволов и скважин большого диаметра в условиях Донбасса получили стальные секционные крепи, что обусловлено высокой универсальностью применения их в различных горно-геологических условиях. Использование других видов крепи носит эпизодический характер.

Большинство существующих методов расчета обсадных труб не нашло применения при проектировании стальных крепей большого диаметра (свыше 2 м), что связано со спецификой их работы и конструкции. В связи с чем по причине не обоснованного теоретическими расчетами конструирования крепи [4] не редки случаи разрушения отдельных узлов обсадных колонн или потери устойчивости отдельных участков трубного става в период монтажа или эксплуатации.

Проблемы связанные с креплением стволов и скважин пройденных бурением являются весьма существенными, так как 30-40% от затрат стоимости, трудоемкости и рабочего времени на сооружение скважин большого диаметра приходится на процессы, связанные с креплением стальной крепью в сложных горно-геологических условиях, при этом повышения несущей способности обсадных труб и улучшения технологичности проведения монтажных работ за счет теоретического обоснования выбора рациональных параметров конструктивных элементов обсадных колонн – весьма сложная задача.

Проведение монтажных работ является одной из наиболее трудных и трудоемких операций возведения крепи. При этом в секциях обсадной колонны прорезают крепежные окна. При воздействии на окна реакций от подъемного приспособления или монтажной балки (рис. 1), вызванных весом колонны, возникает значительная деформация трубы в окрестностях окна, а так же разрушение материала колонны [5], что приводит к поломкам и авариям в процессе спуска.

Существующая технология крепления стволов и скважин большого диаметра при выборе некоторых конструктивных и технологических параметров не учитывает ряд факторов. Такими факторами являются:

1. Деформации верхнего торца трубы, которые затрудняют состыковку с другими секциями;
2. Деформации и напряжения в монтажных окнах.

Проведя анализ влияния ряда параметров на величину деформации верхнего торца трубы, с использованием полубезмоментной теории расчета оболочек,

были получены формулы для определения радиального и осевого перемещений:

$$w(\varphi) = -\frac{4Pr^4}{\pi E} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^2 \alpha_{2n}}{8J_{xuu} n^4 (8n^2 - 16n^4 - 1) - r^6 \delta \alpha_{2n}^3} \cos 2n\varphi; \quad (1)$$

$$u(\varphi) = \frac{Pr}{\pi E} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{r^2 \delta \alpha_{2n}} + \frac{r^4 \alpha_{2n}^2}{8J_{xuu} n^4 (8n^2 - 16n^4 - 1) - r^6 \delta \alpha_{2n}^3} \right) \cos 2n\varphi, \quad (2)$$

где P – реакция со стороны монтажной балки, вызванная весом колонны, Н; r – радиус трубы, м; E – модуль упругости материала колонны, Па; δ – толщина стенки трубы, м; J_{xuu} – осевой момент инерции шпангоута, м⁴;

$$\alpha_{2n} = \frac{2n}{r} \sqrt[4]{\frac{(4n^2 - 1)^2 \delta^2}{48r^2}}.$$

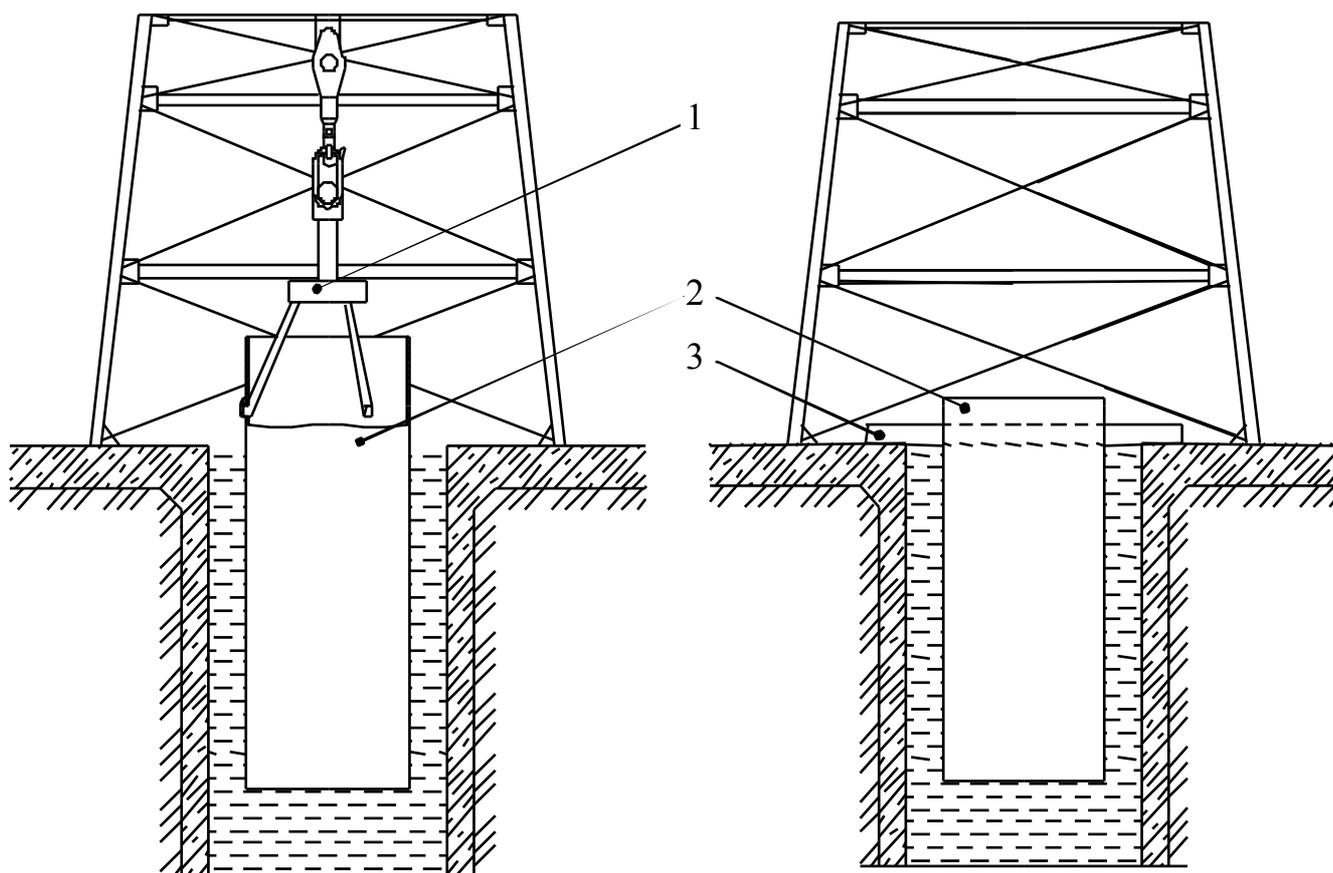


Рис. 1. – Схемы монтажа обсадной колонны:

1 – прицепное устройство; 2 – обсадная колонна; 3 – монтажная балка:

а) – спуск колонны с использованием прицепного устройства;

б) – посадка на монтажную балку.

Анализ величины деформаций для различных конструктивных параметров колонны показал, что значительными являются радиальные перемещения, которые могут превышать производственный допуск на изготовление секций труб. Таким образом, порядок секций при селективной сборке колонны, следует выбирать, учитывая монтажные деформации по формулам (1) и (2).

Величина и характер распределения напряжений в окрестности крепежных окон зависит от их количества, размеров и формы крепежного окна. В зависимости от геометрии крепежного окна в колонне и подъемного приспособления, возможны различные схемы распределения нагрузки, основные варианты которые представлены на рис. 2.

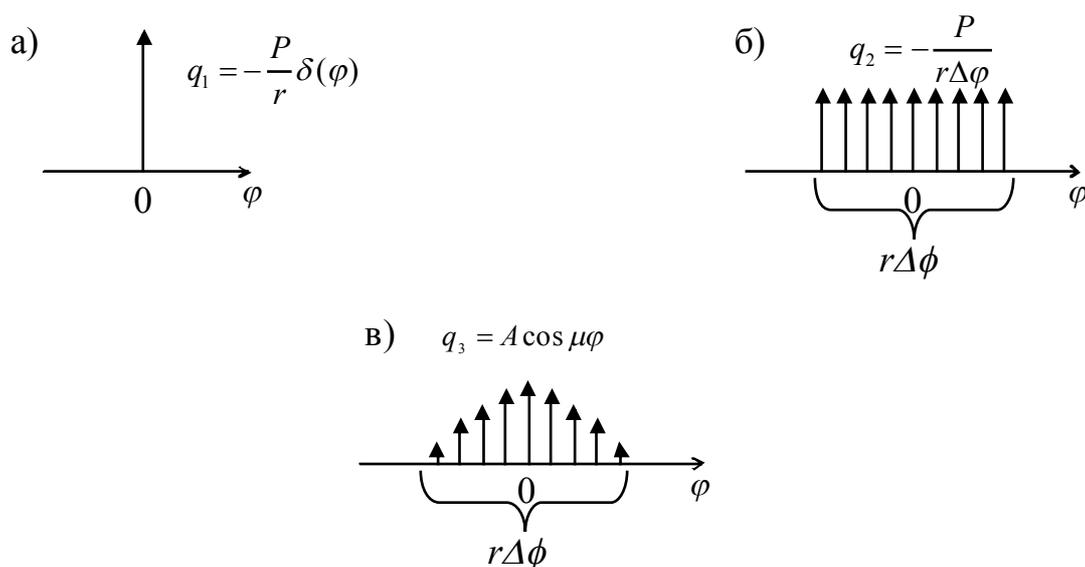


Рис. 2. Схемы приложения нагрузок к верхнему торцу оболочки:
 а) –сосредоточенная, где $\delta(\varphi)$ – дельта-функция Дирака; б) – равно-распределенная;
 в) – распределенная по косинусу, где угол раствора крепежного окна.

Первая схема определяет сосредоточенную нагрузку и является упрощенной. Вторая схема – равномерное распределение нагрузки, соответствует взаимодействию прямоугольной монтажной балки с прямоугольным окном. Третья схема – неравномерное распределение нагрузки, соответствует вариантам в которых прицепное устройство или монтажная балка взаимодействует с крепежным окном с образованием пятна контакта, при котором максимальное усилие приходится на середину, а к краю убывает.

Раскладывая нагрузки в ряды Фурье с использованием полубезмоментной теории расчета оболочек, были получены выражения для внутренних силовых факторов, возникающих в трубе от действия монтажных нагрузок.

Анализ возникающих при этом напряжений показал, что участок, на котором интенсивно проявляется влияние характера действующей нагрузки, незна-

чителен и составляет порядка 20 см (рис. 3). Это определяет минимальный размер усиливающей накладки над монтажным окном.

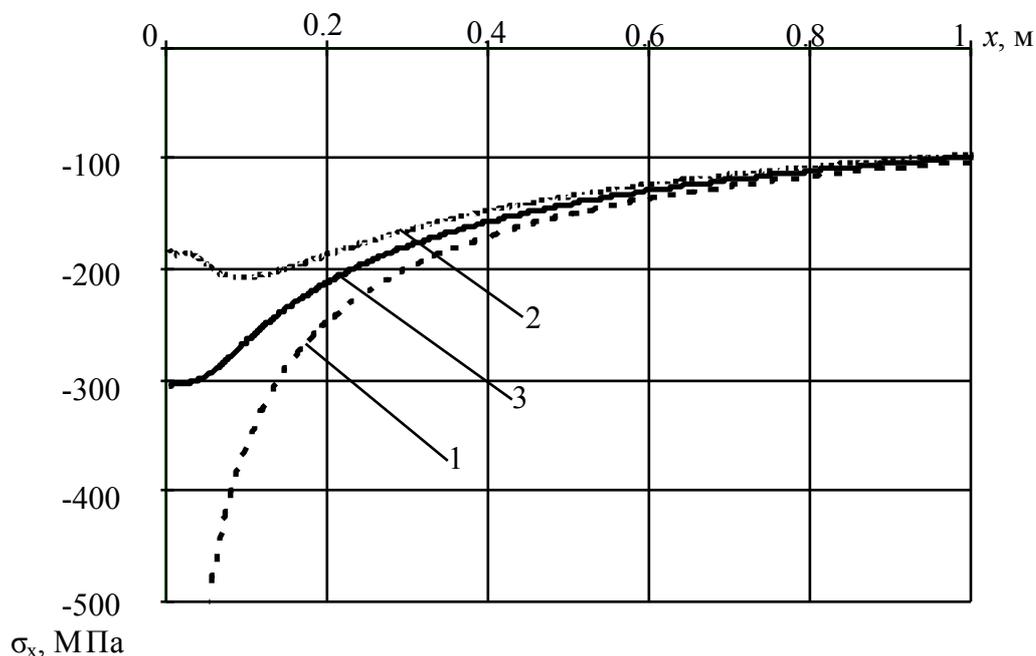


Рис. 3. Осевые напряжения для трех рассматриваемых случаев

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тулуб С.Б., Левит В.В., Пилипец В.И. Новые технологии строительства стволов большого диаметра.// Уголь Украины, 2008. - №1. – С.3-8.
2. Улитин Г.М. Царенко С.Н. Расчет обсадной колонны, как цилиндрической оболочки, по полубезмоментной теории. Вісті Донецького гірничого інституту. – Донецьк: ДонНТУ, 2/2005 – С. 10-16.
3. Царенко С.Н. Оценка приближенных методов расчета обсадных колонн на основе метода конечных элементов. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: „Гірничо-геологічна”. Випуск 111. Том 2. – Донецьк, ДонНТУ, 2006. –С. 69-72.
4. Улитин Г.М. Царенко С.Н. Исследование напряженно-деформированного состояния обсадной колонны при спуске на плаву. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: „Гірничо-геологічна”. Випуск 105. – Донецьк, ДонНТУ, 2006. –С. 114-117.
5. Улитин Г.М. Царенко С.Н. Влияние конструктивных особенностей обсадной колонны на ее устойчивость. Матеріали міжнародної конференції „Форум гірників – 2007”. – Д.: Національний гірничий університет. 2007. – С. 216-223.