

УДК 622.035

Секционная опалубка с горизонтальными поясами жесткости

Рассмотрена передвижная секционная опалубка для возведения бетонной крепи вертикальных стволов при их проходке. Опалубка состоит из жесткого подвешенного каркаса и формирующей оболочки, выполненной из секций с горизонтальными поясами жесткости, соединенных между собой и каркасом механизмами отрыва. Приведена схема действия усилий отрыва секций опалубки от бетонной крепи и дан расчет нагрузок на горизонтальные пояса жесткости.

В последние годы в угольной и горнорудной промышленности в качестве постоянной крепи вертикальных стволов наиболее распространен монолитный бетон, применение которого составляет более 95 %, что достигнуто в результате совершенствования технологии транспортирования и укладки бетонной смеси за опалубку, а также модернизации применяемого оборудования, включающего устройства для приема бетонной смеси на поверхности, трубопроводы в стволе, устройства для подачи бетонной смеси в ствол и инвентарные передвижные опалубки [1 – 6]. Один из сложных и ответственных элементов в этом комплексе – передвижные опалубки.

В практике шахтного строительства при освоении и совершенствовании технологии применения монолитного бетона для крепи стволов было использовано более 20 конструкций инвентарных опалубок. Наиболее

удобными в эксплуатации оказались секционные. Они состоят из жесткого каркаса и формирующей оболочки из нескольких секций (по окружности ствола) с механизмами отрыва ее от забетонированной поверхности ствола. Несмотря на постоянное совершенствование секционных опалубок им присущ существенный недостаток, который заключается в несовершенстве процесса отрыва формирующей оболочки от бетонной поверхности.

В работе [7] детально описаны конструкции современных секционных опалубок, раскрыта физическая суть взаимодействия формирующей оболочки с бетонной поверхностью крепи, приведена методика расчета усилий при отрыве формирующей оболочки и даны рекомендации по совершенствованию конструкций опалубок.

Даже в усовершенствованных опалубках, где требуется значительно меньше усилий для отрыва формирующей оболочки от поверхности бетона, необходимо прилагать определенные усилия для преодоления ее сцепления с бетонной поверхностью. Этого нельзя полностью избежать из-за конструкции формирующей оболочки, состоящей из дугообразных щитов с вертикальными стыками соединений между собой в каждой секции. Поэтому отрыв формирующей оболочки в каж-



Р. З. УМАНСКИЙ,
канд. техн. наук
(ПАО «ДИОС»)



В. Т. САПРОНОВ,
канд. техн. наук
(ПАО «ДИОС»)



В. К. ДЖЕРИН,
инж.
(ПАО «ДИОС»)

дой секции (или полусекции) происходит по образующей цилиндра до первого вертикального стыка, причем на вертикальных стыках отрыв растянут во времени и требует минимальных усилий, а площадь его составляет 1/3 общей площади сцепления формирующей оболочки с бетонной поверхностью. Для отрыва остальной площади сцепления необходимо преодолевать касательные напряжения. При этом отрываться должна одновременно вся оставшаяся поверхность сцепления, для чего следует прикладывать значительные усилия.

Современные секционные опалубки для облегчения отрыва формирующей оболочки от бетонной поверхности имеют коническую форму. Это причина того, что в стволе на стыках заходок по креплению появляются уступы, требуется увеличение диаметра ствола не менее чем на 100 мм, усложняется центровка опалубки на новых установках (так как она свободно висит в стволе).

Для отрыва формирующей оболочки от бетонной поверхности с наименьшими усилиями идеальным было бы условие, при котором отрыв происходил бы постепенно по поверхности формирующей оболочки на всей дуге секции или полусекции. Однако в современных опалубках конструкция формирующей оболочки и ограничение зазора между каркасом и оболочкой не позволяют выполнить такой отрыв, но его можно осуществить по предлагаемым условиям, если формирующая оболочка будет представлять собой упругую систему, которая сохраняет свойства упругости при уменьшении диаметра оболочки в пределах зазора между каркасом и формирующей оболочкой. В этом случае она будет работать при упругих деформациях, обеспечивая отрыв секций опалубки от бетонной поверхности при меньших усилиях.

Создать указанную систему для секционных опалубок можно, если отказаться от вертикальных стыков в секциях оболочки и ввести в их

конструкцию горизонтальные пояса жесткости, работающие при изменении диаметра формирующей оболочки в области упругих деформаций.

По конструкции предлагаемая секционная опалубка (рис. 1) состоит из жесткого каркаса 2 с сцепными устройствами для подвески на канатах и формирующей цилиндрической оболочки высотой 2,5 – 4,5 м, разделенной по окружности на три секции, которые соединены между собой механизмами отрыва 3 и Т-образной вставкой 4, перекрывающей зазор в 140 мм между их торцами. Каждая секция состоит из двух полусекций 1. Полусекции выполнены из щитов 8, равных длине дуги полусекции 1, с горизонтальными поясами жесткости 10 и скрепленных между собой разъемными соединениями, расположенными в горизонтальной плоскости.

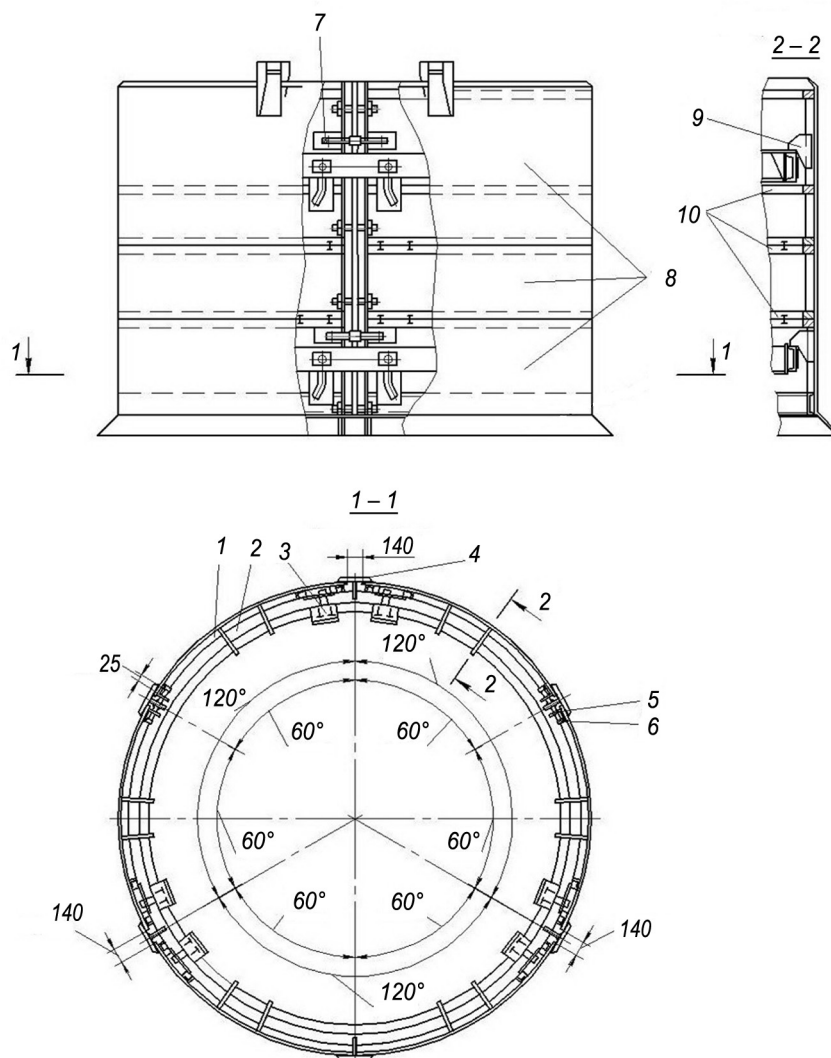


Рис. 1. Опалубка секционная.

Узел разъема секций 5 на полусекции 1 выполнен в виде Т-образной вставки с соединительными осями 6, обеспечивающими горизонтальный ход 25 мм с поворотом каждой полусекции, которая опирается на верхние и нижние кольца каркаса 2 закрепленными на ней кронштейнами 9. Три секции цилиндрической оболочки опалубки соединяются между собой в верхней и нижней частях фаркопфами 7 для монтажа на каркасе.

Все механизмы отрыва 3 опалубки работают одновременно при опускании жесткого каркаса 2 на канатах лебедок, торцы секций сближаются, перемещаясь горизонтально и радиально с поворотом на угол около 1° внутрь опалубки на расстояние 50 – 60 мм, а в самой секции на соединительных осях 6 полусекции 1 раздвигаются относительно одна другой с ходом каждой полусекции на расстояние до 25 мм. При этом горизонтальные пояса жесткости 10 в щитах 8 полусекций работают в зоне упругой деформации и не должны терять свою форму вместе с палубой полусекции. В процессе отрыва от крепи ствола полусекции Т-образные вставки 4 в зоне действия механизмов отрыва 3 перемещаются вместе с торцами секций радиально, а в узле разъема секций 5 на полусекции 1 их движение на соединительной оси 6 горизонтальное, следовательно Т-образная вставка в узле 5 отрывается в основном под действием веса опалубки.

Схема действия усилий отрыва полусекции опалубки от бетонной крепи 6 ствола представлена на рис. 2. Усилие разрыва сцепления полусекции опалубки 2 с бетоном крепи 6 ствола, создаваемое каждым механизмом отрыва 3, состоит из горизонтального P_r (касательного) и радиального направлений. Равнодействующая R усилий механизма отрыва 3 направлена внутрь опалубки и передается на горизонтальные пояса жесткости 4, а через них – на палубу щитов 5 полусекций опалубки 2.

Так как для отрыва опалубки делают напуск канатов подвески, то отрыву палуб щитов 5 опалубки противодействует равномерно распределенная нагрузка сцепления с бетоном крепи ствола, уменьшенная на равномерно-распределенную нагрузку от суммарного веса полусекций опалубки 2 и узлов разъема 1.

Нормативную нагрузку на горизонтальные пояса жесткости 4 и опалубку можно определить по формуле

$$q_n = (q_o - q_b) \delta,$$

где q_o – равномерно распределенная нагрузка сцепления палуб щитов 5 опалубки, кПа ($q_o = 7,6$ кПа с учетом

продолжительности контакта бетона крепи ствола 6 с палубами щитов 5 опалубки в течение 24 ч [5]);

q_b – равномерно распределенная нагрузка разрыва сцепления палубы щитов 5 опалубки с бетоном крепи ствола 6 от веса опалубки за исключением веса каркаса, кПа;

δ – шаг горизонтальных поясов жесткости 4 опалубки, см.

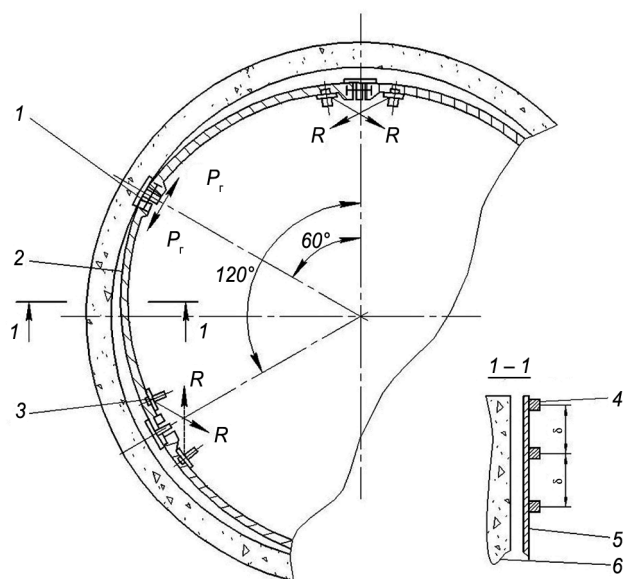


Рис. 2. Схема действий равнодействующих усилий отрыва полусекций опалубки от бетона крепи ствола в горизонтальной плоскости.

При этом нормативная нагрузка q_n^H на горизонтальные пояса жесткости 4 полусекции опалубки 2

$$q_n^H = (1/n) q^H,$$

где n – количество полусекций опалубки 2, шт.

Расчетная нагрузка q^P на горизонтальные пояса жесткости 4 опалубки

$$q^P = (q_o k_{co} - q_b k_1) \delta,$$

где $k_{co} = 0,61$ – коэффициент, учитывающий степень жесткости опалубки, условия отрыва и условия касательного сцепления [5];

$k_1 = 0,75$ – коэффициент недогруза опалубки.

Расчетная нагрузка q_n^P на горизонтальные пояса жесткости 4 полусекции опалубки 2

$$q_n^P = (1/n) q^P.$$

Для проверки жесткости горизонтального пояса жесткости 4 полусекции опалубки 2 определяли допустимый прогиб f_n от нормативной нагрузки q^H ,

который должен соответствовать следующей формуле [5]:

$$f_{\text{н}} \leq [1/400]l,$$

где l – длина горизонтального пояса жесткости в полусекции опалубки, мм;

$[1/400]$ – максимально допустимая часть пролета элемента опалубки [5].

При диаметрах стволов от 5 до 9 м в опалубках с шестью полусекциями, в которых длина горизонтальных поясов жесткости 2600 – 4700 мм, допустимые прогибы будут в диапазонах 6,5 – 11,7 мм, что и является зоной их упругой деформации.

Так как конструкция механизмов отрыва 3 опалубки во время работы позволяет торцам секций с горизонтальными поясами жесткости 4 при их максимальном прогибе 11,7 мм перемещаться внутрь опалубки до 60 мм, то такая конструкция секций опалубки будет находиться в процессе отрыва от бетона крепи в зоне упругой деформации.

Таким образом можно рассчитать прочностные и жесткостные значения горизонтальных поясов жесткости в полусекциях опалубки и тем самым обеспечить их надежный отрыв от бетона крепи ствола и неизменяемость их проектной геометрии.

Выводы. Секционные опалубки с горизонтальными поясами жесткости позволяют:

- обеспечить отрыв формирующей оболочки от бетонной поверхности с наименьшими усилиями;
- отказаться от конической формы формирующей оболочки и уменьшить ее диаметр не менее чем на 100 мм;

- уменьшить объем бетонной массы для возведения крепи ствола;
- выполнить центровку и фиксацию опалубки перед укладкой бетонной массы за опалубку;
- сохранить проектные геометрические параметры палубы опалубки;
- увеличить срок использования опалубки при проходке глубоких стволов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булычев И. С. Крепь вертикальных стволов шахт / И. С. Булычев, Х. И. Абрамсон. – М.: Недра, 1978. – 300 с.
2. *Строительство* стволов шахт и рудников: справочник. – М.: Недра, 1991. – 350 с.
3. Миндели Э. О. Сооружение и углубка вертикальных стволов шахт / Э. О. Миндели, Р. А. Тюркян. – М.: Недра, 1982. – 312 с.
4. Малевич Н. А. Машины и комплексы оборудования для проходки вертикальных стволов / Н. А. Малевич. – М.: Недра, 1976. – 342 с.
5. *Несущие и ограждающие конструкции*: СНиП 3.03.01–87. – М.: Госстрой СССР, 1991. – 192 с.
6. Докукин О. С. Выбор конструкций узла отрыва от бетона стволовой металлической опалубки / О. С. Докукин, Л. С. Крastoшевский // *Шахтное строительство*. – 1984. – № 11. – С. 12 – 14.
7. Уманский Р. З. Совершенствование секционных опалубок для возведения крепи вертикальных стволов / Р. З. Уманский, В. Т. Сапронов, В. К. Джерин // *Уголь Украины*. – 2009. – № 12. – С. 28 – 32.