

УДК 622. 258.3

С.В. Басакевич

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УЗЛОВ КРЕПЛЕНИЯ БЕЗРАССТРЕЛЬНОЙ АРМИРОВКИ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛАХ

Семинар № 4

В настоящее время наиболее перспективным способом крепления жесткой армировки к крепи ствола является установка расстрелов и других элементов армировки на анкерах. В тоже время проблемным аспектом данной технологии является наличие отклонений в монолитной бетонной крепи ствола от проектных размеров. В этих условиях существующие технические решения требуют либо изготовления расстрелов индивидуальной длины для каждого яруса, либо использования промежуточных кронштейнов, усложняющих конструкцию армировки.

Существующие варианты крепления расстрелов анкерами представлены на рис. 1.

Вариант а) представляет собой комбинированное крепление расстрелов бетонированием в лунках и анкерами и применяется в сложных горно-геологических условиях при многослойной конструкции крепи и тп.

В варианте б) предусматривается использование специальных кронштейнов. Ярус армировки собирают на верхнем этаже полка и закрепляют с помощью регулируемых болтовых соединений или электросварки к опорным кронштейнам, предварительно прикрепленным к стенкам ствола анкерами с нижнего ряда полка. Опорные кронштейны выполняют

сварными или литыми. Такая технология монтажа обеспечивает возможность смещения расстрела при монтаже в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также радиально.

В варианте в) опорные кронштейны образуют анкеры, выполненные из толстостенных труб. Все остальные процессы аналогичны первому варианту.

В варианте г) изготовление расстрелов производится индивидуально для каждого яруса с учетом фактического отклонения крепи ствола от проектного. К торцам расстрелов привариваются опорные плиты с отверстиями для установки анкеров. В случае образования свободного пространства между опорной плитой и крепью ствола оно заливается бетоном.

В варианте д) концы расстрелов имеют раздвижные устройства, регулирующие их длину в зависимости от положения стенки ствола. Опорные плиты прижимаются к стенкам ствола анкерами.

В варианте е) отклонения стенок ствола от проектного положения компенсируются путем оставления зазора между опорной плитой и крепью. Анкера при этом устанавливаются через отверстия опорных плит после центровки расстрела и выполняют роль промежуточной консоли.

Как полагал практический опыт применения различных узлов анкер-

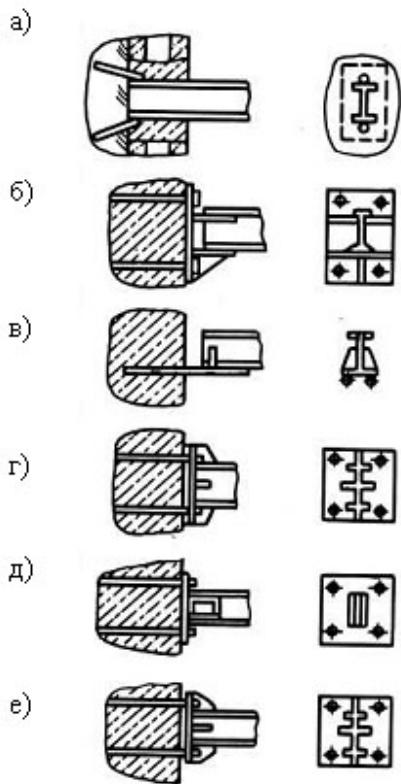


Рис. 1. Способы крепления расстрелов анкерами

и более равномерно распределить нагрузки на крепь ствола. Однако этот

способ отличается более высокой металлоемкостью узла крепления и трудоемкостью его монтажа.

На основании выше сказанного автором было выполнено сравнительное исследование способов крепления армировки на опорных кронштейнах и анкерах выдвинутых в ствол методом конечных элементов, при безрасстрельной конструкции несущего яруса в различном исполнении (табл. 1).

Геометрические размеры несущих элементов приняты для схемы К4 типовых сечений стволов Южгипрошахта [2].

В соответствии с действующими требованиями конструкция узла крепления должна позволять производить регулирование положения несущего элемента в радиальной плоскости в пределах 10 см. В первом случае это обеспечивается путем варьирования расстояния от опорной плиты, приваренной к несущему элементу, до стенки ствола; во втором изменяется положение несущего элемента относительно опорного кронштейна, установленного вплотную к крепи ствола на анкерах.

При проведении исследования были приняты следующие параметры поперечных сечений элементов конструкции армировки:

- консоли, горизонтальные и вертикальные распоры – коробчатое сечение из уголков 160x100x10 мм;

- анкера – толстостенная труба по ГОСТ 8734-75, диаметром 4 см, с толщиной стенки 1 см;

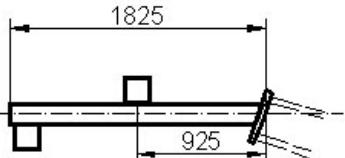
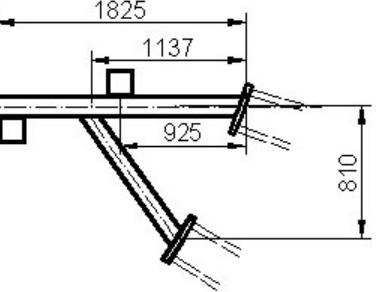
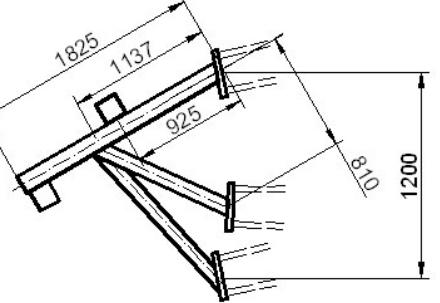
- опорные плиты с косынками, кронштейны – листовая сталь толщиной 2,0 - 3,5 см.

ного крепления, наиболее эффективным с точки зрения основных технико-экономических показателей является вариант е), использовавшийся при армировании ряда стволов угольных шахт Донбасса [1].

В то же время при применении безрасстрельных конструкций армировки рассмотренный способ не применяется в силу возможного снижения жесткости конструкции, и в целом научное обоснование способа крепления безрасстрельной армировки на анкерах выдвинутых в ствол отсутствует. В силу этого анкерное крепление безрасстрельной армировки в нашей стране осуществляется с помощью опорных кронштейнов (вариант б), рис. 1.), позволяющих повысить несущую способность армировки

Таблица 1

Геометрические параметры несущего элемента армировки при различном исполнении

Схема	Описание
	Консольное исполнение несущего элемента
	Консольно-распорное исполнение несущего элемента
	Блоочное исполнение несущего элемента

При выполнении расчетов модель загружалась динамическими нагрузками, передаваемыми подъемным сосудом, определяемыми согласно [3].

В результате расчета конечно-элементных моделей определялись все компоненты напряжений в рассмотренных элементах конструкции армировки, на основании которых вычислялись главные и эквивалентные напряжения согласно З теории прочности, широко используемой для металлов. Также путем анализа значений перемещений в узлах армировки, в месте крепления проводников, оце-

нивалась жесткость конструкции при различных параметрах.

Первоначально рассмотрена безрасстrelльная армировка в консольном исполнении при креплении на анкерах выдвинутых в ствол. При поведении исследования изменялся отступ опорной плиты от стенки ствола в пределах $t=0 - 11$ см.

Анализ результатов расчетов показал, что варьирование расстояния между опорной плитой и крепью ствола не оказывает существенного влияния на НДС в консоли, опорной плите и крепи ствола, однако изменя-

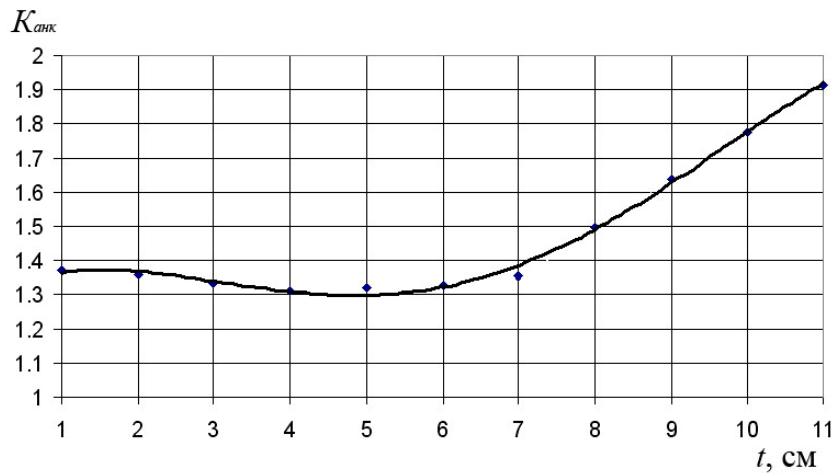


Рис. 2. Зависимость $K_{\text{анк}}$ от величины отступа опорной плиты от стенки ствола

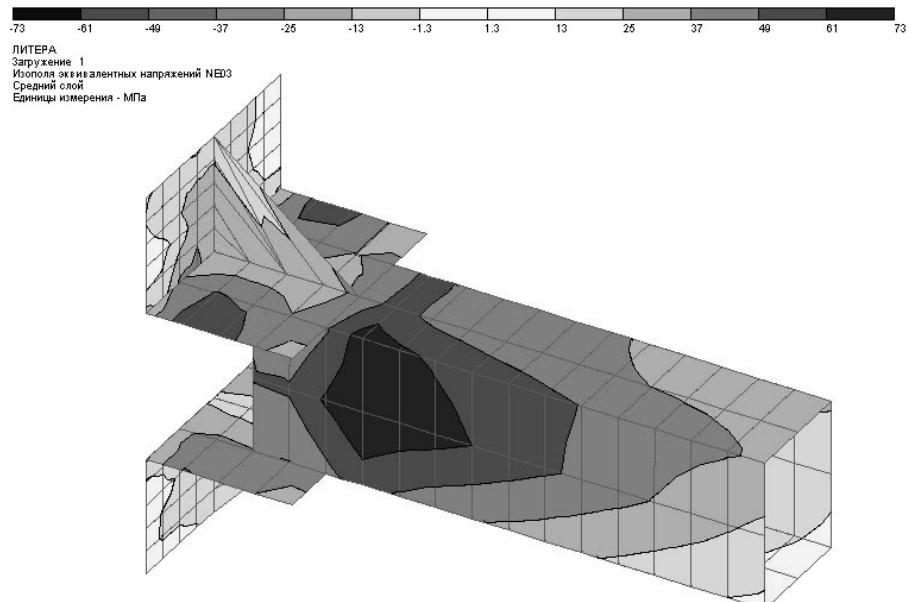


Рис. 3. Изополя эквивалентных напряжений в узле крепления консоли

ет картину распределения напряжений в анкерах. Ее оценка была произведена с помощью параметра $K_{\text{анк}}$, определяемого из выражения

$$K_{\text{анк}} = \frac{\sigma'_{\text{анк}}}{\sigma^0_{\text{анк}}},$$

где $\sigma^0_{\text{анк}}$ - максимальные эквивалентные напряжения в анкерах при установке опорной плиты вплотную к стенке ствола; $\sigma'_{\text{анк}}$ - максимальные эквивалентные напряжения в анкерах

при расстоянии t от опорной плиты до стенки ствола.

На рис. 2 представлен график зависимости $K_{ank}(t)$ для консольной армировки, полученный в результате аппроксимации определенных значений полиномиальной зависимостью (величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,996$) вида:

$$K_{ank} = -0,0003t^4 + 0,008t^3 - 0,056t^2 + 0,1196t + 1,2925$$

Из графика видно, что при изменении величины t с 5 до 11 см происходит увеличение напряжений в анкерах в 1,46 раза.

Количественный анализ значений напряжений в анкерах показывает, что при значении t более 7 - 9 см, величины эквивалентных напряжений в анкерах превышает соответствующие значения в консоли и опорной плите, в связи с чем именно они определяет область применения конструкции.

Также было установлено, что при величине $t = 10$ см наблюдается снижение жесткости конструкции в месте крепления проводника до 14-19 % в зависимости от ее геометрических размеров.

Анализ НДС армировки при втором варианте узла крепления (рис. 3.) при различном отступе конца консоли от стенки ствола показал, что изменение величины t в пределах 0 - 10 см не оказывает существенного влияния на НДС и жесткость конструкции при соблюдении следующих условий:

1. Область контакта консоли и плиты кронштейна при максимальной величине t должна быть не менее 10 - 12 см;

2. Отношение толщины плиты кронштейна к толщине сечения консоли должно быть более 2,2.

Аналогичные исследования были проведены при консольно-распорной

и блочной конструкциях армировки. Анализ НДС армировки показал, что при действии комплекса динамических нагрузок, передаваемых подъемным сосудом, наибольшие напряжения возникают узле крепления бокового распора (рис. 4), в связи с чем область применения конструкции определяется величиной максимальных эквивалентных напряжений в конечных элементах распора, опорной плите или анкерах этого узла.

Исследования первого варианта узлов крепления показали, что при величине $t = 10$ см, происходит снижение жесткости консольно-распорных и блочных конструкций в месте крепления проводника на 3-7 %. В целом при увеличении отступа опорных плит армировки от стенки ствола изменение напряжений анкерах происходит аналогично рис. 2. Количественный анализ показывает, что напряжения в анкерах узлов крепления консолей и вертикальных распоров не принимают максимальных величин даже при наибольших отступах опорных плит. В тоже время при значениях t более 8 - 9 см значения эквивалентных напряжений в анкерах бокового распора определяют область применения конструкции.

С учетом этого был исследован комбинированный вариант крепления консольно-распорной и блочной армировки, предусматривающий крепление консоли и вертикального распора на анкерах, выдвинутых в ствол, а бокового распора с помощью опорного кронштейна.

Полученные данные показали, что такое решение можно признать эффективным, т.к. при максимальном отступе консолей и распоров от стенки ствола не происходит снижения жесткости конструкции и уменьшения области ее определения при соблю-

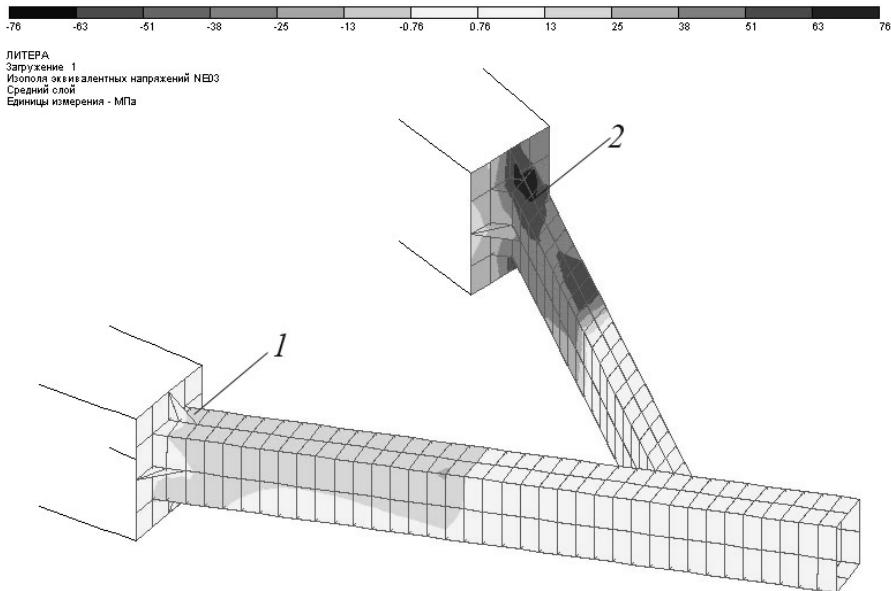


Рис. 4. Изополя эквивалентных напряжений в узлах крепления консольно-распорной армировки: 1 - узел крепления консоли; 2 - узел крепления бокового распора

дении требований, предъявляемых к опорному кронштейну, изложенных выше.

Таким образом, проведенные исследования показали, что одним из путей повышения технико-экономической эффективности безрасстрельной армировки может стать примене-

ние комбинированных узлов крепления. Наиболее нагруженный узел крепится на опорном кронштейне, а остальные с помощью анкеров выдвинутых в ствол. Это позволит на 30 - 40 % снизить металлоемкость конструкции и на 15-25 % уменьшить трудоемкость работ по ее возведению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ягодкин Ф.И., Мартыненко И.А., Сыркин П.С., Нечаенко В.И. Технология армирования вертикальных стволов шахт. Жесткая армировка: Учебное пособие, Новочерк. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: НГТУ, 1994. – 75 с.
2. Типовые материалы для проектирования 401 - 011 - 87 - 89. Сечения и армировка вертикальных стволов с жесткими проводниками / Харьков: Южгипрошахт, 1989.
3. Инструкция по проектированию и монтажу армировки вертикальных стволов шахт с креплением элементов армировки на анкерах РД. 12.18.089 – 90 / Харьков: ВНИИОМШС, 1990. – 83 с. ГИАБ

Коротко об авторе

Басакевич С.В. – инженер, главный механик Шахтинского института (филиала) Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института), г. Шахты.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 14 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. С.А. Гончаров.