УДК 622.257.5

А.А.УРМАЗОВ
Шахтинский институт
(*филиал*) *Южно-Российского*
государственного технического университета

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕЗРАССТРЕЛЬНОЙ АРМИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

Рассматривается компьютерное моделирование жестких армировок вертикальных стволов различной конструкции. Построены конечно-элементные модели типовых многорасстрельных армировок (на примере типовой схемы Южгипрошахта К-2), консольных схем, консольно-распорных и блочных схем армировки. Установлено, что безрасстрельные схемы армировки при значительном сокращении металлоемкости конструкции обеспечивают такую же или большую жесткость, чем типовые схемы. Определяются области применения и рациональные параметры безрасстрельных схем армировки, применяемых в клетевых и скиповых стволах с различной интенсивностью подъема.

The article studies computer modelling of hard reinforcement in vertical shafts of various constructions. End-element models of typical multi-braced reinforcement (on the example of the typical K-2 scheme by the Juzhhyproshakht design institute), console schemes, console-spacer and block schemes of reinforcement are built. As the result of the studies it was determined that non-braced schemes of reinforcement with considerable reduction of metallic components provide with the same and even higher hardness than the typical designs. Areas of application and rational parameters of non-braced schemes of reinforcement used in cage and skip shafts with different intensity of hoisting are determined.

В настоящее время при строительстве вертикальных стволов наибольшее распространение получила жесткая многорасстрельная армировка, которая в ряде случаев не соответствует современному уровню технологии строительства и эксплуатации шахт, поскольку обладает рядом существенных недостатков, к основным из которых относятся:

- большая трудоемкость изготовления, монтажа и антикоррозионной защиты;
- высокая металлоемкость (50-200 т на 100 м ствола);
- многодетальность (более 20 позиций монтажных элементов в одном ярусе);
- большое аэродинамическое сопротивление (30-50 % сопротивления всей сети);
- переменная податливость элементов по глубине.

Это приводит к тому, что при трудоемкости армирования в 6-10 раз меньшей, чем остальное сооружение ствола, затраты времени на армирование занимают иногда до 20 % от продолжительности строительства [1].

Одним из направлений усовершенствования схем и конструкций армировки с целью устранения указанных недостатков является создание безрасстрельных схем [4].

Для анализа эффективности применения существующих схем была построена и исследована конечно-элементная модель типовой армировки. В качестве исходной была принята схема К-2 из типового ряда сечений вертикальных стволов, разработанного Южгипрошахтом [3] (рис.1, *а*).

На модели (рис.1, *б*), включающей пять связанных между собой ярусов армировки, рассматривается нагружение среднего (третьего) яруса в момент передачи на него силовых воздействий от движущегося подъемного сосуда, кроме того, к модели приложена нагрузка от собственного веса армировки. В результате моделирования с помощью программно-вычислительного ком-

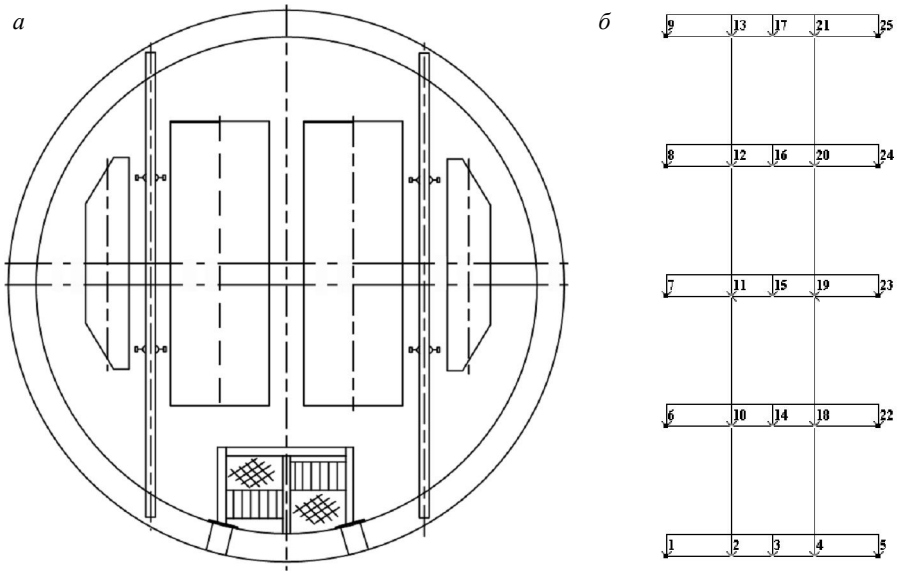


Рис.1. Типовая армировка: *а* – поперечное сечение ствола; *б* – конечно-элементная модель

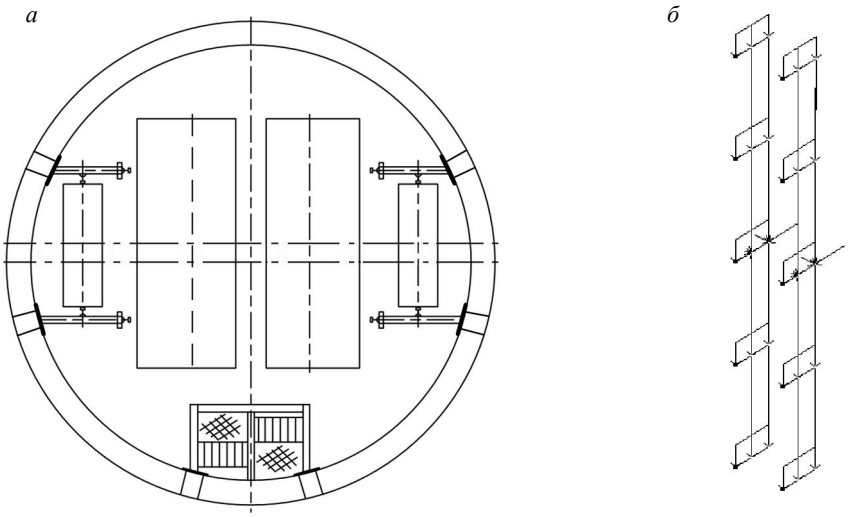


Рис.2. Консольная армировка: *а* – поперечное сечение ствола; *б* – конечно-элементная модель

плекса «Лира-Windows 8.0», реализующего метод конечных элементов, был произведен расчет смещений узлов, силовых факторов и напряжений в элементах и опорных реакций, возникающих под воздействием реальных нагрузок на армировку.

Для сравнения с типовой схемой и оценки жесткости безрасстрельных армировок были разработаны пространственные конечно-элементные модели консольной (рис.2), консольно-распорной (рис.3) и блочной П-образной армировки (рис.4).

В настоящее время наметилась тенденция к увеличению массы и скоростей подъемных сосудов. В связи с этим увеличиваются интенсивность подъема и действующие на армировку боковые и лобовые нагрузки [2]. Кроме того, при больших скоростях движения сосудов в результате отклонения проводников от вертикального положения и неточности стыков проводников увеличивается вертикальная составляющая нагрузки на армировку, которая при малой и средней интенсивностях подъема не учиты-

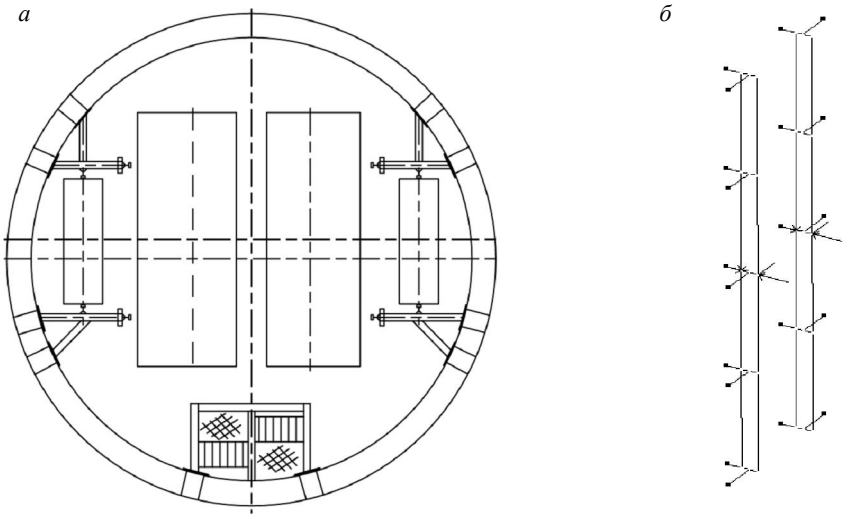


Рис.3. Консольная армировка: *а* – поперечное сечение ствола; *б* – конечно-элементная модель (нагрузка от собственного веса не показана)

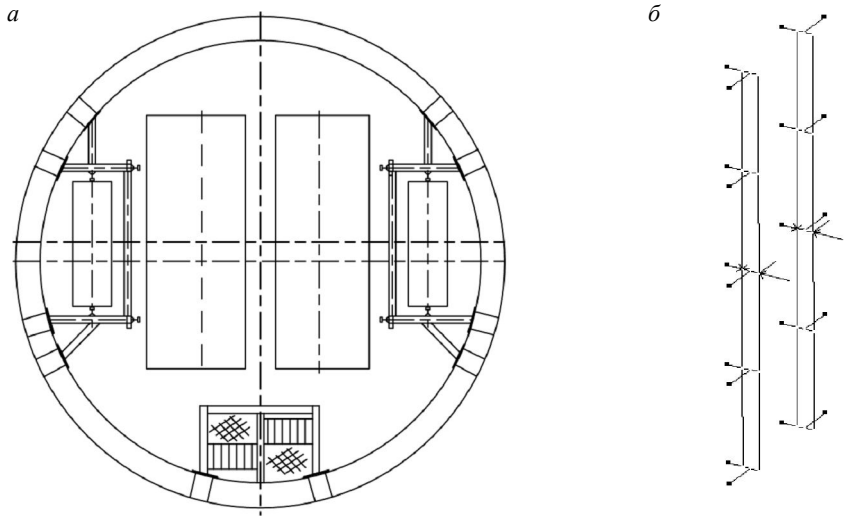


Рис.4. П-образная блочная армировка: *а* – поперечное сечение ствола; *б* – конечно-элементная модель

вается. Это приводит к необходимости проектирования армировок с распором не только в горизонтальной, но и вертикальной плоскости. Это требование обеспечивается применением блочных армировок П-образной или других форм.

Графическая интерпретация результатов расчета П-образной армировки приведена на рис.5.

Сравнение рассмотренных типовых и безрасстрельных схем армировки позволяет сделать следующие выводы:

- типовые многорасстрельные армировки с центральными или хордальными расстрелами имеют неоправданно завышенную металлоемкость, которая не всегда обеспечивает требуемую жесткость и несущую способность вследствие большой длины балок и возникающих вследствие этого высоких изгибающих моментов;
- конструкции, используемые для безрасстрельных схем, позволяют снизить металлоемкость конструкции: для консольных схем – на 16 %, для консольно-распорных –

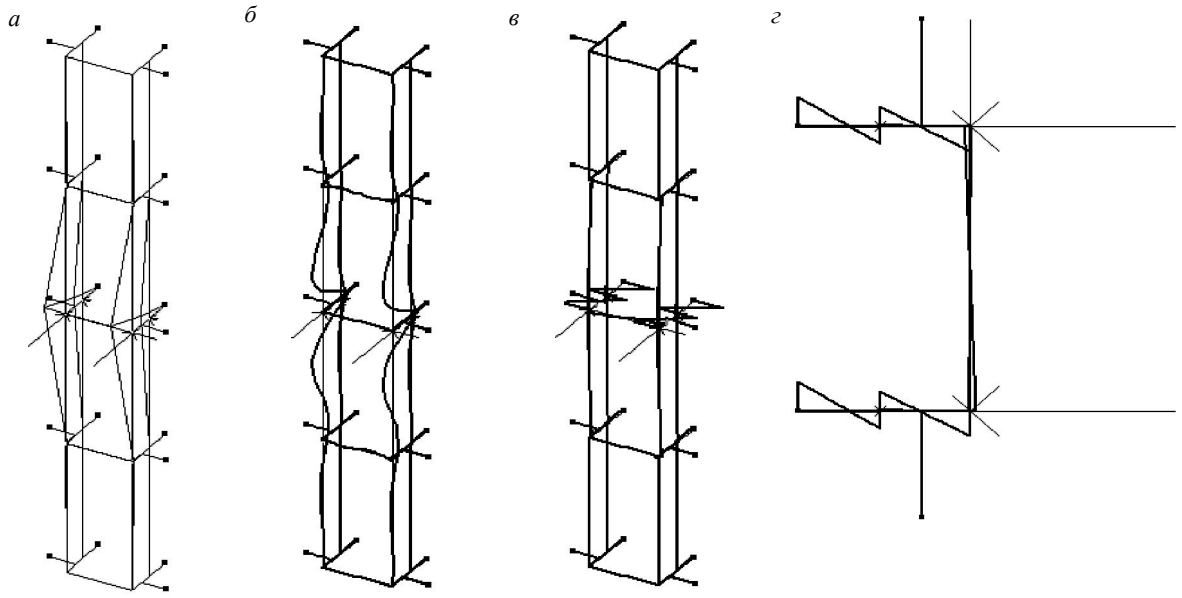


Рис.5. Графическая интерпретация результатов расчета П-образной блочной армировки:
а – совмещенные исходная и деформированная схема; *б* – эпюра моментов *My*; *в* – эпюра моментов *Mz* (аксонометрия); *г* – эпюра моментов *Mz* (план)

на 5 % (применительно к схеме К-2), при этом увеличить жесткость армировки и снизить величину изгибающих моментов, а следовательно и напряжений в конструкции, для проводников – на 20 %, для расстрелов – на 45 %;

- для более металлоемких типовых схем (К-3, К-4, К-5 и др.) снижение металлоемкости в результате внедрения безрасстрельных схем будет более существенным и составит: для консольных схем 27-37 %, для консольно-распорных – 21-31 % при сохранении или улучшении жесткостных характеристик армировки;
- применение консольных армировок ограничивается максимальной длиной консоли, которая может составлять 800-2200 мм (в зависимости от шага армировки) при невысокой интенсивности подъема (до 1,5 МДж) и 400-600 мм при интенсивности до 5 МДж;
- консольно-распорные конструкции армировки, отличающиеся значительно большей жесткостью в горизонтальной плоскости, могут использоваться в клетевых стволах с высокой интенсивностью подъема (5-10 МДж);
- П-образные консольно-распорные и блочные армировки (с вертикальными распорами) имеют перспективу применения в скиповых стволах, которые будут оснащаться большегрузными скипами (массой свыше 50 т) и рассчитываться на скорость движения 16 м/с (и выше), т.е. при интенсивности подъема 10-40 МДж.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Прокопов А.Ю.* Новые решения в проектировании жесткой армировки вертикальных стволов/ А.Ю.Прокопов, С.Г.Страданченко, М.С.Плешко // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион, 2005. 216 с.

2. *Прокопов А.Ю.* Современные требования к проектированию и направления совершенствования армировок шахтных стволов / Материалы международной научно-практической конференции «Уголь – Mining Technologies 2003», посвященной 60-летию ГОАО «Луганскгипрошахт». ДГМИ, Алчевск, 2003. С.140-148.

3. Типовые материалы для проектирования 401-011-87-89. Сечения и армировка вертикальных стволов с жесткими проводниками / Южгипрошахт. Харьков, 1989.

4. *Ягодкин Ф.И.* Анализ развития конструктивных и технологических решений жесткой армировки вертикальных стволов / Ф.И.Ягодкин, А.Ю.Прокопов, М.А.Мирошниченко // Горный информационно-аналитический бюллетень. № 10. М.: Изд-во МГГУ, 2004. С.235-238.

Научный руководитель к.т.н. доц. *А.Ю.Прокопов*