

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШАХТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КОПРА

*Третенков И.В., Такшеева Ю.Е.*

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург*

**Ключевые слова:** шахтный копер, железобетонный копер, подъемная установка, каркас копра, конструкция копра, фундамент, основание, бетон.

**Аннотация.** Обоснование оптимальных параметров железобетонного копра как инженерного сооружения, используемого для подъема полезного ископаемого, доставки оборудования, материалов и людей. Сооружение надшахтных зданий необходимо рассматривать с точки зрения конструктивной особенности и технологических требований к проектированию копров, которые в свою очередь должны обеспечить надежность эксплуатации сооружений в условиях значительных нагрузок при подъеме полезного ископаемого и воздействия агрессивных факторов окружающей среды. В работе особое внимание уделяется выбору рациональных геометрических размеров элементов конструкции, маркам бетона и арматурных сталей, методикам расчета прочности и устойчивости сооружения, включая расчеты несущей способности фундаментов. Оценивается надежность характеристик материалов, применяемых в условиях интенсивной производственной нагрузки и влияния климатических условий. Проанализированы методы проектирования и технологические решения строительства, позволяющего повысить экономичность, долговечность и безопасность эксплуатации железобетонных копров.

## JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE MINE REINFORCED CONCRETE HEADFRAME

*Tretenkov I.V., Taksheeva Yu.E.*

*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

**Keywords:** mine digger, reinforced concrete digger, lifting unit, headframe, headframe structure, foundation, base, concrete.

**Abstract.** Substantiation of optimal parameters of a reinforced concrete trench as an engineering structure used for lifting minerals, delivering equipment, materials and people. The construction of superstructure buildings should be considered primarily from the point of view of the design features and technological requirements for the design of hoists, which in turn should ensure the reliability of the operation of structures under conditions of significant loads during the lifting of minerals and the effects of aggressive environmental factors. Special attention is paid to the choice of rational geometric dimensions of structural elements, grades of concrete and reinforcing steels, methods for calculating the strength and stability of structures, including calculations of the bearing capacity of foundations. The reliability of the characteristics of materials used under conditions of intense production load and the influence of climatic conditions is evaluated. The methods of design and technological solutions of construction are analyzed, which makes it possible to increase the efficiency, durability and safety of operation of reinforced concrete structures.

### Введение

Постоянное развитие материально-технической базы горных предприятий ведет к совершенствованию процесса добычи, а именно – к расширению шахтного поля, увеличению грузоподъемности надшахтной установки и росту глубины, с которой производится выемка полезных ископаемых, с учетом экономической целесообразности и окупаемости. Технический прогресс и модернизация промышленности являются важнейшими и в свою очередь наиболее трудоемкими задачами.

Основной целью модернизации горного предприятия является повышение производительности подъема, добываемого полезного ископаемого, что в свою очередь ведет к модификации или техническому перевооружению. Данный процесс особенно характерен для разработки месторождений с большими глубинами, которые подразумевают применение более мощных и сложных подъемных установок, располагающихся в непосредственной близости от копра, либо на самом копре.

История развития подъемных механизмов начинается с использования примитивной конструкции в виде деревянного ворота с вертикально или горизонтально расположенным

барабаном, приводимым в движение физическим трудом людей или животных, а позже гидравлической энергией. Подъем осуществлялся с малыми скоростями, а сами баббы были небольшого объема.

Появление паровой машины ознаменовало прогресс техники, что дало большой толчок к развитию горнорудной промышленности и в особенности решения вопросов увеличения скорости и глубины подъема, повлияв на сроки и объемы добычи.

В Советском Союзе многоканатные подъемные установки начали проектировать и возводить несколько позднее, чем в других странах. Первый башенный копер круглого сечения для многоканатного подъема был сооружен в Донбассе в 1958 году на вентиляционном стволе шахты 5/6 им. Калинина в г. Донецке. Он представляет собой 16-гранную башню из сборных бетонных блоков. Из монолитного железобетона впервые был построен в 1959 году на шахте «Ново-Центральная» [1].

Проектированием надшахтных сооружений многоканатного подъема прямоугольного сечения занимался институт Южгипрошахт, в свою очередь круглого сечения разрабатывал Донецкгипрошахт. Копры прямоугольного сечения позволяют больше использовать полезную площадь сооружения по сравнению с круглым, но требуют существенной затраты труда на их возведение [2].

Первым вариантом был металлический каркас с панельными стенами из бетона, но в связи с ростом стоимости металлический конструкций сооружение копров из железобетона стало более экономичным и распространенным [3].

Активное строительство башенных копров являлось следствием перехода к многоканатным подъемным установкам. Они имеют малые размеры, что делает возможным их установку непосредственно над стволом шахты, тем самым значительно сокращая объем строительных работ и стоимость всей установки в целом. При такой установке подъемной машины условия работы копра значительно улучшаются, так как отсутствуют горизонтальные силы от натяжения канатов при расположении машин на земле, отпадает необходимость в укосине и устройстве специальных массивных фундаментов под подъемную машину. Многоканатные установки безопаснее одноканатных и, главное, они решают проблему подъема тяжелых грузов с больших глубин, где другие системы почти неприменимы [4].

Тем не менее опыт строительства и эксплуатации башенных копров выявил следующие недостатки – высокая трудоемкость возведения, сложность организации освещения, отопления и создания микроклимата, и многие другие.

В конструктивном отношении башенные копры из монолитного железобетона представляют собой тонкостенную призматическую оболочку толщиной 20-30 см, которая вместе с внутренними стенами образует основную несущую конструкцию (Руководство по строительству башенных копров над действующими шахтными стволами, 1975).

Ребристые междуэтажные конструкции, также выполненные из монолитного железобетона, служат горизонтальными диафрагмами жесткости, обеспечивающими продольную устойчивость конструкции.

Размеры копра в плане зависят от числа подъёмных сосудов, их габаритов и размещения в стволе. Высота копра больше всего определяется назначением ствола (главный, вспомогательный), типом подъёмных сосудов (скип, клеть), а также числом и габаритами многоканатных машин [5]. Использование машин большого ряда, как правило, сопровождается применением отклоняющих шкивов, ведущих к увеличению высоты копра. Высота копров для скиповых и скипоклетевых подъёмов обычно составляет от 75 до 120 м, а для клетевых от 30 до 75 м. Копры проектируют обычно размерами в плане 18×18, 18×21, 21×21, или 21×24 м (Руководство по расчету оснований башенных копров, 1969).

Фундаменты башенных копров проектировались монолитными железобетонными; в отдельных случаях, при соответствующем технико-экономическом обосновании, могли быть сборными. Марку бетона принимали по расчету, но не менее 150. Фундаменты для башен с несущими стенами – ленточные, коробчатые и плитные. При этом подземную часть стен

проектировали в створе с надземными, с целью возведения их в одной и той же скользящей опалубке; Для каркасных башен – лестничные, столбчатые, плитные [6]. При неблагоприятных инженерно-геологических условиях (просадочные грунты, плывуны и т. д.) предусматривались искусственные основания или фундаменты глубокого заложения (Руководство по строительству зданий и сооружений шахтной поверхности предприятий по добыче полезных ископаемых: (Правила производства работ), 1971).

По высоте башенные копры (рис. 1) состоят из трех зон, в зависимости от технологического назначения.

Первая (снизу) – помещения для смены подъемных сосудов и при наличии свободных площадей – для размещения в них устройств и оборудования шахтной поверхности различного назначения [7]. В нижней части копра как правило размещают оборудования калориферных и установок кондиционирования воздуха, так как при этом обеспечивается невозможность отключения ствола от вентиляторной установки противопожарными лядами, а на нулевой отметке располагают оборудование обмена и разгрузки вагонеток [8].

Вторая зона – помещения технологического комплекса (приемка, аккумуляция и обработка ископаемого). Для более эффективного использования свободных площадей и объемов башенных копров размещают в них, в зависимости от конкретных условий, вспомогательные помещения шахтной поверхности и оборудование (мастерские электрослесарей, мастерские для регулировки приборов, кладовые, помещения механика подъема, диспетчера, склады мелкого оборудования и колодок, роторных сопротивлений и инвентаря, электроподстанции и электропункты, помещения водонапорных и накопительных баков, и др.) [9].

Третья зона – помещения для подъемных машин. На верхней части копра располагается машинный зал многоканатных подъемных машин, который оборудован мостовым краном грузоподъемностью от 15 до 75 тонн, устанавливаемым на сборные железобетонные подкрановые балки. Кран предназначен для монтажа оборудования, а также может быть использован при ремонтных работах [10].

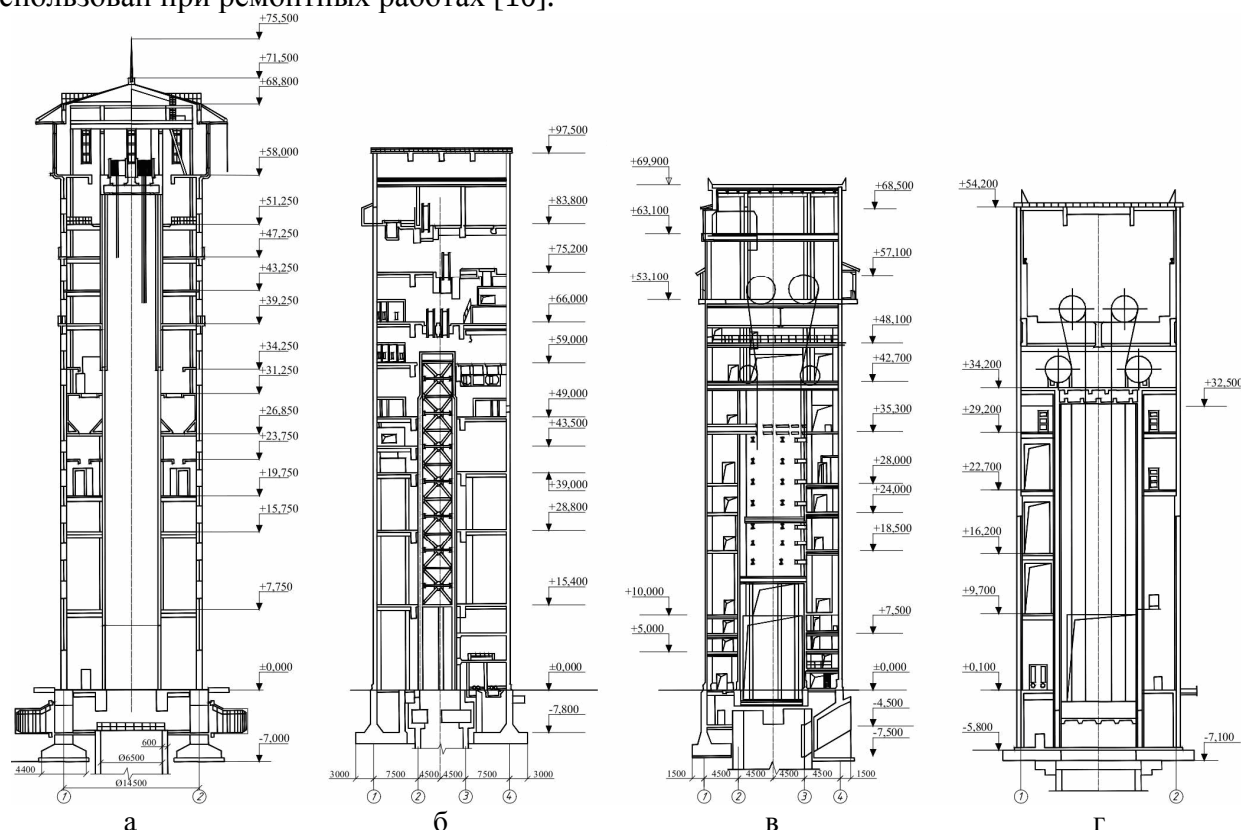


Рис. 1. Разрез копров: а) копер шахты «Ясиновская-Глубокая», б) копер конструкции ДонецкПромСтройНИИПроект (без внутренних стен), в) копер конструкции ДонецкПромСтройНИИПроект (с внутренними стенами), г) копер шахты «Южно-Донбасская» №1

## Методы исследований и натурные данные

В рамках настоящего исследования проведем детальный анализ конструкций фундаментов и последующих элементов железобетонного башенного копра, а также сравнительный анализ ряда надшахтных сооружений, разработанных различными научно-исследовательскими институтами по трем вышеперечисленным зонам. Данный подход позволит систематизировать данные, что способствует выявлению ключевых особенностей и технических решений, применяемых в проектировании и строительстве объектов, а также станет возможным определение их эффективности и соответствие современным требованиям инженерной практики.

## Результаты и обсуждение

Рассмотрим первую зону железобетонных копров, которая включает в себя основание (рис. 2) и нулевую площадку (рис. 3). Характеристики разрезов и сечений собраны в таблицу 1.

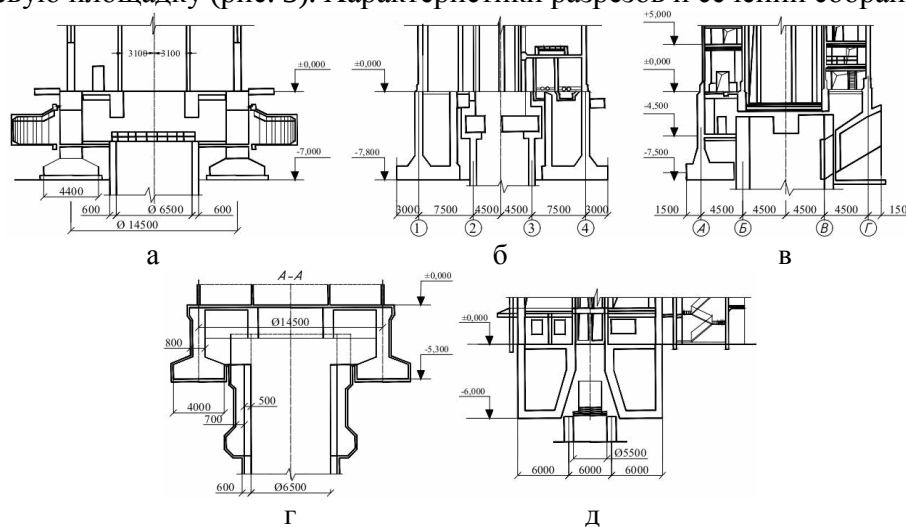


Рис. 2. Разрезы основания копров: а) копер шахты «Ясиновская-Глубокая», б) копер конструкции ДонецкПромСтройНИИПроект (без внутренних стен), в) копер конструкции ДонецкПромСтройНИИПроект (с внутренними стенами), г) копер шахты «Ново-Центральная», д) копер конструкции Южгипрошахта

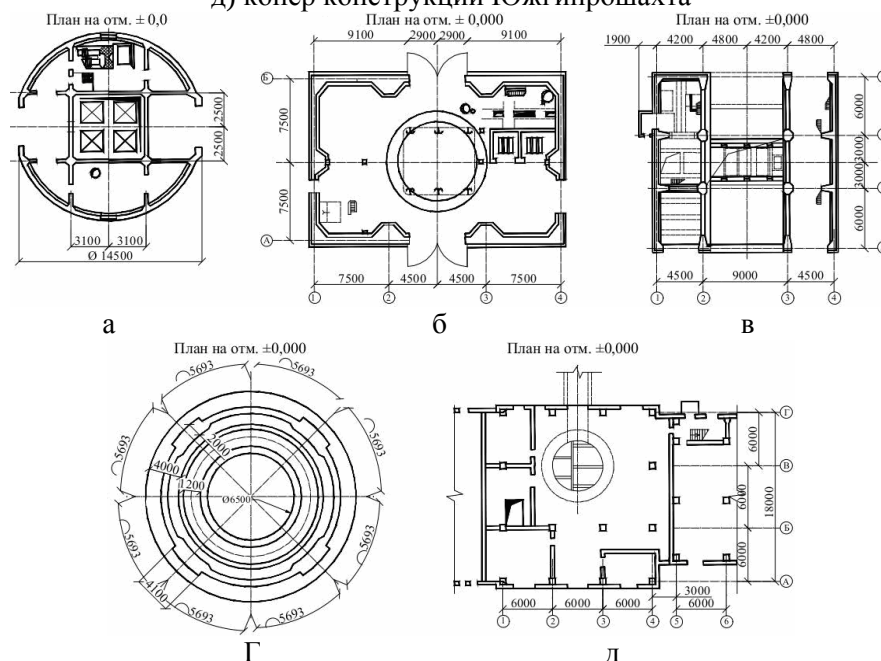


Рис. 3. Сечение копров на отметке 0,000: а) копер шахты «Ясиновская-Глубокая», б) копер конструкции ДонецкПромСтройНИИПроект (без внутренних стен), в) копер конструкции ДонецкПромСтройНИИПроект (с внутренними стенами), г) копер шахты «Ново-Центральная», д) Копер конструкции Южгипрошахта

Табл. 1. Характеристика первой зоны копров

| № | Диаметр ствола, м | Форма копра              | Размеры в плане                                    | Высота копра, м | Форма фундамента копра                | Марка бетона фундамента | Подземная часть копра | Толщина стен фундамента, мм |         |
|---|-------------------|--------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------|
|   |                   |                          |                                                    |                 |                                       |                         |                       | по верху                    | по низу |
| 1 | 6,5               | Цилиндрическая           | 14,5 м                                             | 72              | кольцевой                             | -                       | Конической формы      | 800                         | 1600    |
| 2 | 5,5               | Шестнадцатигранная башня | До пола машинного зала – 9,5 м; машинный зал – 11м | 40,6            | кольцевой                             | M200                    |                       | 700                         | 1800    |
| 3 | 5,5               | Прямоугольная            | 12 м                                               | 51,6            | коробчатый                            | M200                    |                       | 510                         | 1000    |
| 4 | 6,5               | Цилиндрическая           | 14,5 м                                             | 71,5            |                                       | M200                    |                       | 800                         | 4000    |
| 5 |                   | Прямоугольная            | 18 м                                               | 54,2            | Фундаментная плита                    | M150                    |                       | 600                         | 800     |
| 6 |                   | Прямоугольная            | 31x15 м                                            | 69,2            | 4 обособленных фундамента из ж/б плит | M450                    |                       | 500                         | 700     |

Примечание: №№: 1 – башенный железобетонный копр; 2 – шахта «Ясиновская-Глубокая» (рис. 2, а; рис. 3, а); 3 – шахта № 5/6 им. Калинина; 4 – башенный копер конструкции Южгипрошахта (рис. 2, д; рис. 3, д); 5 – башенный копер на шахте «Ново-Центральная» конструкции ДонецкПромстройНИИПроект (рис. 2, г; рис. 3, г); 6 – башенный копер шахты «Южно-Донбасская» №1; 7 – башенный железобетонный копер на шахте «Анна-1» (ФРГ)

Из данных, выведенных в таблицу 1, следует, что марка бетона фундамента, независимо от его конфигурации, соответствует установленным стандартам и находится в пределах регламентированного диапазона значений (не менее M150). Геометрическая конфигурация основания копра не оказывает влияния на эксплуатационные характеристики надшахтного сооружения, но применение кольцевой и плитных форм фундамента вызывают значительное увеличение толщины стеновых элементов фундамента в нижней части и незначительное увеличение в верхней части.

Основание копра может быть выполнено из любого материала, при условии, что оно соответствует результатам прочностного расчета, но при выборе кольцевого или плитного типа фундамента устье получается массивным, что вызывает перерасход материала и увеличение деформаций поверхности [11].

Рассмотрим вторую зону копров (рис. 4) и также проанализируем данные (табл. 2).

Данные таблицы 2 свидетельствуют об отсутствии корреляции между увеличением высоты надшахтного строения и толщиной его стен. С увеличением диаметра ствола и соответственно размера копра в плане, толщина внутренних перегородок возрастает прямо пропорционально используемой марке бетона. Толщина внешних стен копра несмотря на конструктивные отличия имеет примерно одинаковые значения и составляет в среднем 400 миллиметров.

Третья зона копров представлена на рисунке 5, данные систематизированы в таблице 3.

Из данных таблицы 3 следует, что в копрах используются многоканатные подъемные машины, и с увеличением высоты надшахтного здания их количество возрастает. Это объясняется увеличением глубины добычи, мощности предприятия и объема, выдаваемого полезного ископаемого, на-гора. Также во всех конструкциях присутствуют грузоподъемные лифты.

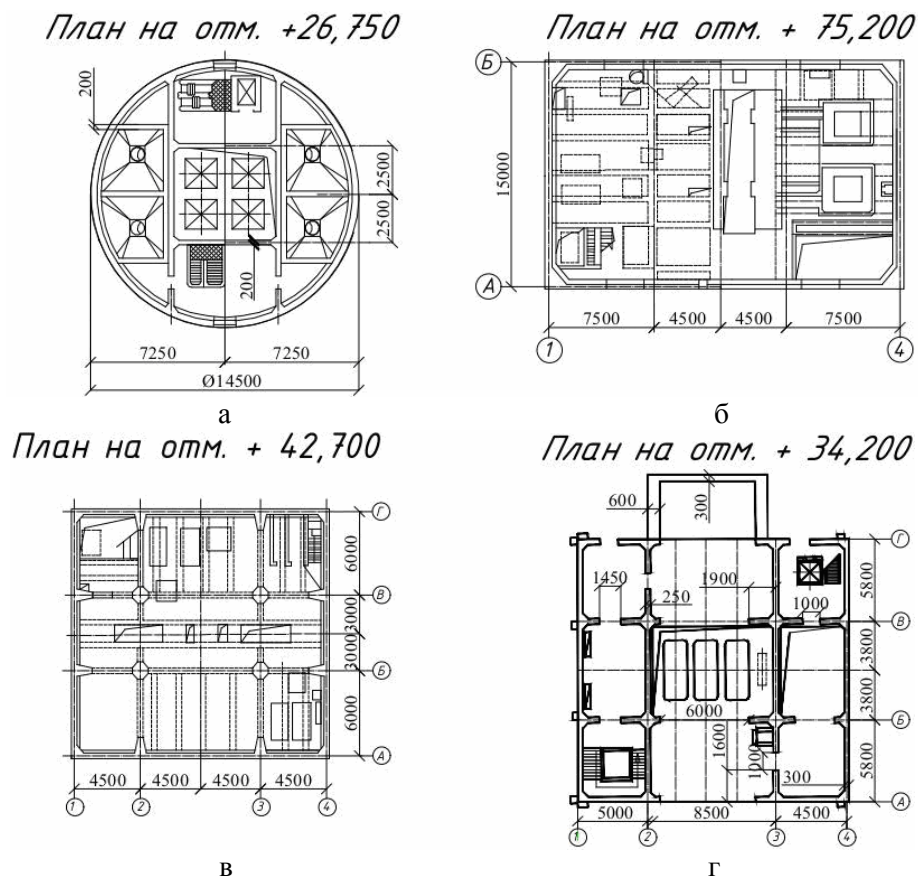


Рис. 4. Сечение копров на рабочих отметках: а) Копер шахты «Ясиновская-Глубокая», б) Копер конструкции ДонецкПромСтройНИИПроект (без внутренних стен), в) Копер конструкции ДонецкПромСтройНИИПроект (с внутренними стенами), г) Копер шахты «Южно-Донбасская» №1

Табл. 2. Характеристика второй зоны копров

| № | Диаметр ствола, м | Форма копра              | Размеры в плане | Высота копра, м | Толщина внутренних стен, мм | Толщина внешних стен                          | Марка бетона стен |
|---|-------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|-------------------|
| 1 | 6,5               | Цилиндрическая           | 14,5 м          | 72              | 200                         | 200 мм + утепление пенобетонными плитами      | M200              |
| 2 | 5,5               | Шестнадцатигранная башня | 9,5 м<br>11,5 м | 40,6            | 100-150                     | 400 мм                                        | M200              |
| 3 | 5,5               | Прямоугольная            | 12 м            | 51,6            |                             |                                               |                   |
| 4 | 6,5               | Цилиндрическая           | 14,5 м          | 71,5            | 200                         | 200 мм+150 мм утепление пенобетонными плитами | M200              |
| 5 |                   | Прямоугольная            | 18 м            | 54,2            | 250                         | 300 мм+100 мм утепление пенобетонными плитами | M200              |
| 6 |                   | Прямоугольная            | 31x15 м         | 69,2            | 300-350                     | 200-250 мм                                    | M300              |

Примечание: №№: 1 – шахта «Ясиновская-Глубокая» (рис. 4, а); 2 – шахта № 5/6 им. Калинина; 3 – башенный копер конструкции Южгипрошахта; 4 – башенный копер на шахте «Ново-Центральная» конструкции ДонецкПромстройНИИПроект; 5 – башенный копер шахты «Южно-Донбасская» №1 (рис. 4, г); 6 – башенный железобетонный копер на шахте «Анна-1» (ФРГ)

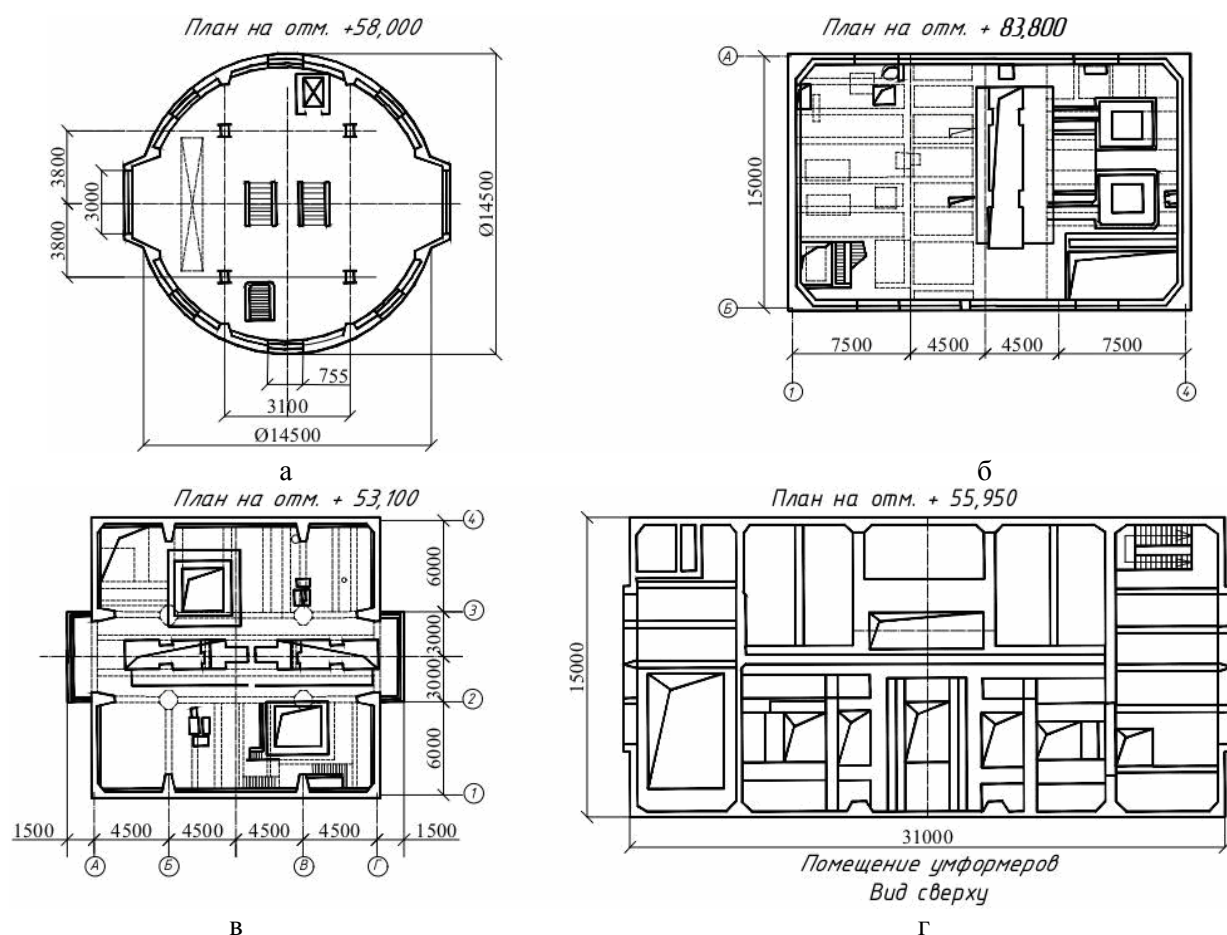


Рис. 5. Сечение копров на отметке подшивной площадки: а) Копер шахты «Ясиновская-Глубокая», б) Копер конструкции ДонецкПромСтройНИИПроект(без внутренних стен), в) Копер конструкции ДонецкПромСтройНИИПроект(с внутренними стенами), г) Копер на шахте «Анна-1» (ФРГ)

Табл. 3. Характеристика третьей зоны копров

| № | Диаметр ствола | Форма копра              | Размеры в плане           | Высота копра, м | Подъемная машина                        | Количество подъемных машин | Высотная отметка установки подъемной машины | Наличие лифтового отделения  |
|---|----------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|
| 1 | 6,5 м          | Цилиндрическая           | 14,5 м                    | 72              | М-2,1Х4                                 | 2                          | +58,0                                       | Да, грузо-людской            |
| 2 | 5,5 м          | Шестнадцатигранная башня | 9,5 м; машинный зал – 11м | 40,6            | МК-1,7Х6                                | 2                          | +32,5                                       | Да                           |
| 3 | 5,5 м          | Прямоугольная            | 12 м                      | 51,6            | -                                       | 1                          | +37,8                                       | Да, грузо-людской            |
| 4 | 6,5 м          | Цилиндрическая           | 14,5 м                    | 71,5            | МК-3,5Х4                                | 2                          | +53,1                                       | Да, грузо-людской            |
| 5 |                | Прямоугольная            | 18 м                      | 54,2            | -                                       | 1                          | +41,9                                       | Да, грузо-людской            |
| 6 |                | Прямоугольная            | 31х 15 м                  | 69,2            | Машины фирмы «Демаг» и машины фирмы GHH | 2                          | +55,95                                      | Да, подъемник для материалов |

Примечание: №№: 1 – шахта «Ясиновская-Глубокая» (рис. 5, а); 2 – шахта № 5/6 им. Калинина; 3 – башенный копер конструкции Южгипрошахта; 4 – башенный копер на шахте «Ново-Центральная» конструкции ДонецкПромстройНИИПроект); 5 – башенный копер шахты «Южно-Донбасская» №1; 6 – башенный железобетонный копер на шахте «Анна-1» (ФРГ) (рис. 5, г).

## Заключение

Сравнительный анализ данных, проведенных по рассматриваемым железобетонным копрам, позволил выявить следующее.

Согласно проведенного анализа фундаментной части железобетонных копров, нами были выявлены недостатки: крен, неустойчивость, большая глубина заложения, возможного воздействия на устье шахтного ствола и его деформирования. В связи с этим нами в дальнейшем предполагается рассмотреть новые типы фундаментов согласно требованиям к фундаментным конструкциям в действующих нормативных источниках.

В средних участках сечений ствольной копра было выявлено: сложность узлов соединения и монтажа жесткого соединения расстрелов с вертикальными элементами копра и передачи на него нагрузок от движения сосудов. При пуске и остановке подъемных механизмов возникают значительные динамические нагрузки, передающиеся по всей поверхности ядровой части копра, что усложняет расчеты и требует дополнительного запаса прочности, как следствие, вызвав увеличение толщины стен, перекрытий и других конструктивных элементов, приводящих к дополнительному расходу материалов.

Расположение подъемных сосудов оказывает прямое влияние на размещение подъемной машины. В ряде случаев невозможно расположить машины на одном перекрытии.

Установка многоканатной подъемной машины требует дополнительного машинного зала и увеличения высоты копра на 5-7 метров, что негативно сказывается на восприятии конструкцией копра внешних и внутренних нагрузок.

## Список литературы

1. Андреев В.Е. Проектирование, строительство и эксплуатация башенных копров. – М.: Недра, 1970. – 240 с.
2. Кассихина Е.Г., Бутрим Н.О. Совершенствование способа опирания стальных укосных копров // Уголь. – 2020. – № 1. – С. 51-54. – doi.org/10.18796/0041-5790-2020-1-51-54.
3. Кассихина Е.Г., Александров И.А. Расчёт параметров укосины копра многофункционального назначения // Россия молодая: труды XVI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием. – Кемерово: КузГТУ, 2024. – С. 10401.1-10401.9.
4. Королёв Р.И., Уразов Д.В. Обоснование компоновочной схемы надшахтного комплекса высокопроизводительного скипового подъема // Горная механика и машиностроение. – 2024. – № 4. – С. 45-58.
5. Русских А.Г. Практические аспекты обследования надшахтных копров // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 9(51), Ч. 4. – С. 17-20. – doi.org/10.18454/IRJ.2016.51.103.
6. Прокопов А.Ю., Шевченко Р.Ю., Прокопова М.В. Обоснование параметров фундаментов копров и надшахтных зданий с учетом взаимодействия с вертикальными шахтными стволами // Строительство и архитектура – 2022: материалы международной научно-практической конференции факультета промышленного и гражданского строительства. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2022. – С. 151-153.
7. Царев Р.И., Тарасов В.В., Жуков А.А., Пригара А.М. Опыт применения георадара при обследовании оснований надшахтных зданий калийных рудников // Геотехника. – 2021. – Т. XIII, № 4. – С. 80–91. – doi.org/10.25296/2221-5514-2021-13-4-80-91.
8. Бровман Я.В. Надшахтные копры (Проектирование, расчет и конструкция). – М.: Госгортехиздат, 1961. – 239 с.
9. Тарасов В.В., Пестрикова В.С., Русаков М.И. Жизненные циклы комплекса сооружений шахтных стволов Верхнекамского месторождения. – Новосибирск: Наука, 2021. – 230 с.
10. Кассихина Е.Г., Першин В., Бутрим Н. Особенности монтажа стального укосного копра многофункционального назначения // Уголь. – 2012. – № 7. – С. 34-37.
11. Кассихина Е.Г. Новая конструктивная форма надшахтного копра многофункционального назначения // Горный журнал. – 2017. – № 8. – С. 56-60. –doi.org/10.17580/gzh.2017.08.10

## References

1. Andreev V.E. Design, construction and operation of tower copers. – M.: Nedra, 1970. – 240 p.
2. Kassikhina E.G., Butrim N.O. Improving the method of supporting steel sloping copers // Coal. 2020, no. 1, pp. 51-54. doi.org/10.18796/0041-5790-2020-1-51-54.
3. Kassikhina E.G., Alexandrov I.A. Calculation of the parameters of a multifunctional copra mower // Young Russia: proceedings of the XVI All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists with International Participation. – Kemerovo: KuzSTU, 2024. – P. 10401.1-10401.9.
4. Korolev R.I., Urazov D.V. Substantiation of the layout scheme of the superstructure complex of high-performance skip lifting // Mining mechanics and mechanical engineering. 2024, no. 4, pp. 45-58.

5. Russkikh A.G. Practical aspects of inspection of over-watch mines // International Scientific Research Journal. 2016, no. 9(51), part 4, pp. 17-20. doi.org/10.18454/IRJ.2016.51.103.
6. Prokopov A.Yu., Shevchenko R.Yu., Prokopova M.V. Substantiation of the parameters of the foundations of copers and superstructure buildings, taking into account interaction with vertical shaft shafts // Construction and Architecture – 2022: proceedings of the international scientific and practical conference of the Faculty of Industrial and Civil Engineering. – Rostov-on-Don, DSTU, 2022. – P. 151-153.
7. Tsarev R.I., Tarasov V.V., Zhukov A.A., Prigara A.M. The experience of using ground-penetrating radar during the inspection of the bases of above-ground buildings of potash mines // Geotechnics. 2021, vol. XIII, no. 4, pp. 80-91. doi.org/10.25296/2221-5514-2021-13-4-80-91.
8. Brovman Ya.V. Over-the-range cranes (Design, calculation and construction). – M.: Gosgortehizdat, 1961. – 239 p.
9. Tarasov V.V., Pestrikova V.S., Rusakov M.I. Life cycles of the complex of structures of the Verkhnekamskoye mine shafts. – Novosibirsk: Science, 2021. – 230 p.
10. Kassikhina E.G., Pershin V., Butrim N. Features of installation of a steel sloping copra for multifunctional purposes // Coal. 2012, no. 7, pp. 34-37.
11. Kassikhina E.G. A new constructive form of a superstructure for multifunctional purposes // Mining Journal. 2017, no. 8, pp. 56-60. doi.org/10.17580/gzh.2017.08.10.

*Сведения об авторах:*

**Третенков Игорь Викторович** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры Строительства горных предприятий и подземных сооружений

**Такшеева Юлия Евгеньевна** – студент

ju.taksh@yandex.ru

*Information about authors:*

**Tretenkov Igor Viktorovich** – candidate of geological and mineral sciences, associate professor of the Department of construction of mining enterprises and underground structures

**Taksheeva Yulia Evgenievna** – student

*Получена 08.10.2025*