

УДК 622.014.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАШЕННОГО КОПРА ШАХТЫ «ЧЕРЕМУХОВСКАЯ-ГЛУБОКАЯ» ОАО «СЕВУРАЛБОКСИТРУДА»

Б. А. БУЙНОВ¹, главный конструктор строительного сектора, mail@ugruda.ru

¹ ОАО «Институт «Уралгипроруда», Екатеринбург, Россия

В апреле 2015 г. был введен в эксплуатацию 1-й пусковой комплекс шахты «Черемуховская-Глубокая» ОАО «Севералбокситруда» с башенным копром скипоклетевого подъема, спроектированного ОАО «Институт «Уралгипроруда» (рис. 1).

Общее техническое руководство проектированием объекта выполнял главный инженер проекта В. И. Пырклов, руководство проектированием конструктивной части проекта осуществлял главный конструктор Б. А. Буйнов, архитектурной части — главный архитектор С. В. Кириллов.

Строительство копра выполнялось силами СУ «СУБРстрой» ОАО «Севералбокситруда». Руководил строительством копра энергичный и талантливый инженер Р. Ю. Лушников, к сожалению, трагически погибший во время строительства.

Башенный копер оснащен двумя скиповыми многоканатными машинами, установленными на отм. +66,3 м и одной клетевой многоканатной машиной, оборудованной на отм. +74,9 м. На отм. 83 м установлен мостовой кран грузоподъемностью 60 т. Для приема руды и породы на отм. 26,1 м смонтированы два бункера вместимостью 145 м³ каждый. Габаритные размеры копра по наружным стенам 21,9×21,9 м, высота 90 м. Толщина стен выше отм. 0 м — 300 мм.

Конструктивно башенный копер выполнен в стеновой конструктивной системе с перекрестными несущими стенами из монолитного железобетона. Шаг стен 6+9+6 в обоих направлениях. Сооружение опирается ростверком на четыре сваи диаметром 3,2 м, длиной 20–26 м, расположенные по наружным углам копра. Шурфы под сваи выполняли проходческим способом. Ростверк высотой 7,5 м сооружен с перекрестными несущими стенами толщиной 600 мм.

Для бетонирования стен копра применяли тяжелый бетон класса В25, для армирования стен и перекрытий — арматуру А500СП по ТУ 14-1-5526-2006 с расчетным сопротивлением 450 МПа. Армирование ростверка ниже отм. 0 м выполняли одиночными стержнями. Армирование стен с отм. 0 м до отм. 15,8 м осуществляли плоскими сварными сетками с дополнительным армированием отдельными стержнями в необходимых местах. Плоские сетки на месте установки объединяли в объемный каркас. Выше отм. 15,8 м армирование стен выполняли объемными сварными каркасами высотой 3 м и длиной до 8,2 м (на шаг стен).

Приведена информация по проектным техническим решениям, принятым при строительстве копра шахты «Черемуховская-Глубокая» ОАО «Севералбокситруда». Отличительной особенностью проектирования строительной части объекта является использование программных продуктов САПР ArchiCAD и др. с построением 3D-модели копра. Это позволило проектировщикам принять рациональные объемно-планировочные решения и увязать инженерные коммуникации, особенно в части вентиляционного оборудования.

Ключевые слова: ОАО «Севералбокситруда», строительство копра, несущие конструкции, самоподъемная опалубка, армировка, бетонирование, трехмерное моделирование, расчеты.

DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.07.13

Сетки и каркасы изготавливали на заводе «Металлист» СУБРа, что обеспечило достаточную точность при их установке на место.

Монолитные железобетонные плиты перекрытий армировали одиночными стержнями на вязке. Плиты междуэтажных перекрытий опираются на металлические балки. Основная масса балок крепится к вертикальным закладным деталям стен. Для балок с большими опорными реакциями было предусмотрено опирание в гнезда стен.

Бетонирование стен ростверка выполняли с применением крупнощитовой опалубки [1, 2].

Возведение монолитных железобетонных стен выше отм. 0 м осуществляли в разработанной специалистами института самоподъемной опалубке, ранее апробированной при строительстве башенных копров объединения «Уралзолото» в г. Березовский и шахты «Ново-Кальинская» СУБРа. Механизмами подъема опалубки являлись одноцилиндровые гидродомкраты ГДО-10, автоматически перемещающиеся по домкратным стержням и поднимающие опалубку по мере возведения стен башенного копра. Грузоподъемность домкратов — до 10 т. Диаметр домкратных стержней 32 мм.

Конструкция опалубки разработана с учетом выполнения работ в двух режимах:

- методом непрерывного бетонирования в скользящем режиме;
- методом поярусного бетонирования на высоту 1 м с последующим горизонтальным отрывом щитов опалубки от стен отрывными устройствами и вертикальным перемещением опалубки до следующего яруса бетонирования.

При возведении данного копра применяли метод поярусного бетонирования. Домкраты концентрировали по 3–4 ед. на дом-



Рис. 1. Башенный копер скипоклетевого ствола шахты «Черемуховская-Глубокая» ОАО СУБР

кратных рамах, устанавливаемых в узлах пересечения стен. По середине девятиметрового шага стен были установлены дополнительные домкратные рамы с двумя домкратами на каждой. Вертикальное и горизонтальное перемещения бетона и арматуры осуществляли приставным башенным краном КБ-573. На стройплощадку бетон доставляли автобетоносмесителями. На место

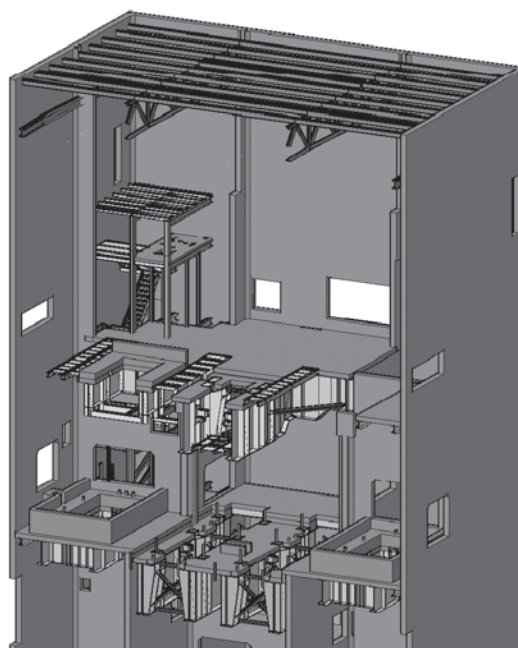
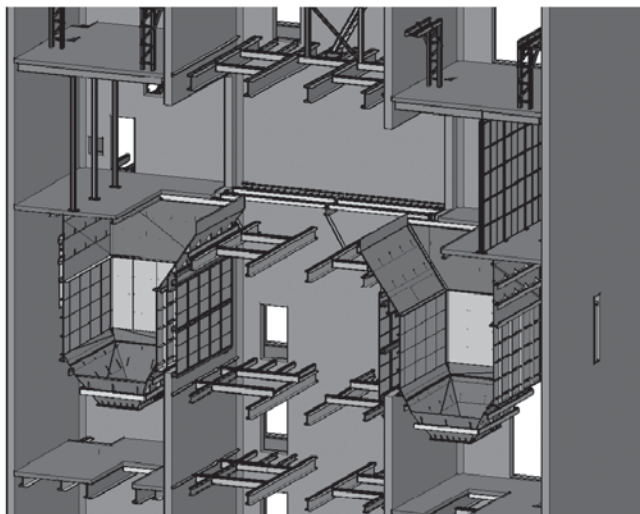
бетонирования бетон подавали краном в бадьях с челюстными затворами.

Проектные работы в институте начались весной 2012 г., и к июлю заказчику была выдана строительная рабочая документация нулевого цикла (стены ростверка с отм. $-7,5$ м до отм. 0 м). В течение осени 2012 г. строительство нулевого цикла заказчиком было выполнено.

После перерыва в работе, вызванного заменой заказчиком основного технологического оборудования (подъемных машин) и получением новых строительных заданий, проектирование было продолжено в декабре 2012 г. Замена основного технологического оборудования повлекла за собой изменение объемно-планировочных решений, перепланировку помещений и потребовала выполнения новых статических расчетов башенного копра. В марте 2013 г. институтом был выполнен первый этап с армированием стен с отм. 0 м до отм. $+24$ м. К июлю в два этапа заказчику были переданы чертежи армирования стен с отм. $+24$ м до отм. $+90$ м. Одновременно за этот же период заказчику были переданы чертежи перекрытий (комплекты чертежей КЖ и КМ) до отм. $+30$ м. Все проектные работы по строительной части башенного копра были закончены в декабре 2013 г. Возведение стен выше отм. 0 м было начато заказчиком в мае и закончено на отм. $+90$ м в сентябре 2013 г.

Отличительной особенностью проектирования строительной части башенного копра от других объектов являлось параллельное проектирование и строительство объекта [2, 3]. Первоначально срок ввода в эксплуатацию копра был определен на декабрь 2013 г., и по этому сроку заказчиком были отстроены календарные планы строительства. Исходя из этого, в институте был составлен и согласован с заказчиком календарный график выпуска строительной документации по этапам проектирования. График предусматривал первоочередное выполнение рабочих чертежей по стенам и выпуск остальной строительной документации с неко-

Рис. 2. Фрагменты 3D-модели башенного копра



торым отставанием от них [4]. При этом в процессе выпуска рабочей документации по стенам необходимо было учесть все коммуникации, конструкции и узлы их опирания на стены (закладные детали, проемы, гнезда, отверстия под коммуникации и вентиляцию), документация на которые выпускалась позднее. Все это накладывало определенные сложности при проектировании стен. Увязка конструкций, узлов, коммуникаций и других элементов была достигнута благодаря унификации элементов конструкций, узлов и построению 3D-модели копра [5]. Это позволило исключить ошибки и нестыковки в конструкциях и чертежах.

С осени 2013 г. сроки ввода объекта по независящим от института причинам заказчиком неоднократно переносились. Однако взятые на себя ранее обязательства специалисты института выполнили и обеспечили строительство документацией в соответствии с графиком.

Жесткие сроки проектирования потребовали применения проектировщиками новых проектных технологий, в частности вышеупомянутого построения 3D-модели копра [6–8]. При проектировании строительной части объекта использовали программные продукты САПР ArchiCAD и AutoCADMEP с построением 3D-модели копра в обеих программах. Построение архитекторами 3D-модели копра в программе ArchiCAD позволило принять рациональные объемно-планировочные решения и согласовать инженерные коммуникации, особенно вентиляционной системы, а также определить привязку и габариты отверстий в стенах.

Применение AutoCADMEP дало возможность осуществить сквозное проектирование у конструкторов, объединив всех участников проектирования на построенной модели [9]. Любое изменение в 3D-модели копра автоматически приводило в соответствие все схемы, разрезы и узлы конструкций у всех участников проектирования. 3D-модель обеспечила автоматическое построение необходимых проекций, схем, разрезов, исключила ошибки в узлах стыковки конструкций, чем сократило сроки проектирования (рис. 2).

Статические расчеты башенного копра осуществляли в программном комплексе «Лира САПР-2012». Чертежи армирования стен копра выполняли с использованием результатов, полученных в Лир-АРМ. Конструкции, опорные узлы и другие элементы рассчитывали в Лира-СТК, NormCAD и в большом числе приклад-



Авторы проекта башенного копра (слева направо): архитектор II категории Д. С. Тилинин; главный архитектор С. В. Кириллов; главный конструктор Б. А. Буйнов; инженер I категории Е. В. Юдина; инженер II категории А. С. Людаева; ведущий инженер А. С. Чупракова

ных программ, написанных в MicrosoftExcel инженерами строительного сектора, что сократило сроки проектирования [10–12].

Строительное проектирование башенного копра выполнялось небольшим коллективом проектировщиков, в основном молодыми инженерами в следующем составе: главный конструктор Б. А. Буйнов; главный архитектор С. В. Кириллов; ведущий инженер А. С. Чупракова; инженер I категории Е. А. Юдина; инженеры А. С. Людаева, М. А. Малашкевич, Н. Д. Герасимов; архитектор II категории Д. С. Тилинин.

Коллектив с честью справился с поставленной задачей,пустив за короткий срок более 360 чертежей, с выполнением большого объема инженерных строительных расчетов, проявив при этом высокий профессионализм и энергию. Для молодых инженеров данный объект стал прекрасной школой для повышения их профессионального уровня и карьерного роста.

Библиографический список

- Migilinskas D., Popov V., Juocevicius V., Ustinovichius L. The benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation // *Procedia Engineering*. 2013. Vol. 57. P. 767–774.
- Porter S., Tan T., West G. Breaking into BIM: Performing static and dynamic security analysis with the aid of BIM // *Automation in Construction*. 2014. Vol. 40. P. 84–95.
- Cambeiro F. P., Barbeito F. P., Castaño I. G., Bolibar M. F., Rodriguez J. R. Integration of agents in the construction of a single-family house through use of BIM technology // *Procedia Engineering*. 2014. Vol. 69. P. 584–593.
- Птухин И. А., Морозова Т. Ф., Ракова К. М. Формирование ответственности участников строительства за нарушение календарных сроков выполнения работ по методу PERT // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. № 3(18). С. 57–71.
- Куликов А., Кириллова М. Опыт трехмерного проектирования в Институте территориального развития // *САПР и графика*. 2012. № 2. С. 26–30.
- Городецкий А. С., Евзеров И. Д. Компьютерные модели конструкций. — М.: Изд-во АСВ, 2009. — 358 с.
- Ding L., Zhou Y., Akinci B. Building information modeling (BIM) application framework: the process of expanding from 3D to computable // *Automation in Construction*. 2014. No. 46. P. 82–93.
- Таланов В. Технология BIM: на смену черчению приходят моделирование и вычисления // *Autodesk Community*. 2012. № 1(3). С. 10–11.
- Чесноков С., Шамаков А., Щипачов А. AutoCADMEP нашел применение в атомной промышленности // *САПР и графика*. 2014. № 6. С. 26–28.
- Иоскевич А. В., Савченко А. В. Сравнение ПВК SCAD Office и Лира-САПР на примере расчета башни связи // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. № 10(25). С. 7–21.
- Андреев В. Е. Проектирование. Строительство и эксплуатация башенных копров. — М.: Недра, 1940. — 240 с.
- Габидулин В. Н. Адаптация AutoCAD под стандарты предприятия. — М.: ДМК Пресс, 2014. — 210 с. **ГЖ**

Design and construction of tower-type derrick at Cheremukhovskaya-Glubokaya Mine, Sevalboksitruuda Company

Information about author

B. A. Buinov¹, Chief Designer of Construction Sector, mail@urguda.ru

¹ Uralgiproruda Institute, Ekaterinburg, Russia

Abstract

The article presents a case study of engineering decision-making by the Uralgiproruda Institute (hereinafter, the Institute) in the tower-type derrick design for Cheremukhovskaya-Glubokaya mine of Sevalboksitruuda. The construction was executed by SUBRstroi Construction Management of the North Ural Bauxite Mine. The tower derrick was equipped with two multi-cable skip machines at elevation +66.3 m and one multi-cable cage machine at elevation +74.9 m. An overhead crane with capacity of 60 t was installed at elevation of 83 m. Two intake bunkers each with capacity of 145 m³ were placed at elevation of 26.1 m. Tower derrick had outside dimension 21.9×21.9 m and the height of 90 m. The wall thickness was 300 mm above elevation of 0 m. The walls were made of cast in-situ reinforced concrete. The foundation piling of the structure had 4 piles with a diameter of 3.2 m and 20–26 m long, placed at outward corners of the tower derrick. The construction process involved the method of layer-by-layer concreting. The tower derrick construction design used ArchiCAD and AutoCADMEP software with 3D modeling of the derrick.

Keywords: Sevalboksitruuda, tower derrick construction, load-carrying structures, self-lifting concrete forms, three-dimensional modeling, calculation.

References

- Migilinskas D., Popov V., Juocevicius V., Ustinovichius L. The benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation. *Procedia Engineering*. 2013. Vol. 57. pp. 767–774.
- Porter S., Tan T., West G. Breaking into BIM: Performing static and dynamic security analysis with the aid of BIM. *Automation in Construction*. 2014. Vol. 40. pp. 84–95.

- Cambeiro F. P., Barbeito F. P., Castaño I. G., Bolibar M. F., Rodríguez J. R. Integration of agents in the construction of a single-family house through use of BIM technology. *Procedia Engineering*. 2014. Vol. 69. pp. 584–593.
- Ptukhin I. A., Morozova T. F., Rakova K. M. Formirovanie otvetstvennosti uchastnikov stroitelstva za narushenie kalendarnykh rokov vypolneniya rabot po metodu PERT (Allocation of responsibility of construction participants for violation of calendar terms of work performance according to the PERT method). *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy = Construction of Unique Buildings and Structures*. 2014. No. 3(18). pp. 57–71.
- Kulikov A., Kirillova M. Opyt trekhmernogo proektirovaniya v Institute territorialnogo razvitiya (Experience of 3d-design in the Institute of Territorial Development). *SAPR i grafika = CAD and graphics*. 2012. No. 2. pp. 26–30.
- Gorodetskiy A. S., Evzerov I. D. *Kompyuternye modeli konstruksiy* (Computer models of designs). Moscow: Publishing House ASV, 2009. 358 p.
- Ding L., Zhou Y., Akinci B. Building information modeling (BIM) application framework: the process of expanding from 3D to computable. *Automation in Construction*. 2014. No. 46. pp. 82–93.
- Talapov V. *Tekhnologiya BIM: na smenu chercheniyu prikhodyat modelirovanie i vychisleniya* (BIM technology: drawing is replaced by modeling and calculations). AutodeskCommunity. 2012. No. 1(3). pp. 10–11.
- Chesnokov S., Shmakov A., Shchipachov A. AutoCADMEP nashel primeneniye v atomnoy promyshlennosti (AutoCADMEP found its application in nuclear industry). *SAPR i grafika = CAD and graphics*. 2014. No. 6. pp. 26–28.
- Ioskevich A. V., Savchenko A. V. Svrneniye programmno-vychislitelnykh kompleksov SCAD Office i Lira-SAPR na primere rascheta bashni svyazi (Comparison of SCAD Office and LIRA-SAPR on the example of calculation of communications tower). *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy = Construction of Unique Buildings and Structures*. 2014. No. 10(25). pp. 7–21.
- Andreev V. E. *Proektirovanie. Stroitelstvo i ekspluatatsiya bashennykh koprov* (Design. Construction and exploitation of tower headframes). Moscow: Nedra, 1940. 240 p.
- Gabidulin V. N. *Adaptatsiya AutoCAD pod standarty predpriyatiya* (Adaptation of AutoCAD for the enterprise standards). Moscow: DMK Press, 2014. 210 p.

УДК 622.014.5

СТРОИТЕЛЬСТВО СЛЕПОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО СТВОЛА НА РУДНИКЕ «ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНЫЙ» АК «АЛРОСА»

А. А. ВЕТЛОВ¹, главный специалист сектора подземных горных работ, mail@ugruda.ru

О. С. ГОЛОТВИНА¹, инженер II категории сектора подземных горных работ

¹ ОАО «Институт «Уралгипроруда», Екатеринбург, Россия

Введение

Рудник «Интернациональный» является действующим подземным горнодобывающим предприятием в составе Мирнинского ГОКа АК «АЛРОСА» (ПАО) и обеспечивает добычу кимберлитовой алмазосодержащей руды.

Вскрытие и обработка месторождения осуществляется в сложных горно-геологических условиях. Рудник «Интернациональный» отнесен к опасным по выделению горючих газов и нефтепроявлениям, поэтому все горные работы должны выполняться в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области промышленной безопасности.

В настоящее время отработаны запасы I очереди месторождения (отм. –200 ... –560 м). Для вскрытия запасов II очереди обработки месторождения (отм. –560 ... –790 м) дополнительно предусматривается строительство слепого скипового ствола.

В настоящей статье представлены основные технические решения по строительству слепого скипового ствола для условий рудника «Интернациональный» АК «АЛРОСА» (ПАО). Детально рассмотрены технология и порядок проходки, крепления, армировки и оснащения ствола на постоянный период.

Ключевые слова: рудник «Интернациональный», слепой скиповый ствол, проходка ствола, крепление, армировка и оснащение ствола, подвесной полук, подъемная машина, скип.

DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.07.14

ОАО «Институт «Уралгипроруда» разработал проектную и рабочую документацию на строительство (проходка, крепление и армировка) этого ствола.

На проходке ствола применен механический способ — выбуривание ствола с помощью буровой установки Robbins 73RH компании Atlas Copco (Швеция) с расширителем 3,65 м [1–8].

Для укрепления и армировки ствола специалистами ОАО «Институт «Уралгипроруда» разработана специальная конструкция подвесного трехэтажного полка [9, 10].