

# Компьютерное проектирование стальных копров многофункционального назначения для шахт нового технического уровня

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2020-11-13-16>

Существующие конструкции стальных надшахтных проходческих и постоянных копров не удовлетворяют требованиям ресурсосбережения (металлоемкости, трудоемкости монтажа), а существующая методика проектирования копров не отражает в полной мере современные возможности использования передовых информационных технологий. Технический уровень современного программного обеспечения дает проектировщикам возможность многовариантной постановки численных экспериментов для создания компьютерной модели, позволяющей решить поставленную задачу без натурных и лабораторных экспериментов, а значит, без особенных затрат. В связи с этим разработана математическая модель и на ее основе – программа для подбора сечений элементов стального копра многофункционального назначения и вычисления собственного веса его металлоконструкций в зависимости от характеристик и оборудования шахтного подъема. В качестве результатов работы программы выводится чертеж копра, включая ведомость элементов, полученные оптимальные параметры оборудования подъема, в соответствии с начальными данными. Программа позволяет ускорить графические работы, снизить трудоемкость выполнения расчетов и оформления документации. Программа позволяет на базе полученных выходных параметров разработать трехмерное изображение сооружения и его функциональных блоков, а также разработать управляющие программы для станков с ЧПУ для изготовления конструкций копра многофункционального назначения.

**Ключевые слова:** стальные укосные копры, стальные укосные копры многофункционального назначения, математическая модель копра многофункционального назначения, программа для подбора сечений элементов стального копра многофункционального назначения, информационные технологии в горном деле.

**Для цитирования:** Кассихина Е.Г., Першин В.В., Русакова Н.А. Компьютерное проектирование стальных копров многофункционального назначения для шахт нового технического уровня // Уголь. 2020. № 11. С. 13-16. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-11-13-16.



**КАССИХИНА Е.Г.**

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительство подземных сооружений и шахт» КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: kalena-07@mail.ru



**ПЕРШИН В.В.**

Доктор техн. наук, профессор кафедры «Строительство подземных сооружений и шахт» КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, Заслуженный деятель науки РФ, 650000, г. Кемерово, Россия



**РУСАКОВА Н.А.**

Канд. пед. наук, доцент кафедры «Управление и экономика социально-культурной сферы» ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», 650000, г. Кемерово, Россия

## ВВЕДЕНИЕ

Существующие конструктивные решения стальных надшахтных проходческих и эксплуатационных копров в виде многоэлементных решетчатых конструкций не удовлетворяют требованиям ресурсосбережения из-за высокой тру-



доемкости изготовления и монтажа [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Наличие большого количества индивидуальных узлов и сечений элементов не позволяет в полной мере минимизировать затраты при их проектировании за счет применения передовых информационных технологий [1, 2, 3].

### ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

На кафедре СПСиШ КузГТУ разработана конструкция стального копра многофункционального назначения (МФН), состоящая из постоянных блоков и взаимозаменяемых функциональных блоков, используемых и для проведения проходческих работ, и для проведения работ, необходимых в режиме эксплуатации (рис. 1) [11,12, 13].

### ЗАДАЧА ИССЛЕДОВАНИЯ

Создание расчетной модели копра многофункционального назначения в программной среде AutoCAD для изображения, анализа и документирования результатов расчета.

### ОСНОВНАЯ РАБОТА

Процесс проектирования копра можно рассматривать как задачу синтеза, в которой на определенной элементно-технической базе требуется сформировать объект, реализующий заданные функции в математической форме для отыскания оптимального решения.

Предложенная идея независимо работающих конструктивных блоков значительно сокращает число управляе-

мых переменных, которыми может варьировать проектировщик при проектировании копра. Это значительно упрощает автоматизацию процесса проектирования в поисках оптимального решения, причем не типового, а индивидуального.

Такой подход позволяет в каждом конкретном случае формировать расчетное пространство переменных проектирования копра – набор выходных параметров  $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ , от которых зависит его топология и размеры сечений элементов. Характеристики  $a_i = f_i(x_1, \dots, x_k)$  условно разделены на три группы:

1. Технологические характеристики в подсистеме «шахтный ствол»: диаметр ствола в свету  $D_{\text{ств}}$ , толщина устья  $t_y$ , глубина шахтного ствола  $H$ , шаг ярусов армировки примем 3 м, длина отправочной марки проводника  $L_{\text{дл}}$ .

2. Технологические характеристики в подсистеме «устройство обеспечения безопасности»: длина каната для подъема длинномера  $l_{\text{п}} = 3$  м; высота переподема подъемного сосуда или груза  $h_3 = 6$  м, длина прямого участка амортизационного каната  $l_{\text{амор}} = 3$  м, участок закрытой зоны станка для осмотра муфт амортизационных канатов  $l_{\text{муфт}} = 2$  м; отметка проходческой подшивной площадки по технологическим требованиям  $h_{\text{амор}}^{\text{мин}}$  – минимальное значение  $h_{\text{амор}}^{\text{мин}} = L_{\text{дл}} + l_{\text{п}} + l_{\text{муфт}} + 2$  м.

3. Технологические характеристики в подсистеме «подъемная машина»: расположение подъемной машины отно-

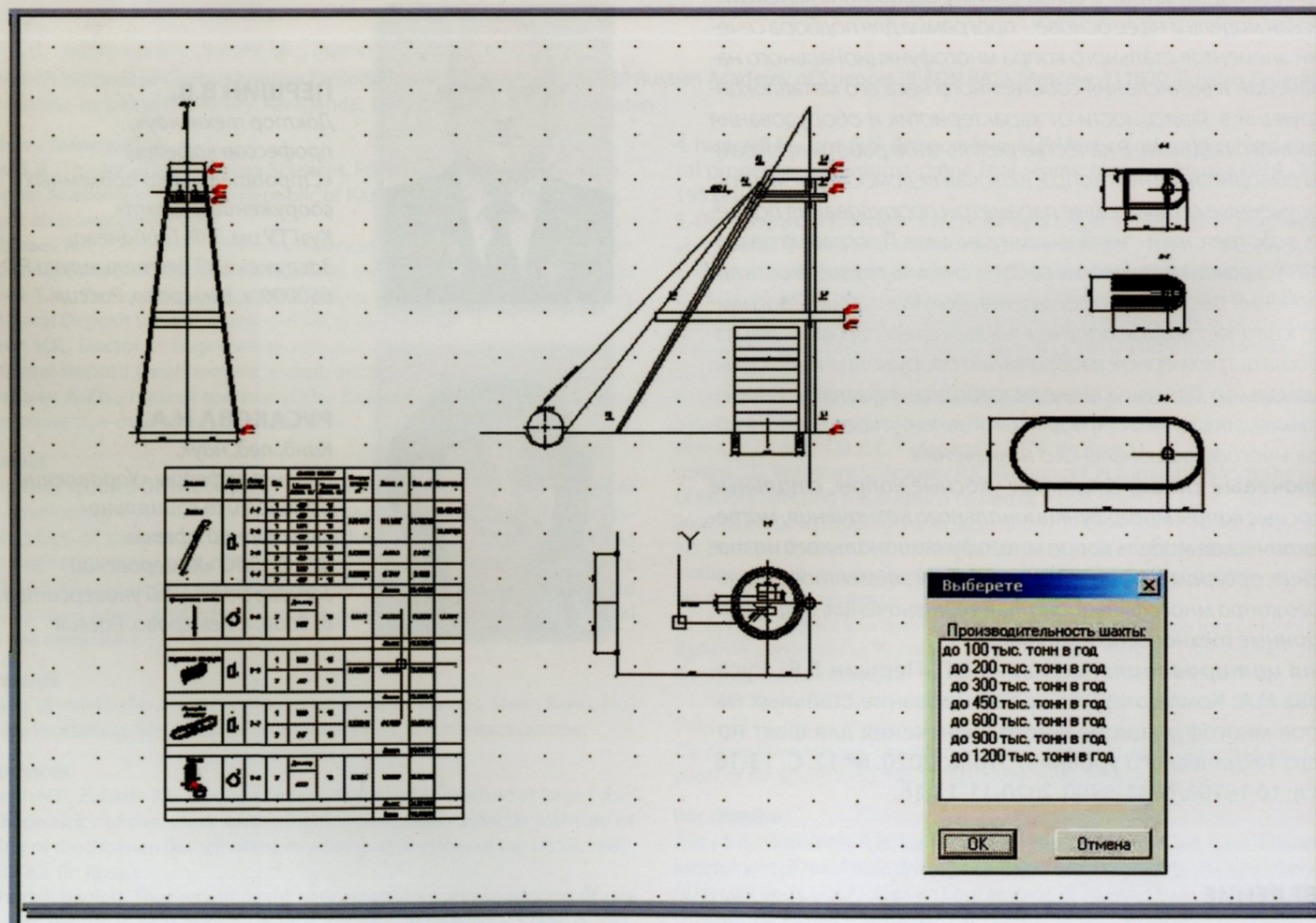


Рис. 1. Окно программы «КОПЕР МФН». Конструкция копра многофункционального назначения. Результат работы программы  
Fig. 1. A screen of 'HEADGEAR MFN' Software Package. Design of a multi-purpose mine headgear. Result of the software operation



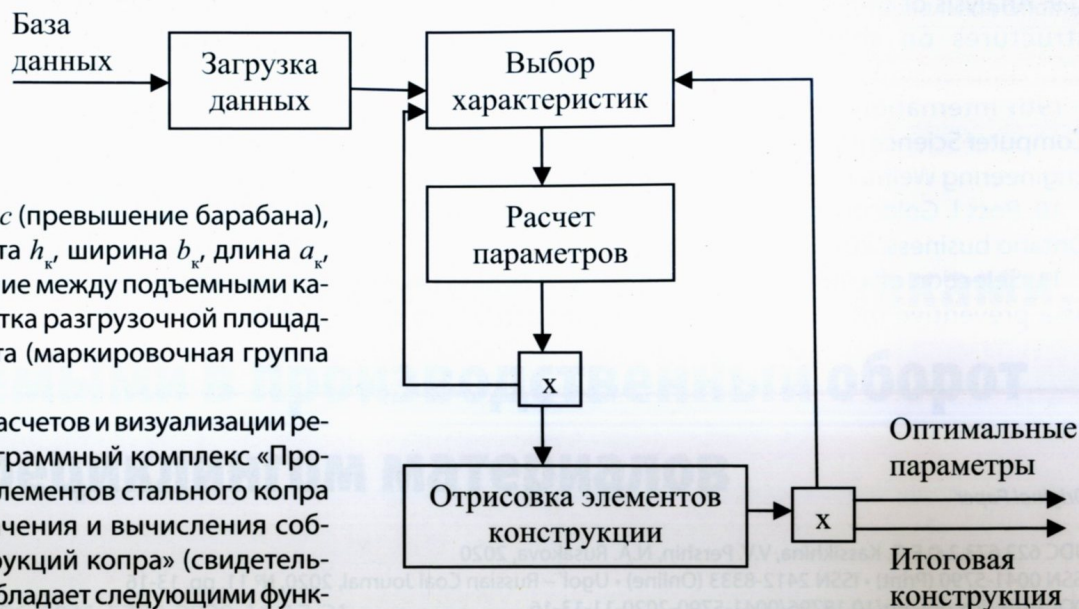


Рис. 2. Процесс использования программного комплекса

Fig. 2. Application of the software package

сительно ствола  $l$  (удаление) и  $c$  (превышение барабана), подъемные сосуды (тип, высота  $h_k$ , ширина  $b_k$ , длина  $a_k$ , концевая нагрузка  $Q_k$ , расстояние между подъемными канатами  $b$ , число канатов  $n$ , отметка разгрузочной площадки  $h_1$ ); ветви подъемного каната (маркировочная группа прочности  $\sigma_b$  и ГОСТ каната).

Для проведения численных расчетов и визуализации результатов был разработан программный комплекс «Программа для подбора сечений элементов стального копра многофункционального назначения и вычисления собственного веса металлоконструкций копра» (свидетельство №: 2019663146), который обладает следующими функциональными возможностями:

- загрузка начальных данных;
- выбор пользователями необходимых характеристик;
- проведение численных расчетов характеристик и оптимальных параметров копра;
- визуализация результатов (построение промежуточных и итоговой конструкций);
- формирование чертежа конструкции копра МФН.

Комплекс создавался с использованием AutoCAD на языке программирования AutoLISP.

Как следует из рис. 2, расчет оптимальных параметров копра и построения его конструкции является итерационным. В процессе расчетов проводится уточнение характеристик и повторного расчета параметров в зависимости от полученных результатов.

Программный комплекс представляет три крупных блока функций: для загрузки и выбора данных; для численных расчетов параметров по построенной математической модели; для пошагового построения конструкции и формирования документации для последующего изготовления. База данных содержит файлы, отражающие габариты сосудов, расчетные характеристики канатов, копровых шкивов, подъемных машин и другие технические характеристики, необходимые для расчетов.

Алгоритм построения конструкции копра предусматривает наличие ограничений на вычисляемые значения характеристик и параметров. В программном комплексе реализована возможность изменения пользователем значений ряда характеристик вручную.

Визуализация процесса пошагового построения конструкции копра позволяет сделать необходимый выбор параметров и получить на выходе оптимальные значения вычисляемых данных и чертеж (см. рис. 1) итоговой конструкции копра (включая ведомость элементов) в соответствии с начальными запросами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В качестве результатов работы программы выводится чертеж копра, включая ведомость элементов с вычислением собственного веса и полученные оптимальные параметры оборудования подъема, в соответствии с начальными данными. Программа позволяет ускорить графиче-

ские работы, снизить трудоемкость выполнения расчетов и оформления документации. Полученные выходные параметры являются базой для формирования трехмерного изображения при реализации управляющей программы для станков с ЧПУ для изготовления конструкций копра многофункционального назначения.

Программа позволяет на базе полученных выходных параметров разработать трехмерное изображение сооружения и его функциональных блоков, а также разработать управляющие программы.

## Список литературы

1. Максимов А.П. Горнотехнические здания и сооружения. Москва: Недра, 1984. 263 с.
2. Бровман Я.В. Надшахтные копры. Москва: Госгортехиздат, 1961. 235 с.
3. Проектирование зданий и сооружений горных предприятий / И.В. Баклашов, Г.П. Антонов, В.Н. Борисов. Москва: Недра, 1979. 365 с.
4. Русских А.Г. Практические аспекты обследования надшахтных копров // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 9 (51). Ч. 4. С. 17-20.
5. Rojas-Sola J.I., Montalvo-Gil J. M., Castro-Garcia M. 3D modeling and functional analysis of a headframe for mineral extraction // Dyna-Colombia. 2013. Issue 181. Vol. 80. P. 118-125.
6. Rojas-Sola J.I., Palomares-Munoz I. 3D modelling and static analysis of a spanish articulated metal headframe for mineral extraction // Dyna-Colombia. 2015. Issue 6. Vol. 90. P. 602-607.
7. Rojas-Sola J.I. Evolución histórica y caracterización tipológica-funcional del patrimonio histórico industrial minero español ligado a diferentes procesos del laboreo de minas // De Re Metallica. 2015. Vol. 24. P. 1-17.
8. Wei F., Wang I.F.R. 3D Parametric design for steel headframe of coal mine based on Solidworks // Key Engineering Materials. 2010. Issue 1. Vol. 455. P. 340-344.



9. Analysis of the mode of deformation of the subpulley structures on shaft sloping headgear structures / V.N. Kushchenko, A.Ye. Nechytailo, Ye.V. Horokhov, J. Hildebrand / 19th International Conference on the Applications of Computer Science and Mathematics in Architecture and Civil Engineering Weimar, Germany. Weimar, 2012. P. 1-16.

10. Ross I. Goldcorp's Cochenour gold project // Northern Ontario business. 2013. Issue 12. Vol. 33. P. 14-15.

11. Selection of a rational form for the steel winding tower as a preventive measure to increase its industrial safety/

E.G. Kassikhina, W. Qiao, V.V. Pershin, N.O. Butrim / Taishan Academic Forum – Project on Mine Disaster Prevention and Control. Qingdao, China: Atlantis Press., 2014. P. 1-4.

12. Кассихина Е.Г., Першин В.В., Бутрим Н.О. Особенности монтажа копра многофункционального назначения // Уголь. 2012. № 7. С. 32-35. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/072012.pdf> (дата обращения: 15.09.2020).

13. Кассихина Е. Г. Новая конструктивная форма надшахтного копра многофункционального назначения // Горный журнал. 2017. № 8. С. 56-60.

#### Original Paper

UDC 622.673.2 © E.G. Kassikhina, V.V. Pershin, N.A. Rusakova, 2020  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2020, № 11, pp. 13-16  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2020-11-13-16>

#### Title COMPUTER-AIDED DESIGN OF MULTI-PURPOSE STEEL HEADFRAMES FOR MINES WITH A NEW TECHNICAL LEVEL

#### Authors

Kassikhina E.G.<sup>1</sup>, Pershin V.V.<sup>1</sup>, Rusakova N.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

#### Authors' Information

**Kassikhina E.G.**, PhD (Engineering), Associate Professor of "Underground Facilities and Mines" department, e-mail: kalena-07@mail.ru

**Pershin V.V.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of "Underground Facilities and Mines" department

**Rusakova N.A.**, PhD (Pedagogical), Associate Professor of "Information and computing technologies" department of Institute of Fundamental Sciences

#### Abstract

The existing structures of the steel sinking headgear and permanent headframe do not meet the requirements of resource saving (metal consumption and manpower input at installation), and the present methods of the headframe designing do not fully reflect recent possibilities of applying of the advanced information technologies. Technical level of the modern software makes it possible for designers to set up multiple numerical experiments to create a computer simulation that allows to solve the problem without field and laboratory experiments, and therefore without special costs. In this regard, a mathematical simulation has been developed and based on it, software to select cross-sections of multi-purpose steel headframe elements and to calculate proper weight of its metal structures depending on the characteristics and hoisting equipment. A headframe drawing is displayed, as the results of the software work, including list of elements, obtained optimal hoisting equipment in accordance with the initial data. The software allows speeding up graphic work and reducing manpower input on calculations and paper work. The software allows to develop a three-dimensional image of the structure and its functional blocks, based on the obtained initial parameters, as well as to develop control software for units with numerical control in order to manufacture multi-purpose headframes.

#### Keywords

Steel headframes, Steel angle headframe of multifunctional purpose, Mathematical simulation of the headframe of multifunctional purpose, Software to select cross-sections of multi-purpose steel headframe elements, Information technologies in mining.

#### References

1. Maximov A.P. Mining buildings and facilities. Moscow, Nedra Publ., 1984, 263 p. (In Russ.).
2. Brovman Ya.V. Mine headgear. Moscow, Gosgortekhlzdat Publ., 1961, 235 p. (In Russ.).
3. Baklashov I.V., Antonov G.P. & Borisov V.N. Designing of buildings and facilities for mining operations. Moscow, Nedra Publ., 1979, 365 p. (In Russ.).

4. Russkikh A.G. Practical aspects of mine headgear inspections. *Mezhdunarodniy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal – International Research Journal*, 2016, No. 9 (51), Part 4, pp. 17-20. (In Russ.).

5. Rojas-Sola J.I., Montalvo-Gil J.M. & Castro-Garcia M. 3D modeling and functional analysis of a headframe for mineral extraction. *Dyna-Colombia*, 2013, Issue 181, Vol. 80, pp. 118-125.

6. Rojas-Sola J.I. & Palomares-Munoz I. 3D modelling and static analysis of a spanish articulated metal headframe for mineral extraction. *Dyna-Colombia*, 2015, Issue 6, Vol. 90, pp. 602-607.

7. Rojas-Sola J.I. Evolución histórica y caracterización tipológica-funcional del patrimonio histórico industrial minero español ligado a diferentes procesos del laboreo de minas. *De Re Metallica*, 2015, Vol. 24, pp. 1-17.

8. Wei F. & Wang I.F.R. 3D Parametric design for steel headframe of coal mine based on Solidworks. *Key Engineering Materials*, 2010, Issue 1, Vol. 455, pp. 340-344.

9. Kushchenko V.N., Nechytailo A.Ye., Horokhov Ye.V. & Hildebrand J. Analysis of the mode of deformation of the subpulley structures on shaft sloping headgear structures. 19th International Conference on the Applications of Computer Science and Mathematics in Architecture and Civil Engineering Weimar, Germany, Weimar, 2012, pp. 1-16.

10. Ross I. Goldcorp's Cochenour gold project. *Northern Ontario business*, 2013, Issue 12, Vol. 33, pp. 14-15.

11. Kassikhina E.G., Qiao W., Pershin V.V. & Butrim N.O. Selection of a rational form for the steel winding tower as a preventive measure to increase its industrial safety. Taishan Academic Forum – Project on Mine Disaster Prevention and Control. Qingdao, China: Atlantis Press., 2014, pp. 1-4.

12. Kassikhina E.G., Pershin V.V. & Butrim N.O. Peculiar features in installation of a multi-purpose headgear. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2012, No. 7, pp. 32-35. (In Russ.). Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/072012.pdf> (accessed 15.09.2020).

13. Kassikhina E.G. A new structural design of a multi-purpose mine headgear. *Gornyi Zhurnal – Mining Journal*, 2017, No. 8, pp. 56-60. (In Russ.).

#### For citation

Kassikhina E.G., Pershin V.V., Rusakova N.A. Computer-aided design of multi-purpose steel headframes for mines with a new technical level. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2020, No. 11, pp. 13-16. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-11-13-16.

#### Paper info

Received March 26, 2020

Reviewed August 14, 2020

Accepted September 9, 2020