

## RESEARCH AND DEVELOPMENT OF SCHEMES OF THE DISCRETE STEP OF REINFORCEMENT IN THE SHAFT WITH ROPE PROFILE CONDUCTORS

<sup>1</sup>*Rubel A.O.*

<sup>1</sup>*SE «UC «Ukrvuglerekstrukturizatsiya»*

## ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЙ РОЛИКОВИХ СПРЯМОВУЮЧИХ ДЛЯ ЗДВОЄНИХ КАНАТНО-ПРОФІЛЬНИХ ПРОВІДНИКІВ АРМУВАННЯ СТОВБУРА

<sup>1</sup>*Рубель А.О.*

<sup>1</sup>*ДП «ОК «Укрвуглереструктуризація»*

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ РОЛИКОВЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ ДЛЯ СДВОЕННЫХ КАНАТНО-ПРОФИЛЬНЫХ ПРОВОДНИКОВ АРМИРОВКИ СТВОЛА

<sup>1</sup>*Рубель А.А.*

<sup>1</sup>*ГП «ОК «Укруглереструктуризация»*

**Abstract.** The paper investigates the design of roller guides used in vertical shafts of mining enterprises for rigid reinforcement, consisting of beam and box shots and conductors - rail or box ones. Guiding devices for providing directional movement along the depth of the vertical shaft in cable guides for various lifting vessels (stands, counterweights, skips) have been analyzed, their advantages and disadvantages have been determined. On the basis of the analysis, structures have been developed that provide directional movement using roller guides for double rope-profile conductors connected by a frame and fixed on cantilever-damping firing points, which allow damping horizontal dynamic forces in the frontal and lateral planes. Research, development and implementation of roller guide structures for double rope-profile conductors, providing a reliable connection between the vessel and the guide double rope-profile conductor, makes it possible to achieve:

- a) high smoothness when moving in double rope-profile conductors;
- b) reducing the influence of the twisting of the ropes;
- c) extending the service life of roller guides, due to the use of more rollers in one device and rubber material;
- d) increasing the service life and trouble-free operation of the guides;
- e) a significant reduction in the level of vibrations in the frontal and lateral planes;
- f) reducing the frequency of contact of the safety guide paw with the enclosing profile of the rope-profile conductor, therefore, reducing its wear as a result of abrasion;
- g) reducing the effect of stitching with coal or ore dust on the durability of the bearing assemblies of roller guides;
- i) increasing the service life of the roller guide axles due to the simultaneous contact of the rollers and the rope-profile conductor and the redistribution of the load;
- j) reducing the effect of the curvature of the conductors on the wear of the system elements in case of violation of the shaft lining;
- k) ensuring standard gaps at a safe level between the guide foot and the rope-profile guide.

**Keywords:** mine vertical shafts, roller guides, twin-profile rope guides, skips, cages, counterweights, vessel safety guiding legs, cantilever firing.

Guides used in the mining industry are: - open-type sliding guides; - closed-type sliding guides; rolling guides. Serially manufactured open-type sliding guides (paws) have a rigid structure and are used to work in pairs a vessel (cage, skip, counterweight) with box-shaped rail conductors such as UNS 1-250, UNS 6-250, UNS 7-250, with wooden conductors (fig. 1).

Closed-type sliding guides are used when vessels move in rail conductors (rigid reinforcement [1]) and in rope conductors (flexible reinforcement [2]), which are of various types (Fig. 2).

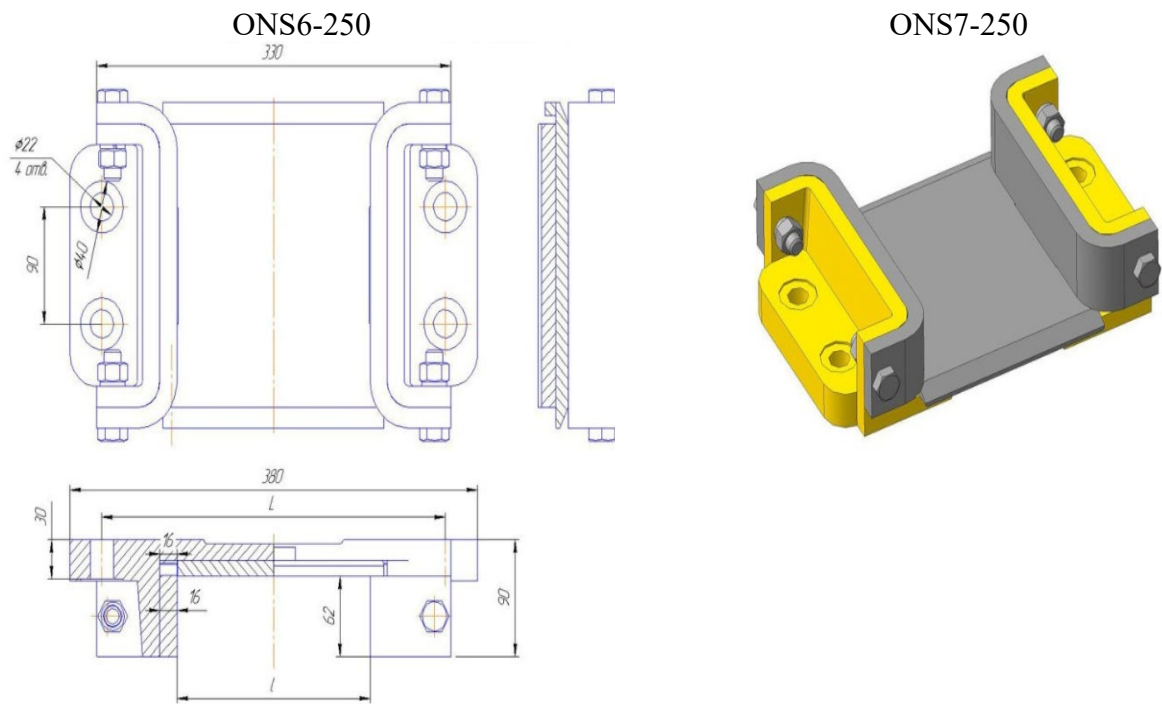
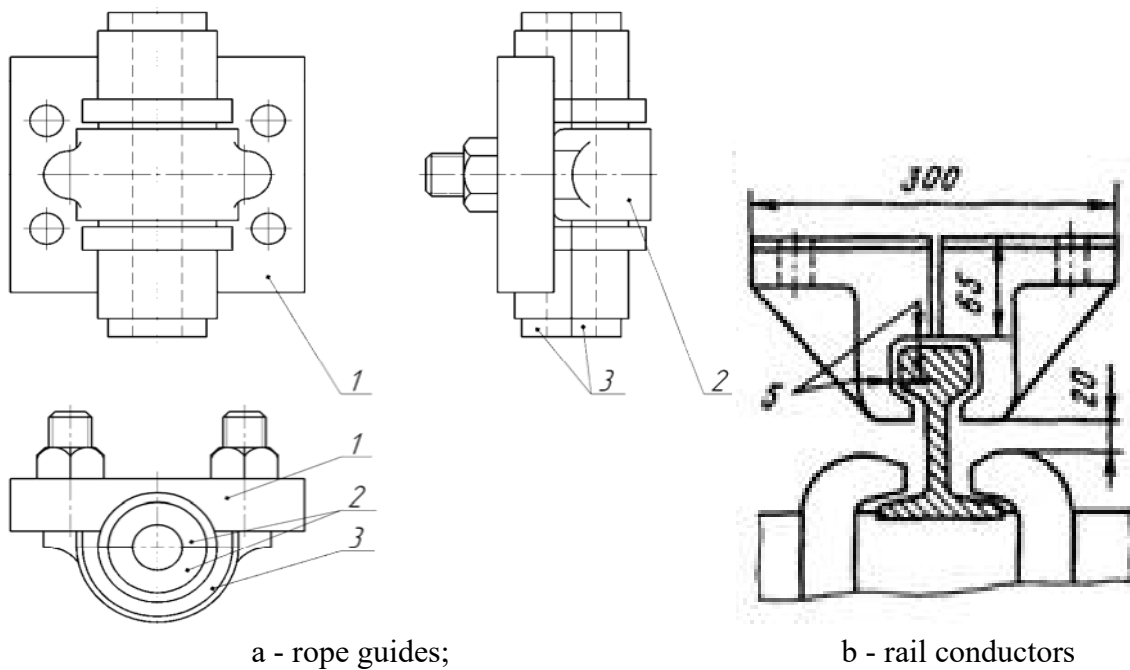


Figure 1 – Slide guides ONS6-250, ONS7-250



a - rope guides;

b - rail conductors

1 - mounting plate; 2 - clutch; 3 - insert

Figure 2 – Design of a closed sliding guide

The total clearance between the guide sliding shoes and the lifting vessels in accordance with the regulatory requirements of the Safety Rules in Coal Mines: NPAOP 10.0-1.01-10 (hereinafter - SR) [7] along the shaft depth is:

- a) for rail conductors -  $10 \pm 8$  mm;
- b) for wooden -  $20 \pm 10$  mm.

The total clearance between the contact surfaces between the shoes and the conductors during their installation, at the base mark, is:

- a) for rail conductors - 20 mm;
- b) for box-type ones - 30 mm;

Shoes must be replaced when the conductor is worn on one side: - for rail tracks over 8 mm; - for box-type ones more than half the wall thickness. The depth of the throat of the shoes for rectangular conductors is 110 mm [7].

In addition, there are roller guides of the NKP-260, NKP-320 types, designed by the SE “Donetsk Research, Design and Experimental Institute for Complex Mechanization of Mines”, “Dongiprouglemash” (Fig. 3) and without shock absorbers (Fig. 4), which make it possible to ensure the directed movement of the vessels in the box-shaped conductors and to protect them from abrasion by the guiding paws. The movement of the vessel with the help of guides of the NKP type will make it possible to achieve an increase in speed and smoothness of movement as a result of vibration damping due to the use of rubberized rollers.

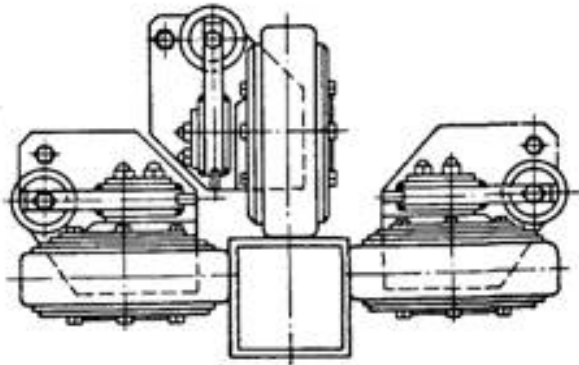


Figure 3 – NKP Guide rollers with shock absorbers

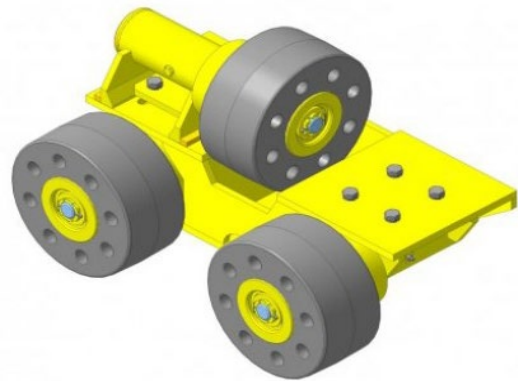


Figure 4 – NKP Guide rollers

Roller guiding the movement of vessels in the conductors, along with the advantages and disadvantages, namely:

- a) there is a frequent failure of rolling bearings when moving in bent conductors;
- b) stitching with coal dust and spilled coal, which leads to jamming of the rollers;
- c) rupture of the rubber roller at the welded joints of box conductors and accumulations of rust in the device;
- d) curvature of the axis and destruction of bearings when moving in bent conductors of the barrel reinforcement.

For reinforcement with rope-profile conductors (hereinafter RPC), rollers of the NKP type are used, however, there are no standard roller guides for double gearboxes. Therefore, there is a need to develop designs of roller guides, which will reduce the existing drawbacks and ensure damping and smoothness of the vessel in double RPCs.

**The purpose of the research.** The research is based on the task of finding and developing designs of roller guides to ensure the movement of the vessel in double RPCs, to ensure kinematic communication in the frontal and lateral directions and to achieve the following results:

- a) ensure a long trouble-free service life;
- b) increase the service life of rolling bearings and axles;
- c) reduce the likelihood of rupture of the rubber roller at the welded joints of conductors;
- d) to increase the period of trouble-free operation and reliability of the guide device;
- e) reduce the level of frontal and lateral vibrations due to rollers;
- f) to increase the reliability of the kinematic connection in the "vessel-conductor" system;
- g) significantly reduce the frequency of contact between the safety slide and the conductor;
- i) significantly reduce the wear of the conductor by the safety sliding paws.

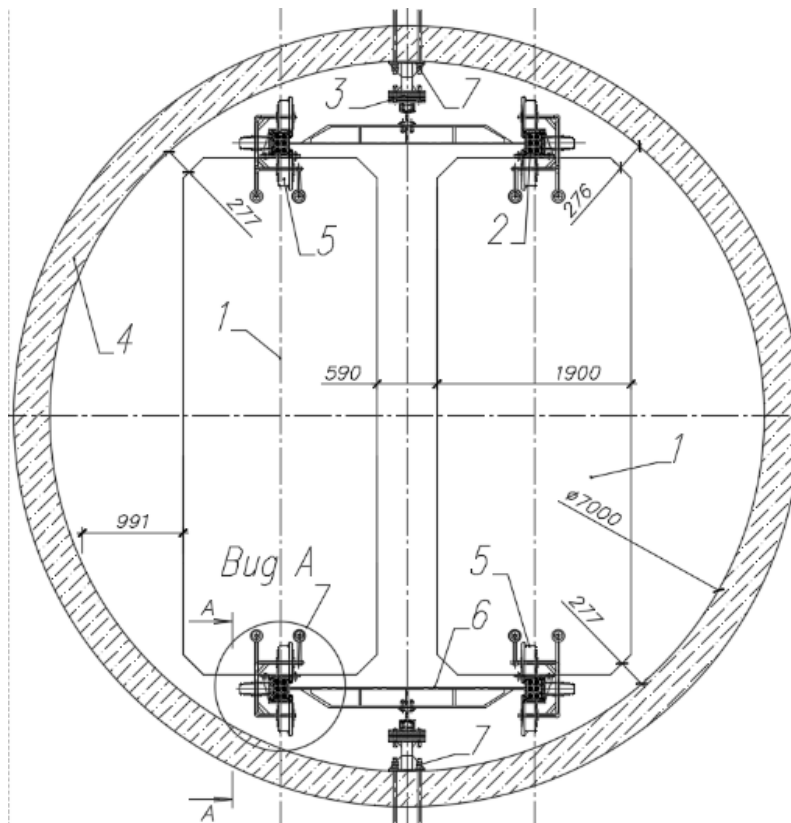
**Research materials and results.** The shaft reinforcement RPCs are located on opposite sides in the middle of the vessel and are interconnected by means of a connecting frame (Fig. 5), which is attached to cantilever shots 3 [5, 6], fixed with anchors 7 in the shaft lining 4. Directional movement is provided with using rollers located on three sides, with the RPCs turned 90 ° and interconnected by a connecting frame, which does not allow the conductors to approach or move away in the horizontal plane, which ensures compliance with all the required SR [7] standard clearances between the shaft support and the vessel.

Figure 6 shows a diagram of the reinforcement for four vessels (coal skips of the SNT-32 type) moving in double RPCs 2 with the help of frame 6 located on the side of the vessel from the side of the shaft support 4. The connecting frame is attached with a movable joint to the cantilever shot 3 [5, 6] with a damper block. Directional movement of the vessel is carried out by means of rollers of the NKP type, located on three sides by means of a frame (Fig. 6).

Figure 7 shows View A, the structure of the RPC 2 with rollers 5, consisting of the bordering profile of the RPC 2.1 with ropes 2.2, rotated by 90°. Parts of the staple 2.5, 2.6, 2.7 and ropes 2.2 (type 42-G-1-N-1372 with a steel core in accordance with GOST 7669-80) are tightened together using hexagon bolt connections 2.8 and fixed in the enclosing profile 2.1, which is closed with a cover 2.3, with holes for fastening the truss 6.1 and for bolts 2.8, part 2.5 is rigidly welded into the enclosing box. Frame 6 connects two RPCs together, limiting the approach of the conductors to each other and not allowing them to diverge from each other (see Fig. 5, 6).

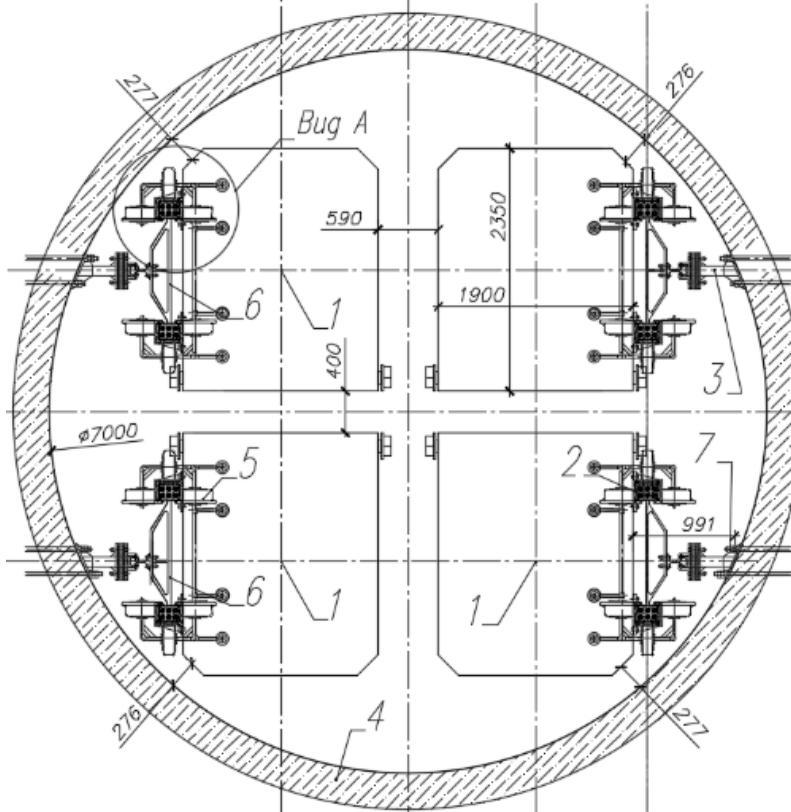
On the frame of rollers 5.3, rollers 5 with a flange 5.1 are fixed on three sides, which is attached to the lid of the vessel 1 through a shock absorber 5.4. using a movable joint 5.5.

Figure 8 shows a section 1-1 of the RPC with the rollers attached to the frame 5.3, with the rollers arranged in two rows vertically, and the frame is made in such a way that it covers the conductor from three sides and is fixed to vessel 1 through the hinge 5.6. Roller frame 5.3. has the ability to move in the "frontal plane" back and forth, while a shock absorber 5.4 with a spring is fixed in the frame shoulder, which is hinged 5.5 is fixed to the vessel 1.



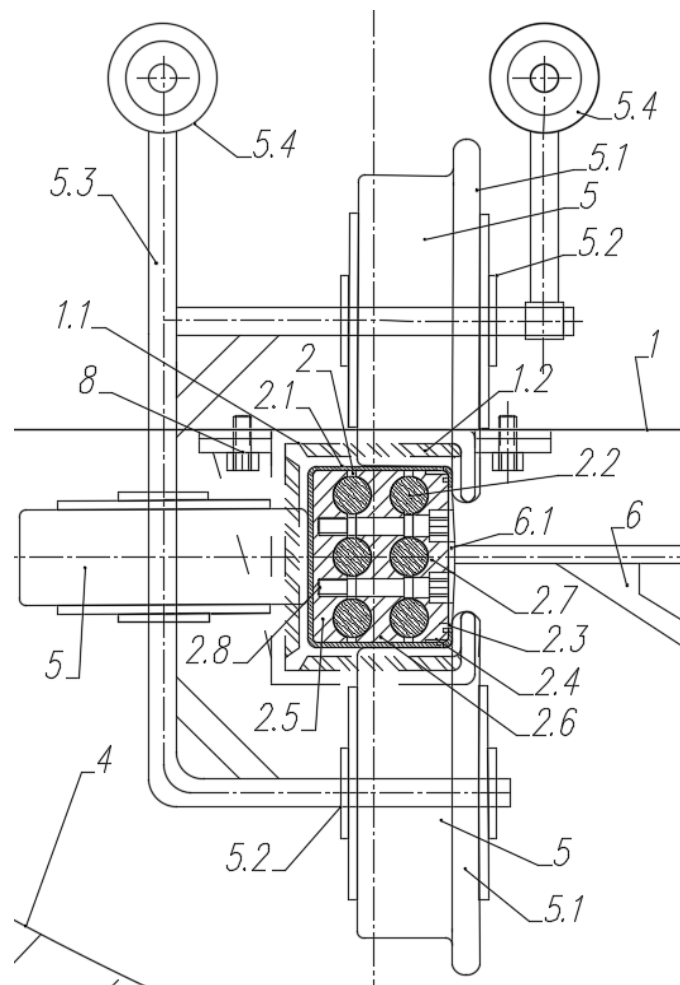
1 - lifting vessel (cage); 2 - RPC; 3 - cantilever execution; 4 - trunk support; 5 - roller;  
6 - connecting frame; 7 - anchor

Figure 5 – Scheme of a two-stand lift with double gearbox guide rollers



1 - lifting vessel (skip); 2 - RPC; 3 - cantilever execution; 4 - trunk support; 5 - roller;  
6 - connecting frame; 7 - anchor

Figure 6 – Tier of 4 skips with double RPCs and guide rollers



1.1 - guide paw; 1.2 - inserts; 2 - RPC; 2.1 - the bordering profile of the RPC; 2.2 - rope; 2.3 - back cover; 2.4 - rear cover attachment unit; 2.5 - the back of the bracket; 2.6 - intermediate part of the bracket; 2.7 - the extreme part of the bracket; 2.8 - hex bolted connection; 5 - guide roller; 5.1 - roller flange; 5.2 - mounting the roller; 5.3 - roller frame; 5.4 - shock absorber; 6 - connecting frame; 6.1 - frame fastening; 8 - bolted connection

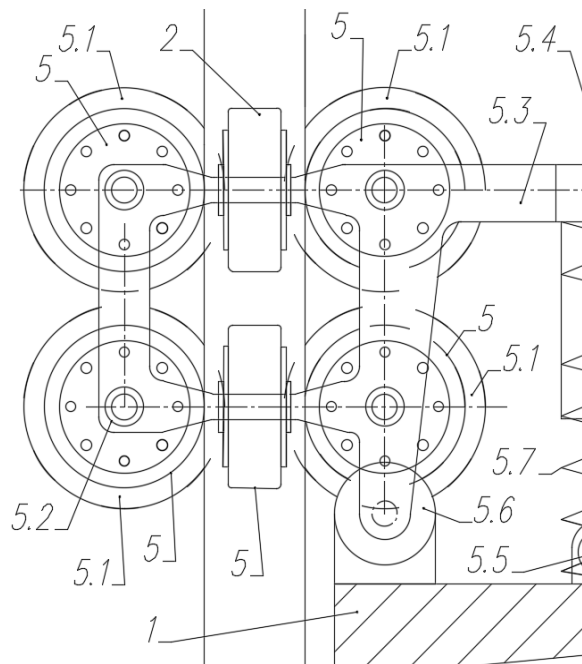
Figure 7 – View A

The rib of the rollers 5.1 covers the RPC 1 from the side of the attachment of the connecting frame 6 (see Fig. 7, 8) and provides a reliable kinematic connection between the vessel and the RPC, when the vessel moves and vibrations are damped by rubber rollers. In the lateral plane, the directional movement without abrasion is damped by rollers on one side, and roller flanges on the other, and taking into account that the roller guides of one vessel are interconnected (see Fig. 6) by means of a traction.

The double number of rollers in the frontal and lateral planes ensures reliable and durable operation of the rubber cord in contact with the surface of the conductor, reliable connection of the vessel with the conductor and vibration damping.

This design of roller guides for the movement of vessels in the conductors without wear of the conductors allows to halve the number of cantilever shots in the longline and their anchoring to the shaft support, reduce their length, as well as increase the

rigidity of the longline and provide a reliable flexible kinematic connection in the “vessel-reinforcement” system.



- 1 - vessel; 2 - RPC; 5 - guide roller;  
 5.1 - roller flange; 5.2 - mounting the roller;  
 5.3 - roller frame; 5.4 - shock absorber;  
 5.5 - fastening the roller to the vessel;  
 5.6 - fastening the frame to the vessel;  
 5.7 - spring; 6 - connecting frame

Figure 8 – Section 1-1

**Conclusions.** As a result of the research carried out on the structures, existing guides to ensure the directional movement of the vessel in the conductors, their disadvantages and advantages were determined, as a result of which the designs of guiding devices for double RPCs were developed, the introduction of which will allow:

- a) ensure a long trouble-free service life;
- b) increase the service life of rolling bearings and axles;
- c) reduce the likelihood of rupture of the rubber roller at the welded joints of conductors;
- d) to increase the period of trouble-free operation and reliability of the guide device;
- e) reduce the level of frontal and lateral vibrations due to rollers;
- f) to increase the reliability of the kinematic connection in the "vessel-conductor" system;
- g) significantly reduce the frequency of contact between the safety slide and the conductor;
- i) significantly reduce the wear of the conductor by the safety sliding paws.

In general, the development of designs of guiding devices for double rope-profile conductors allows the use and widespread use of double RPCs in cage, skip hoists, ensuring their long-term operation due to reduced wear and significantly extending the service life of the entire shaft reinforcement.

## REFERENCES

1. USSR State Committee for Public Education (1989), *Posobiye po proyektirovaniyu i montazhu zhestkoy armirovki vertikalnykh stvolov shakht i rudnikov (k SNiP II-94-80)* [Manual for the design and installation of rigid reinforcement of vertical shafts of mines and mines (to SNiP II-94-80)], Moscow Mining Institute of the Order of the Red Banner of Labor, Moscow, Russia.
2. Ministry of Coal Industry of the USSR (1982), *Normy bezopasnosti na proektirovanie i ekspluatatsiyu kanatnykh provodnikov mnogokanatnykh podyemnykh ustanovok & Normy bezopasnosti na proektirovanie i ekspluatatsiyu kanatnykh provodnikov odnokanatnykh podyemnykh ustanovok* [Safety Standards for the design and operation of cable conductors of multi-rope hoisting installations] and [Safety Standards for the design and operation of cable conductors of single-rope hoisting installations], MakNII, Makeevka - Donbass, Ukraine.
3. Voloshin, A.I., Rubel, A.A. and Rubel, A.V. (2016), "Equipment for vertical mine shafts and methods for its smprovement", *Geo-Technical Mechanics*, no. 126, pp. 137-145.
4. Rubel, A.O. (2017), *Kanatno-profilnyi provodnyk armuvannya shakhtnogo stovburu* [Rope-profile arm of mine shaft], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, Ukraine, Pat. 115478.
5. Voloshin, A.I., Rubel, A.A. and Rubel, A.V. (2016), "Cantilever-damping executions of the reinforcement of vertical shaft shafts", *Geo-Technical Mechanics*, no. 127, pp. 89-98.
6. Rubel, A.O. (2016), *Konsolno-dempfiruyuchy rozstril* [Cantilever-damping shooting], State Register of Patents of Ukraine, Kyiv, Ukraine, Pat. 110492.
7. Ministry of Coal Industry of Ukraine (2010), *NPAOP 10.0-1.01-10 Pravyla bezpeky u vugilnykh shakhtakh* [NLAASL 10.0-1.01-10 Rules of safety in coal mines], Osnova, Kiev, UA.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пособие по проектированию и монтажу жесткой армировки вертикальных стволов шахт и рудников (к СНиП II-94-80) / Государственный комитет СССР по народному образованию. М.: МГУ, 1989. 158 с.
2. Нормы безопасности на проектирование и эксплуатацию канатных проводников многоканатных подъемных установок, и Нормы безопасности на проектирование и эксплуатацию канатных проводников одноканатных подъемных установок / МакНИИ. Макеевка-Донбасс: МакНИИ, 1982.
3. Волошин А.И., Рубель А.А., Рубель А.В. Армвання вертикальних шахтних стволів і методи його вдосконалення // Геотехнічна механіка. 2016. Вип. 126. С. 137-145.
4. Рубель А.О. Канатно-профільний провідник армування шахтного стовбура: пат. 115478 / Бюл. 2017. № 21.
5. Волошин А.И., Рубель А.А., Рубель А.В. Консольно-демпфирующие расстрелы армировки вертикальных шахтных стволов / Геотехнічна механіка. 2016. Вип. 127. С. 89-98.
6. Рубель А.О. Консольно-демпфирующий розстріл: пат. 110492 / Бюл. 2016. №19.
7. НПАОП 10.0-1.01-10. Правила безпеки у вугільних шахтах: нормативний документ, чинний з 22.03.2010. Київ: Основа, 2010. 430с. (Нормативний документ Мінвуглепрому України).

## About the author

**Rubel Andrii Oleksandrovych**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Chief Power Engineer, State Enterprise United Company «Ukrvuglerestrukturizatsiya», Kyiv, Ukraine, [AORubel@gmail.com](mailto:AORubel@gmail.com)

## Про автора

**Рубель Андрій Олександрович**, кандидат технічних наук, головний енергетик, Державне підприємство «Об'єднана компанія «Укрвуглереструктуризація», Київ, Україна, [AORubel@gmail.com](mailto:AORubel@gmail.com)

**Анотація.** У роботі досліджено застосовувані у вертикальних стовбурах гірничих підприємств конструкції роликів спрямовуючих для жорсткого армування, що складається з балкових і коробчатих розстрілів і провідників - рейкових або коробчатих. Проаналізовано спрямовуючі пристрої для забезпечення спрямованого руху по глибині вертикального стовбура у канатних провідниках для різних підйомних посудин (клітей, противаг, скипів), визначено їх переваги та недоліки. На основі аналізу розроблено конструкції, що забезпечують спрямований рух за допомогою роликів спрямовуючих для здвоєних канатно-профільних провідників, з'єднаних рамою і закріплених на консольно-демпфуючих розстрілах, що дозволяють демпфувати горизонтальні динамічні зусилля у лобовій і бічній площинах. Дослідження, розробка і впровадження конструкцій роликів спрямовуючих для здвоєних канатно-профільних провідників, що забезпечують надійний зв'язок посудини і направляючого здвоєного канатно-профільного провідника, дозволяє досягти:

- а) високої плавності ходу під час руху у здвоєних канатно-профільних провідниках;
- б) зниження впливу від крутіння канатів;
- в) продовження терміну служби роликів спрямовуючих за рахунок застосування більшої кількості роликів у одному пристрої і матеріалу гуми;
- г) підвищення терміну служби і безаварійної роботи спрямовуючих;
- д) значного зниження рівню коливань у лобовій і бічній площинах;



- е) зниження частоти контакту запобіжної направляючої лапи з огорожувальним профілем канатно-профільного провідника, отже, зменшити його зношення внаслідок стирання;
- ж) зменшення впливу заштыбовки вугільним або рудним пилом на довговічність роботи підшипникових вузлів роликів спрямовуючих;
- и) збільшення терміну служби осей роликів спрямовуючих за рахунок одночасного контакту роликів і канатно-профільного провідника і перерозподілу навантаження;
- і) зменшення впливу викривлення провідників на зношення елементів системи за умови порушення кріплення стовбура;
- к) забезпечення нормативних зазорів на безпечному рівні між направляючою лапою і канатно-профільним провідником;

**Ключові слова:** шахтні вертикальні стовбури, роликові спрямовуючі, здвоєні канатно-профільні провідники, скіпи, кліті, протываги, запобіжні напрямні лапи судин, консольні розстріли.

**Аннотация.** В работе исследованы применяемые в вертикальных стволах горных предприятий конструкции роликотых направляющих для жесткой армировки, состоящей из балочных и коробчатых расстрелов и проводников - рельсовых или коробчатых. Проанализированы направляющие устройства для обеспечения направленного движения по глубине вертикального ствола в канатных проводниках для различных подъемных сосудов (клетей, протывесов, скипов) определены их достоинства и недостатки. На основе анализа разработаны конструкции, обеспечивающие направленное движение с помощью роликотых направляющих для сдвоенных канатно-профильных проводников, соединенных рамой и закрепленных на консольно-демпфирующих расстрелах, позволяющих демпфировать горизонтальные динамические усилия в лобовой и боковой плоскости. Исследование, разработка и внедрение конструкций роликотых направляющих для сдвоенных канатно-профильных проводников, обеспечивающих надежную связь сосуда и направляющего сдвоенного канатно-профильного проводника, позволяет достигнуть:

- а) високой плавности хода при движении в сдвоенных канатно-профильных проводниках;
- б) снижения влияния от кручения канатов;
- в) продления срока службы роликотых направляющих, за счет применения большего количества роликотых в одном устройстве и материала резины;
- г) повышения срока службы и безаварийной работы направляющих;
- д) значительного снижения уровня колебаний в лобовой и боковой плоскостях;
- е) снижения частоты контакта предохранительной направляющей лапы с ограждающим профілем канатно-профильного проводника, следовательно, уменьшения его износа в результате истирания;
- ж) уменьшения влияния заштыбовки угольной или рудной пылью на долговечность работы подшипниковых узлов роликотых направляющих;
- и) увеличения срока службы осей роликотых направляющих за счет одновременного контакта роликотых и канатно-профильного проводника и перераспределения нагрузки;
- к) уменьшения влияния искривления проводников на износ элементов системы при нарушении крепи ствола;
- л) обеспечения нормативных зазоров на безопасном уровне между направляющей лапой и канатно-профильным проводником.

**Ключевые слова:** шахтные вертикальные стволы, роликотые направляющие, сдвоенные канатно-профильные проводники, скипы, клетки, протывесы, предохранительные направляющие лапы сосудов, консольные расстрелы.

*The manuscript was submitted 16.08.2021*