

**Юрченко Вадим Максимович**, канд. техн. наук, доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: yvm@kuzstu.ru

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА В НАКЛОННОМ СТВОЛЕ ШАХТЫ «РАСПАДСКАЯ»**

**Аннотация:** Критерии выбора транспортных средств хорошо работают тогда, когда потребность горного предприятия закрывается линейкой серийно выпускаемых конвейеров.

В случае реконструкции предприятия с целью увеличения производственной мощности приходится формулировать техническое задание на разработку транспортных машин с новыми техническими характеристиками: производительность, суммарная мощность привода, ширина ленты, скорость ее движения, длина транспортирования.

В рамках данной статьи рассмотрены возможные подходы к обеспечению восточного наклонного ствола шахты «Распадская» конвейерным транспортом. Длина выработки 4100 м, приведенный угол наклона  $+7^{\circ}40'$ .

Первое, с чем следует определиться при любом подходе – это приемная способность конвейера, определяемая скоростью движения и шириной ленты. Увеличение приемной способности до необходимой величины 46,9 т/мин достигается увеличением ширины ленты или увеличением скорости. При этом следует учитывать, что увеличение ширины ленты требует увеличения сечения выработки, следовательно, ведет к ее удорожанию. В тоже время увеличение скорости движения ленты снижает срок службы поддерживающих роликов, увеличивая эксплуатационные расходы конвейера. Для дальнейших рассуждений приняты следующие параметры: ширина ленты – 1400 мм, скорость ленты – 4,0 м/с.

При первом подходе осуществлена попытка установить один ленточный конвейер с трехбарабанным приводом на всю длину восточного наклонного ствола. Проведенные тяговые расчеты показали невозможность создания такого ленточного конвейера по следующим причинам. Суммарная мощность привода составляет 10520 кВт, что требует для реализации трехбарабанной схемы приводной станции с односторонним расположением приводных блоков мощности 4000 кВт. Максимальной прочности лент St-8500, выпускаемых ведущими мировыми производителями, не достаточно для передачи необходимого тягового усилия.

При втором варианте предполагается установка трех ленточных конвейеров. На основании анализа действительного профиля почвы выработки в восточном наклонном стволе рационально установить три конвейера: «верхний» (длина 1320 м, угол  $+10^{\circ}54'$ ), «средний» (длина 1365 м, угол  $+3^{\circ}42'$ ) и «нижний» (длина 1365 м, угол  $+7^{\circ}24'$ ). Такой подход позволит использовать менее прочные ленты: на «верхнем» – резиноленточную St-6300, на «среднем» – монопрокладочную PVG-2500, на «нижнем» – монопрокладочную PVG-4000.

Существенным недостатком этого варианта является появление двух дополнительных перегрузок с сопутствующими недостатками: измельчение груза и образование пыли, дополнительный износ ленты.

Согласно третьему варианту, предлагается установка ленточного конвейера с четырьмя промежуточными приводами «лента – лента» на всю длину восточного наклонного ствола. Этот подход позволяет обеспечить без перегрузочное транспортирование со всеми положительными последствиями, снизить финансовые затраты благодаря возможности применить менее прочные конвейерные ленты: в качестве грузовой ленты – монопрокладочную PVG-4000, а в качестве приводной – монопрокладочную PVG-1400.

**Ключевые слова:** ленточный конвейер, средний и максимальный минутный грузопотоки, приемная способность, эксплуатационная нагрузка на конвейер, мощность привода, промежуточный привод, прочность конвейерной ленты.

**Информация о статье:** принята 13 февраля 2020 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2020-1-23-29

В середине декабря 2019 года шахта «Распадская» досрочно выполнила годовой план – 6,5 млн т. угля. При этом суточная добыча достигала 25000 т.

Шахта «Распадская» – одно из самых передовых предприятий Распадской угольной компании. Запасы угля позволяют предприятию успешно работать более 100 лет. Естественно,

Таблица 1. Сравнительные данные по приемной способности конвейеров при различных скоростях движения ленты [4, 5]

Table 1. Comparative data on the receiving ability of conveyors at various speeds of the tape [4, 5]

Скорость, м/с	3,15	4,0	4,5	5,0
Параметры				
Время загрузки конвейера $t_k = 4100/60 \times V_l$ , мин	21,7	17,1	15,2	13,6
$k_t$ при $k_1 = 1,2$	1,06	1,075	1,085	1,095
$Q_s = 60 a_{l(n)} k_t$ , т/ч - эксплуатационная нагрузка на конвейер	<b>2982</b>	<b>3025</b>	<b>3053</b>	<b>3081</b>
Лента шириной 1200 мм, $\beta_1=35^\circ$ , $S=0,175 \text{ м}^2$				
Приемная способность $Q_{кпр}$ , т/мин	29,7	37,8	42,5	47,3
Макс. производительность конвейера, т/ч	1782	2268	2550	2838
Лента шириной 1400 мм, $\beta_1=35^\circ$ , $S=0,237 \text{ м}^2$				
Приемная способность $Q_{кпр}$ , т/мин	40,3	51,2	57,6	64,0
Макс. производительность конвейера, т/ч	2418	<b>3072</b>	<b>3456</b>	<b>3840</b>
Лента шириной 1600 мм, $\beta_1=35^\circ$ , $S=0,312 \text{ м}^2$				
Приемная способность $Q_{кпр}$ , т/мин	53,0	67,4	75,8	84,2
Макс. производительность конвейера, т/ч	<b>3180</b>	4044	4548	5052

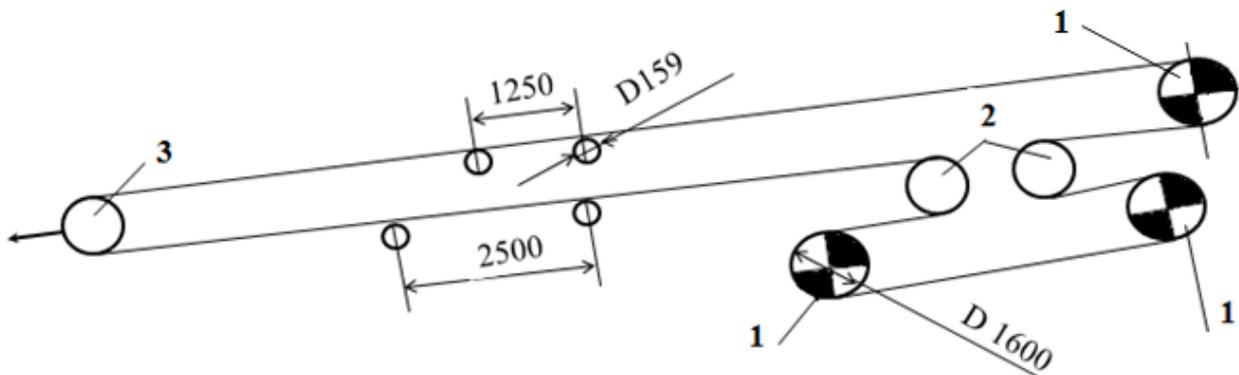


Рис.1. Расчетная схема ленточного конвейера:

1 – приводной барабан, 2 – отклоняющий барабан, 3 – натяжной барабан

Fig. 1. The design scheme of the conveyor belt:

1 – drive drum, 2 – deflecting drum, 3 – tension drum

что для повышения эффективности шахте предстоит увеличить добычу до 12,6-13,6 млн т. в год. Для осуществления этого проекта потребуется решить несколько задач, главная из которых – транспортная задача [1, 2, 3].

В рамках данной статьи рассматриваются три варианта конвейеризации восточного наклонного ствола (длина 4100 м, приведенный угол наклона  $+7^\circ 40'$ ):

- одним ленточным конвейером с трехбарабанным головным приводом,
- тремя последовательно установленными ленточными конвейерами,
- одним ленточным конвейером с четырьмя промежуточными приводами «лента-лента».

Прежде чем переходить к рассмотрению вариантов, необходимо определиться с шириной ленты и скоростью ее движения, которые

определяют приемную способность [4, 5]. Вполне понятно, что существующие ленточные конвейеры с шириной ленты 1200 мм не справятся с планируемой нагрузкой 38000 т в сутки в пересчете на средний минутный грузопоток – 46,9 т/мин, что превышает приемную способность этих конвейеров – 29,7 т/мин при скорости ленты 3,15 м/с. События минимизировать затраты на реконструкцию наклонного ствола, сохранив его сечение, подталкивает на увеличение приемной способности за счет повышения скорости ленты до 5,0 м/с (см. табл 1).

Но использование высоких скоростей 4,0-5,0 м/с при ресурсе отечественных роликов 10000 часов [6] резко снижает надежность ленточного

Таблица 2. Сводные данные по конвейерам восточного наклонного ствола

Table 2. Summary data for conveyors of the eastern inclined trunk

Конвейеры для ВНС	Эксплуатационная нагрузка $Q_э$ , т/ч	Суммарное тяговое усилие $W$ , даН	Натяжение $S_{max}$ , даН	Тип ленты	Запас прочности ленты $n$	Мощность привода	
						$N_{необх}$ , кВт	$N_{бл}$ , кВт
«верхний» 1320 м, +10°54′	3025,0	65362,0	105303,0	ST-6300	8,3	3980,5	3×1600=4800
«средний» 1365 м +3°42′	3025,0	32090,5	35301,9	PVG-2500	9,9	1954,3	2×1000=2000
«нижний» 1365 м. +7°24′	3025,0	50437,5	54619,4	PVG-3150	8,1	3071,6	3×1000=3000

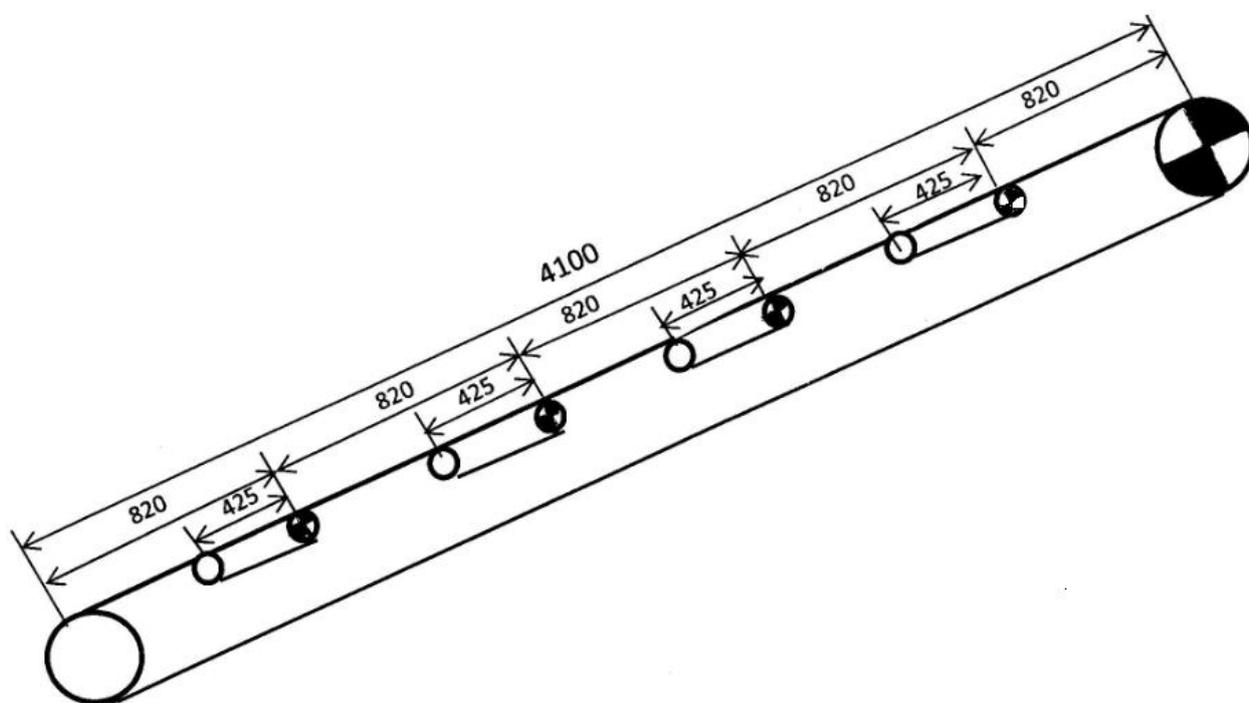


Рис. 2. Расчетная схема ленточного конвейера с четырьмя промежуточными приводами «лента-лента»  
Fig. 2. Design scheme of a conveyor belt with four intermediate drives "tape-tape"

конвейера. Проблема может быть решена применением новых горячеформованных роликов с ресурсом 50000 часов [7], производимых АО «Промтяжмаш», г. Таганрог.

С учетом этой информации в дальнейшем при рассмотрении различных вариантов приняты основные параметры ленточного конвейера: ширина ленты 1400 мм, скорость 4,0 м/с, приемная способность 51,2 т/мин, максимальная производительность 3072 т/ч.

В первом варианте рассмотрена возможность установки одного ленточного конвейера с трехбарабанным приводом на всю длину восточного наклонного ствола. Проведенные тяговые расчеты показали невозможность создания такого ленточного конвейера по следующим причинам: суммарная мощность привода составляет 10520 кВт, что требует для реализации трехбарабанной

схемы приводной станции с односторонним расположением приводных блоков мощности 4000 кВт. Максимальной прочности лент St-8500, выпускаемых ведущими мировыми производителями, не достаточно для передачи необходимого тягового усилия. Таким образом, можно констатировать тот факт, что для создания такого ленточного конвейера отсутствует элементная база.

По второму варианту предполагается установка в восточном наклонном стволе трех ленточных конвейеров последовательно. На основании анализа действительного профиля почвы выработки в восточном наклонном стволе рационально установить три конвейера: «верхний» (длина 1320 м, угол +10°54′), «средний» (длина 1365 м, угол +3°42′) и «нижний» (длина 1365 м, угол +7°24′).

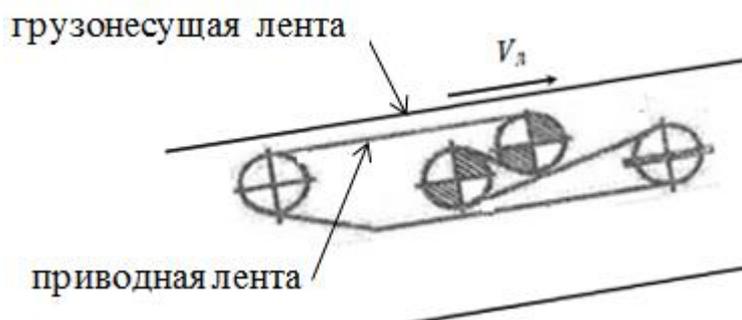


Рис. 3. Схема промежуточного привода «лента-лента» с двумя независимыми приводными барабанами  
 Fig. 3. The scheme of the intermediate drive "tape-tape" with two independent drive drums

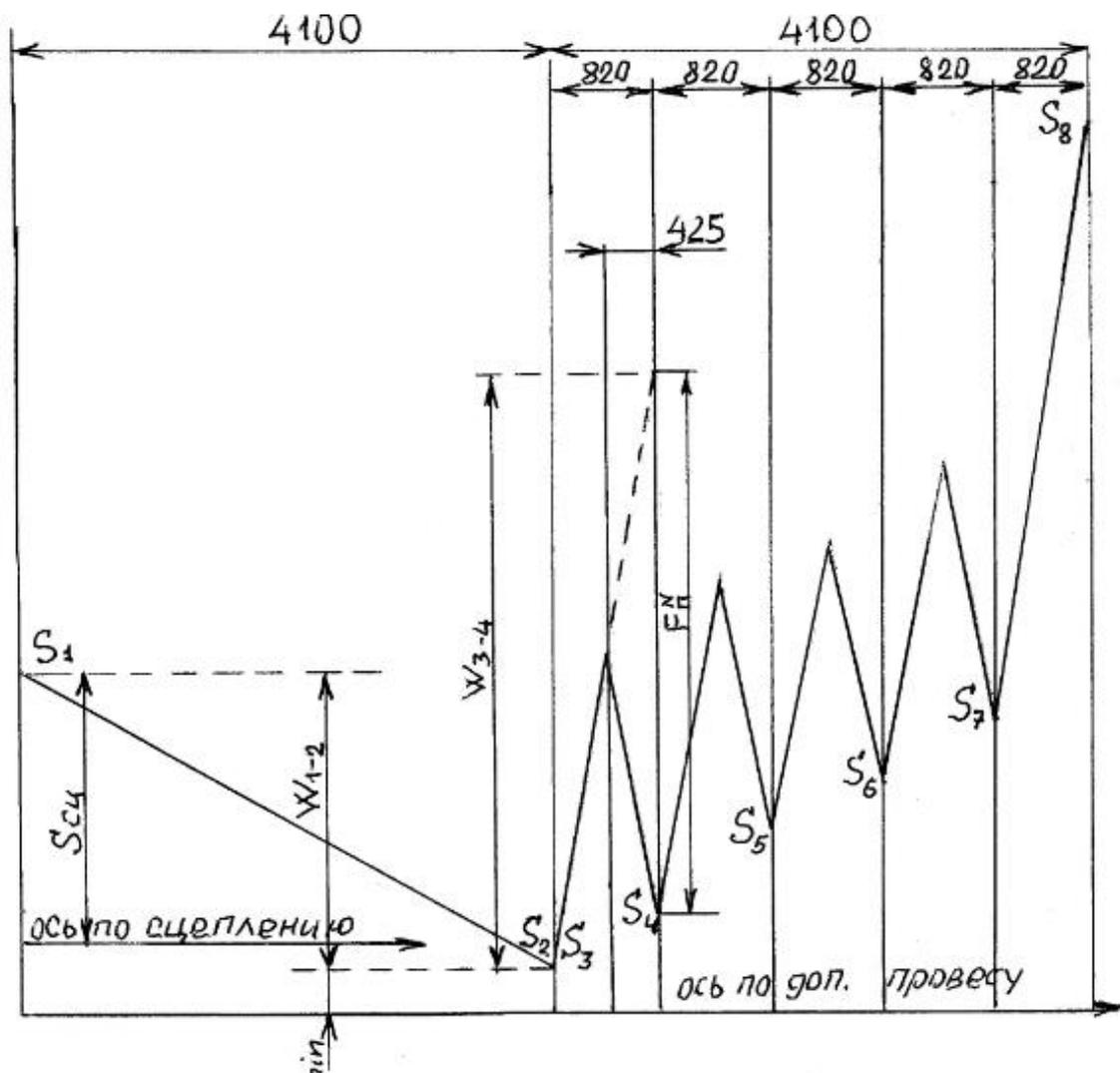


Рис. 4. Диаграмма натяжений ленты конвейера с четырьмя промежуточными приводами «лента-лента»  
 Fig. 4. The diagram of the tension of the conveyor belt with four intermediate drives "tape-tape"

Тяговые расчеты (см. табл. 2) показали, что на «верхнем» и «нижнем» конвейерах может быть реализована трехбарабанная схема привода, а на «среднем» – двухбарабанная. Максимальные натяжения позволят использовать менее прочные ленты: на «верхнем» – резинотросовую St-6300, на «среднем» – монопрокладочную PVG-2500, на «нижнем» – монопрокладочную PVG-3150.

Существенным недостатком этого варианта является появление двух дополнительных перегрузок с сопутствующими негативными

явлениями: измельчение груза и образование пыли, дополнительный износ ленты. Кроме того, эксплуатация осложняется наличием трех типов конвейерных лент.

Согласно третьему варианту, предлагается установка ленточного конвейера с четырьмя промежуточными приводами «лента – лента» на всю длину восточного наклонного ствола.

Такая тенденция прослеживается в мировой практике. Среди различных типов ленточных конвейеров конструкции с несколькими

приводами в настоящее время все чаще считаются представляющими дополнительные возможности экономии затрат в результате снижения веса грузонесущей ленты [8, 9] и расширяющими область применения на выработки криволинейные в плане [10].

В связи с тем, что погонная масса ленты PVG-4000 меньше, суммарная мощность привода конвейера длиной 4100 м составит 10000 кВт.

С целью перераспределения и уменьшения натяжения грузонесущей ленты по длине конвейера предложено всю длину разделить на равные участки по 820 м. Таким образом, на каждом участке конвейера с помощью промежуточного привода (рис. 3) должно реализовываться по 2000 кВт.

Тяговое усилие привода мощностью  $N_n=2000$  кВт определяется по формуле

$$F_n^N = \frac{102 \times N_n \times \eta}{V_l \times k}, \text{ даН}$$

где,  $V_l = 4,0$  м/с – скорость ленты,  $k = 1,32$  – запас мощности,  $\eta = 0,85$  – коэффициент полезного действия привода.

Возможное тяговое усилие  $F_{nz}^e$ , передаваемое грузонесущей ленте трением от приводной ленты, определится следующим образом

$$F_{nz}^e = \mu \times L_n (q_l^o + q_z^o) \times \cos \beta, \text{ даН},$$

где  $\mu = 0,3$  – коэффициент сцепления между лентами (приводной и грузонесущей),  $q_l^o = 50,4$  кг/м – погонная масса грузонесущей ленты,

$q_z^o = 210$  кг/м – погонная масса груза при производительности конвейера 3024 т/ч,  $\beta = 7^\circ 40'$  – средневзвешенный угол наклонного ствола.

Исходя из равенства  $F_n^N = F_{nz}^e$ , определяется длина промежуточного привода

$$L_n = \frac{102 \times N_n \times \eta}{V_l \times k \times \mu \times (q_l^o + q_z^o) \times \cos \beta}, \text{ м}.$$

Для принятых условий длина промежуточного привода составила 425 м.

Мощность на преодоление сил сопротивления движению приводной ленты  $N_{nl}$  промежуточного привода (рис. 3) составит 1200 кВт, а суммарная мощность промежуточного привода  $N_n^\Sigma = N_n + N_{nl}$ , т.е. 3200 кВт.

Таким образом, мощность ленточного конвейера с головным двухбарабанным приводом  $N_z$  и четырьмя промежуточными приводами «лента-лента»  $N_n^\Sigma$  составит  $N_k = N_z + 4 \times N_n^\Sigma$ , т.е. 14800 кВт.

В результате рассредоточения мощности промежуточных приводов по длине конвейера максимальное натяжение грузовой ленты

существенно уменьшится (рис. 4), что позволит применить менее прочные ленты.

Тяговые расчеты показали, что ленточный конвейер с четырьмя промежуточными приводами «лента-лента» может быть реализован следующим образом:

- грузовая лента монопрокладочная  $\sigma_{ep} = 4000$  Н/мм,
- приводная лента монопрокладочная  $\sigma_{ep} = 1400$  Н/мм,
- приводные блоки на двухбарабанном
- головном приводе  $2 \times 1000 = 2000$  кВт,
- приводные блоки на двухбарабанном
- промежуточном приводе  $2 \times 1600 = 3200$  кВт.

Применение ленточного конвейера с промежуточными приводами «лента-лента» позволит снизить финансовые затраты за счет:

- установки приводных блоков с коническо-цилиндрическими редукторами компании Flender с одной стороны става, что потребует меньшего сечения камер для их размещения;
- использования менее прочных монопрокладочных резинотканевых лент: грузонесущей - PVG-4000 и приводной - PVG-1400;
- без перегрузочного транспортирования, способствующего уменьшению износа ленты и исключающего образование пыли.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alspaugh M.A. The evolution of intermediate driven belt conveyor technology . Bulk Solids Handling Volume 23, Issue 3, May 2003, Pages 168-172.
2. Alspaugh M.A. The evolution of intermediate driven belt conveyor technology(Article) Measurement: Journal of the International Measurement Confederation Volume 143, September 2019, Pages 246-257.
3. Schutzhold J, Muller K., Benath K., Hofmann W. Design criteria for energy efficient belt conveyor drives. Conference Paper · June 2014 with 69 Reads DOI: 10.1109/SPEEDAM.2014.6871921 Conference: 2014 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM 2014)
4. Основные положения по проектированию подземного транспорта новых и действующих угольных шахт. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1986.– 355 с.
5. Юрченко В.М. Методика выбора ленточного конвейера по графикам применимости: учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию / В.М. Юрченко; Кузбасс. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2013. – 90 с.
6. ГОСТ Р 57841-2017 Оборудование горно-шахтное. Конвейеры шахтные ленточные. Ролики. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2017. – 19 с.

7. Установка конвейерных роликов ГФУ снижает технические затраты предприятия. Бюро АО «ПромТяжМаш» <http://www.mining-portal.ru/publish/ustanovka-konveyernyih-rolikov-gfu-sniizhet-tehnicheskie-zatratyi-predpriyatiya/> (Accessed 20 December 2019).

8. Masaki, M.S., Zhang, L., Xia, X. Cost optimization design approach for multiple drive belt conveyors (Conference Paper) Journal of Cleaner Production Volume 201, 10 November 2018, Pages 526-541.

9. Maron T., Rausch C. Underground conveyor system between two coal mines in the Czech Republic / Untertägige Förderverbindung zwischen zwei Steinkohlebergwerken in Tschechien (Article) Mining Report\_Volume 150, Issue 1-2, April 2014, Pages 85-89.

10. Kotov M.A., Zaretsky O.M., Sysoev A.B., Kurnikov Y.A., Yurchenko V. M. Belt conveyor. A.S. USSR, no 581013, 1990.

**Vadim M. Yurchenko**, Associate Professor

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesenniyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation

## RECONSTRUCTION OF CONVEYOR TRANSPORT IN THE INCLINED SHAFT OF THE "RASPADSKAYA» MINE

**Abstract:** Vehicle selection criteria work well when a mining enterprise's demand is met by a line of mass-produced conveyors.

In the case of reconstruction of an enterprise in order to increase production capacity, it is necessary to formulate the terms of reference for the development of transport vehicles with new technical characteristics: productivity, total drive power, belt width, its speed, transportation length.

Possible approaches to providing the eastern inclined shaft of the Rapsadskaya mine with conveyor transport are considered in the article. The shaft length is 4100 m, the reduced angle of inclination is  $+7^{\circ}40'$ .

The first thing to decide under any approach is the conveyor's unloading capacity, which is determined by the speed of movement and the width of the belt. An increase in the unloading capacity to the required value of 46.9 m/min is achieved by increasing the width of the belt or increasing the speed. It should be borne in mind that an increase in the width of the belt requires an increase in the cross section of the shaft, therefore, leads to its cost increase. At the same time, increasing the speed of the belt reduces the life of the supporting rollers, increasing the operating costs of the conveyor. For further discussion, the following parameters are adopted: belt width - 1400 mm, belt speed - 4.0 m/s.

In the first approach, an attempt was made to install one belt conveyor with triple-drum drive along the entire length of the eastern inclined shaft. Traction calculations showed the impossibility of producing such a conveyor belt for the following reasons. The total drive power is 10520 kW, which requires a drive station with a one-sided arrangement of drive units with a power of 4000 kW to implement a triple-drum scheme. The maximum strength of the St-8500 belts produced by leading world manufacturers is not enough to transmit the necessary traction.

The second option provides for the installation of three belt conveyors. Based on the analysis of the actual profile of the lying wall of the eastern inclined shaft, it is rational to install three conveyors: "upper" (length is 1320 m, angle is  $+10^{\circ}54'$ ), "medium" (length is 1365 m, angle is  $+3^{\circ}42'$ ) and "lower" (length is 1365 m, angle is  $+7^{\circ}24'$ ). This approach will allow the use of less durable belts: on the "upper" - rubber cable St-6300, on the "middle" - mono-spacer PVG-2500 belt, on the "lower" - mono-spacer PVG-4000 belt.

A significant drawback of this option is the appearance of two additional overloads with concomitant disadvantages: cargo crushing and dust formation, additional belt wear.

According to the third option, it is proposed to install a conveyor belt with four intermediate drives "belt - belt" for the entire length of the eastern inclined shaft. This approach allows ensuring non-reloading transportation with all the positive consequences, reducing financial costs due to the possibility of using less durable conveyor belts: mono-spacer PVG-4000 as a load belt, and mono-spacer PVG-1400 as a drive belt.

**Keywords:** belt conveyor, average and maximum one-minute traffic flows, unloading capacity, conveyor operation load, drive power, intermediate drive, the strength of the conveyor belt.

**Article info:** received February 13, 2020  
DOI: 10.26730/1816-4528-2020-1-23-29

## REFERENCES

1. Alspaugh M.A. The evolution of intermediate driven belt conveyor technology . Bulk Solids Handling Volume 23, Issue 3, May 2003, Pages 168-172.

2. Alspaugh M.A. The evolution of intermediate driven belt conveyor technology(Article) Measurement: Journal of the International Measurement Confederation Volume 143, September 2019, Pages 246-257.

3. Schutzhold J, Muller K., Benath K., Hofmann W. Design criteria for energy efficient belt conveyor drives. Conference Paper • June 2014 with 69 Reads DOI: 10.1109/SPEEDAM.2014.6871921 Conference: 2014 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM 2014)

4. Osnovnye polozheniya po proektirovaniyu podzemnogo transporta novyh i dejstvuyushchih ugol'nyh shaht. □ M.: IGD im. A.A. Skochinskogo, 1986. □ 355 s.

5. Yurchenko V.M. Metodika vybora lentochnogo konvejera po grafikam primenimosti: ucheb. posobie po kursovomu i diplomnomu proektirovaniyu / V.M. Yurchenko; Kuzbass. gos. tekhn.

un-t im. T.F. Gorbacheva. – Kemerovo, 2013. – 90 s.

6. GOST R 57841-2017 Oborudovanie gorno-shahtnoe. Konvejery shahtnye lentochnye. Roliki. Obshchie tekhnicheskie usloviya. □ M.: Standartinform, 2017. – 19 s.

7. Ustanovka konvejernyh rolikov GFU snizhaet tekhnicheskie zatraty predpriyatiya. Byuro AO «PromTyazhMash» <http://www.mining-portal.ru/publish/ustanovka-konveyernyh-rolikov-gfu-snizhaet-tehnicheskie-zatratyi-predpriyatiya/>(Accessed 20 December 2019).

8. Masaki, M.S., Zhang, L., Xia, X. Cost optimization design approach for multiple drive belt conveyors (Conference Paper) Journal of Cleaner Production Volume 201, 10 November 2018, Pages 526-541.

9. Maron T., Rausch C. Underground conveyor system between two coal mines in the Czech Republic / Untertägige Förderverbindung zwischen zwei Steinkohlebergwerken in Tschechien(Article) Mining Report Volume 150, Issue 1-2, April 2014, Pages 85-89.

10. Kotov M.A., Zaretsky O.M., Sysoev A.B., Kurnikov Y.A., Yurchenko V. M. Belt conveyor. A.S. USSR, no 581013, 1990.

### Библиографическое описание статьи

Юрченко В.М. Реконструкция конвейерного транспорта в наклонном стволе шахты «Распадская» // Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 1 (147). – С. 23-29.

### Reference to article

Yurchenko V.M. Reconstruction of conveyor transport in the inclined shaft of the "Raspadsкая» mine. Mining Equipment and Electromechanics, 2020, no.1 (147), pp. 23-29.