

УДК 622.647.622.016.62

**ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
ПРОХОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА: КОМБАЙН МВ670-1, СИСТЕМА  
ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕЙ «СИГМА–1000», САМОПЕРЕДВИЖНАЯ КОН-  
ЦЕВАЯ СИСТЕМА СКС-1.2 КОНВЕЙЕРА КЛКТ-1000**

Ведерников В.Н., студент гр. ГЭсз -161, V курс  
Соснин А.В., студент гр. ГЭсз-161, V курс  
Шапкин С.Е., студент гр. ГЭсз-161, V курс  
Подпорин Т.Ф., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Проходческий комплекс, состоящий из комбайна МВ670-1, системы ленточных перегружателей «СИГМА–1000» и самопередвижной концевой системы СКС-1.2 штрекового ленточного конвейера КЛКТ-1000, применялся в 2019 г. при проведении вентиляционного штрека лавы 26-9 по пласту «Сычевский-1» мощностью 4,5 м на шахте «7 Ноября-Новая» АО «СУЭК-Кузбасс» в Беловском районе Кемеровской области. Запуск первой лавы 26-8 с длиной очистного забоя 360 м, запланирован в конце 2020 г. [1]. Инвест-проект запуска первой лавы оценивается в 10 млрд. рублей [2]. Пласт «Сычевский-1» вскрыт путевым и конвейерным стволами. В настоящее время проводятся выработки, оконтуривающие выемочный столб лавы 26-8. Конвейерный штрек лавы 26-8 и вентиляционный штрек лавы 26-9 проводятся, как спаренные выработки. Длина вентиляционного штрека от наклонного путевого ствола до монтажной камеры № 26-9 составляет 3300 м. Выработка проводится вкрест простирания пласта с углом наклона  $0 - 5^\circ$  в сторону монтажной камеры. Сечение штрека составляет в проходке –  $21,8 \text{ м}^2$ , в свету –  $21 \text{ м}^2$ . «Ложная» кровля пласта представлена слабым мелким алевролитом мощностью 0,15 – 0,35 м, имеющим коэффициент крепости по шкале Протодьяконова  $f = 1,0 - 1,5$  (10 – 15 МПа), обрушается сразу при обнажении. Выработка предназначена для проветривания, передвижения людей, транспортирования материалов и оборудования\*.

Целью статьи является изложение недостатков, выявленных в процессе проведения вентиляционного штрека лавы 26-9 вышеуказанным проходческим комплексом, и обоснование направления его совершенствования.

Рассматриваемый проходческий комплекс относится к поточным «конвейеризированным инновационным комплексам», и его составляющие явля

-----  
\*Паспорт на проведение и крепление путевого штрека (вентиляционного штрека 26-9). Пласт «Сычевский-1». Участок № 8. – Польшаево, 2019. – АО «СУЭК–Кузбасс». – Шахта имени «7 Ноября-Новая».

ются инновационными техническими решениями.

Комбайн MB670-1 – это модернизированный проходческий комбайн MB670 фронтального действия на гусеничном ходу. Конструктивные особенности комбайна позволяют одновременно производить выемку горной массы и установку анкерной крепи кровли и бортов. За счет совмещения этих операций обеспечиваются ускоренные темпы проходки горных выработок [3]. Максимальная ширина резания составляет 5200 мм, а высота резания – от 3500 до 4500 мм. Масса комбайна 105 т [4]. Производительность загрузки погрузочного стола и конвейера равна 25 т/мин. Комбайн MB670-1 изготавливает компания Sandvik Mining and Rock Technology (Швеция) [5].

Самопередвижная концевая система СКС-1.2 является концевой (хвостовой) частью штрекового ленточного телескопического конвейера КЛКТ-1000, и конструктивно представляет секционное управляемое устройство, которое может перемещаться вдоль штрека в направлении подвигания подготовительного забоя, и тем самым осуществлять удлинение конвейера при минимизации ручного труда. Система разработана машиностроительным предприятием ООО «Сибэлекто» (г. Новокузнецк), которое изготавливает ее в двух вариантах: СКС-1.0 и СКС-1.2, соответственно для конвейеров с шириной ленты 1000 и 1200 мм. Линейные секции приспособлены для временного складирования материалов для крепления горной выработки, на них установлены маслостанция, средства управления и автоматизации системой. Тележка перегружателя системы имеет формирователь потока для исключения просыпания горной массы при перегрузке с перегружателя в тележку, Приводная часть перегружателя на тележку. «Сибэлекто» поставляет вместе с системой и перегружатель ленточный типа ПЛХ-800(1000) для использования в качестве промежуточного звена между проходческим комбайном и системой СКС. По мере подвигания проходческого забоя тележка перемещается по приемным секциям системы [6].

На некоторых шахтах в качестве промежуточного звена между проходческим комбайном и системой СКС. применяют систему перегружателей «СИГМА – 800(1000)», разработанную и изготавливаемую компанией СПК-Сибирь (г. Новокузнецк) [7]. Модульно-секционная конструкция и применение шарнирных соединений между перегружателями дает возможность поворота грузопотока поступающего от комбайна в необходимом направлении. Компания предлагает 12 вариантов применения системы для передачи грузопотока от проходческого комбайна на транспортные средства. Производительность перегружателей составляет 10,2 и 16,6 т/мин при скорости ленты 2,5 м/с соответственно при ширине ленты 800 и 1000 мм [8]. В рассматриваемом проходческом комплексе применяется система ленточных перегружателей «СИГМА – 1000», в состав которой входит короткий перегружатель КП «СИГМА-1000» и длинный перегружатель ДП «СИГМА-1000».

Ленточный телескопический конвейер КЛКТ-1000, изготавливает ООО «Завод Красный Октябрь» (г. Ленинск-Кузнецкий). Конвейер может устанавли-

ливаться в выработках, примыкающих к лавам при ведении очистных работ, а также применяться при проходке подготовительных выработок.

Основные технические показатели конвейера: номинальная ширина ленты – 1000 мм; угол наклона боковых роликов – 30°; скорость ленты – 2,0, 2,5, 3,15 м/с. Конвейер предназначен для транспортирования горной массы крупностью не более 300 мм. Модифицированная модель конвейера КЛКТ-1000МИ имеет: скорость движения ленты – 2,5; 3,15 м/с [9]. В рассматриваемом комплексе скорость ленты конвейера принята равной 2,5 м/с.

В соответствии с ГОСТ 31558-2012 расчетная минутная приемная способность ленточного конвейера зависит от ширины ленты, от скорости ленты и угла наклона боковых роликов [10].

При угле наклона боковых роликов 30° и ширине ленты 1000 мм конвейера, приемная способность равна 16,7 м<sup>3</sup>/мин – при скорости ленты 2,5 м/с, и 21,1 м<sup>3</sup>/мин – при скорости 3,15 м/с.

При ширине ленты 1200 мм приемная способность равна 24,7 и 31,2 м<sup>3</sup>/мин, соответственно при скорости 2,5 и 3,15 м/с.

При условно принятой плотности транспортируемой горной массы, равной 1 т/м<sup>3</sup>, массовая приемная способность конвейера при ширине ленты 1000 мм равна 16,7 и 21,1 т/мин, соответственно при скорости ленты 2,5 и 3,15 м/с.

При ширине ленты конвейера 1200 мм приемная способность равна 24,7 и 31,2 т/мин, соответственно при скорости ленты 2,5 м/с и 3,15 м/с.

В Паспорте\* на проведение и крепление вентиляционного штрека рассматривалось применение двух вариантов технологии его проходки с применением проходческого комбайна избирательного действия КП21.

Первый вариант с применением «Стандартной технологии: комбайн – скребковый конвейер», которую применяют большинство проходческих бригад» [11] (комбайн КП21 – скребковый разборный конвейер 2СР70-05).

Второй вариант с применением «Инновационной технологии»: комбайн – ленточный перегружатель, самопередвижная концевая система СКС штрекового ленточного телескопического конвейера.

В «Стандартной технологии...» комбайн КП21 в базовом исполнении, оснащен скребковым конвейером с удлиненной подъемно-поворотной разгрузочной консолью [12], обеспечивает возможность погрузки отбитой массы непосредственно на конвейер 2СР70-05, расположенный сбоку выработки. Расположение конвейера сбоку выработки обусловлено тем, что располагать монорельсовые подвесные дороги для доставки в проходческие забои различных грузов над конвейерами запрещено «ПБ в угольных шахтах» [13, с. 84, п. 278]. Достоинством этой технологии является простота способа перегрузки горной массы с комбайна на конвейер. Практика проведения выработок проходческими комбайнами с применением скребковых конвейеров показала невозможность достижения высоких технико-экономических показателей проходки, так как приходится значительную долю ручного труда (до 50 %) тратить на монтажно-демонтажные операции скребкового конвейера,

зачистку почвы выработки у перегрузочных устройств, на сопряжении конвейеров и возле них [14].

В варианте применения «Инновационной технологии» комбайн КП21 шарнирно соединен с ленточным перегружателем ПЛХ-1000. При этом, обеспечивается погрузка отбитой комбайном горной массы с помощью системы СКС-1.2 на штрековый конвейера КЛКТ-1000, расположенный сбоку выработки. Но, сложившаяся производственная ситуация на шахте требовала сокращения времени проходки штрека. Достичь высоких темпов повышения проходки комплексом с использованием малопроизводительного комбайна избирательного действия КП21 (производительность от 1,8 до 2,4 т/мин [16]) не представлялось возможным. И, учитывая положительный опыт применения на шахтах Кузбасса проходческих комплексов на базе высокопроизводительных фронтальных комбайнов [15, 16], с целью увеличения темпов проходки в комплексе, вместо комбайна КП21 принят высокопроизводительный комбайн фронтального действия МВ670-1 с производительностью 25 т/мин [17, 18]. Следует отметить, что комбайны избирательного действия имеют производительность на порядок меньше, по сравнению с комбайнами фронтального действия [19, с. 73]. Так на шахте «Талдинская–Западная 2» в декабре месяце 2016 г. проходческим комплексом на базе комбайна МВ670 пройдено 1272 м [15]. На шахте «Листвяжная» в июле 2018 г. пройдено комплексом 1650 м горных выработок, – мировой рекорд проведения подземных горных выработок комбайном МВ670 [16].

Высоких темпов проходки на шахтах «Талдинская–Западная 2» и «Листвяжная» добились комплексами, состоящими из комбайна МВ670 и электрического самоходного вагона ТС790, разгружающегося в бункер дробилки-питателя СР310/08-15.. Дробилка-питатель обеспечивает дробление рядового угля (горной массы) до необходимой крупности, и равномерную подачу на ленточный штрековый конвейер продукта дробления [20]. Но эти комплексы по сравнению с поточными «конвейеризированными инновационными комплексами» более трудозатратные, энергозатратные и металлоемкие. Поэтому практический интерес представляет применение «Инновационной технологии» и совершенствование поточных комплексов.

В «Инновационной технологии» комбайном МВ670-1 осуществляется зарубка в поверхность забоя через телескопически выдвигающуюся раму, а не за счёт продвижения ходовой части комбайна,. Ширины вруба может изменяться в пределах от 150 до 300 мм за счет выдвигания режущего барабана гидроцилиндрами телескопа. После окончания цикла резания комбайн втягивает опущенный к почве барабан, защищая при этом почву выработки. За каждый проходческий цикл осуществляется выдвигание вперёд на 1 м режущего барабана и на 0,55 м погрузочного стола с конвейером по отношению к базовой раме комбайна, несущей устройство временной крепи и навесные бурильные установки. Проходческий цикл начинается с подъезда комбайна к забою и распираения его между кровлей и почвой выработки с помощью устройства временной крепи. После того, как комбайн распёрт,

режущий барабан начинает процесс резания, и одновременно начинают работать навесные бурильные установки [17, 18, 21]. Шаг установки анкерной крепи равен 1 м. При этом, за проходческий цикл изменяется место разгрузки горной массы с консоли конвейера комбайна на 0,55 м дважды.

Изменение места разгрузки повлекло изменение способа перегрузки горной массы с комбайна на штрековый конвейер. Для возможности приема горной массы с консоли конвейера комбайна была принята система перегружателей «СИГМА-1000», вместо перегружателя ПЛХ. Короткий перегружатель (КП «СИГМА-1000») хвостовой частью соединяется шарнирно с базовой рамой комбайна, а приводная часть подвешивается к монорельсовому ставу СНДП-155У монорельсовой дороги. Длинный перегружатель (ДП «СИГМА-1000») опирается приводной головкой на тележку перегружателя системы СКС-1.2. Короткий перегружатель принимает горную массу с конвейера комбайна, а ДП «СИГМА-1000» направляет ее в формиратель потока тележки перегружателя системы СКС-1.2. С формирателя горная масса пересыпается на ленту конвейера КЛКТ-1000, с которого перегружается на конвейер 3ЛЛТ-1000, установленный в вентиляционном штреке 26-9, и транспортируется до наклонного конвейерного ствола, по которому ленточным конвейером 4ЛЛ-1600 выдается на поверхность шахты.

За период проведения вентиляционного штрека в работе системы СКС установлены следующие недостатки: – наблюдается сход ленты в сторону; – происходит систематически заштыбовка става системы СКС по всей длине; – затрачивается от 2 до 4 часов на удлинение штрекового конвейера в подготовительную смену из-за необходимости расштыбовки става системы СКС; – имеет место износ бортов ленты, обусловленный трением ее о металлические конструкции става при ее сходе в сторону; – практически исключается визуальный контроль за состоянием става конвейера в пределах всей длины СКС из-за перекрытия сверху секций, а с боков конструктивными элементами системы.

На основании проведенных наблюдений за работой комплекса можно выделить причины заштыбовки става системы СКС, из которых основными являются:

1. Не соответствие в 1,5 раза производительности комбайна и массовой приемной способности штрекового конвейера: 25 и 16,7 т/мин; при этом не исключается просыпание горной массы с ленты в закрытое пространство става системы СКС, приводящее к заштыбовке обеих ветвей ленты конвейера.

2. Поступающая рядовая горная масса содержит куски крупностью более 300 мм за счет того, что «ложная» кровля пласта обрушается сразу после обнажения, попадает на скребковый конвейер комбайна минуя режущий барабан; хотя, благодаря настраиваемым параметрам резания, можно точно устанавливать фракцию отбитой горной массы [3]

3. При поступлении рядовой горной массы с формирателя потока тележки перегружателя в ограниченное по высоте пространство между лентой

и тележкой, в приемной секции системы СКС, не исключается возникновение «затормаживания» крупных кусков, способствующее сходу (сдвигу) ленты в сторону, сопровождаемое просыпанием груза с ленты.

4. Не способствует центральному ходу ленты в металлическом листовом желобе установка роликов над уровнем листов (для снижения трения ленты по металлическому приемному листу); при заштыбовке става ролики перестают вращаться, а при нормальном состоянии способствуют сходу ленты в сторону при нецентральной ее загрузке.

5. Пункт погрузки горной массы на ленту с формирователя потока тележки перемещается по мере подвигания забоя; при этом, в передвижном пункте погрузки отсутствуют необходимые элементы для обеспечения формирования грузопотока транспортируемого материала на ленте и исключения его просыпания на почву выработки; формирование загрузочным устройством потока материала должно обеспечивать расположение его симметрично продольной оси ленты; эти положения являются основными требованиями Руководства по эксплуатации подземных ленточных конвейеров в угольных и сланцевых шахтах [22].

6. Не исключается, что в рабочие смены конвейер может работать при заштыбованном стае СКС; в соответствии с требованиями «Правил безопасности в угольных шахтах» работа при заштыбованном конвейере запрещается [13, с. 90, п. 305].

АО «СУЭК-Кузбасс» – одна из ведущих угледобывающих компаний мира, крупнейший в России производитель угля, крупнейший поставщик на внутренний рынок и на экспорт, закупила семь проходческих комбайнов компания Sandvik Mining and Rock Technology для своих шахт [23].

Комбайны MB670 эксплуатируются на шахтах Австралии, Европы, Китае, СНГ, Южной Африки, США и других стран [17, 18, 24].

На основании анализа вышеизложенного материала можно сделать следующие выводы.

1. При проведении горных выработок просматривается применение комбайнов MB670 фронтального действия на гусеничном ходу, обеспечивающих ускоренные темпы проходки горных выработок за счет возможности одновременного производства выемки горной массы и установки анкерной крепи кровли и бортов.

2. Проходческие комплексы, состоящие из комбайна MB670, самоходных вагонов, дробилки – перегружателя обеспечивают более высокие темпы проходки по сравнению с поточными «конвейеризированными инновационными комплексами», но они значительно трудозатратные, энергозатратные и металлоемкие по сравнению с поточными «конвейеризированными..».

3. В проходческом поточном «конвейеризированном инновационном комплексе» массовая приемная способность штрекового конвейера должна быть больше, чем производительность комбайна; это условие выполняется только при ширине ленты 1200 мм и скорости ленты, равной 3,15 м/с. При невыполнении этого условия не исключается заштыбовка става системы

СКС, и тем самым не обеспечивается нормальное функционирование комплекса в соответствии с требованиями «Правила безопасности в угольных шахтах».

4. Невозможно обеспечить высокие темпы проходки при применении «конвейеризированного инновационного комплекса» с применением комбайна МВ670-1 без решения проблемы перегрузки рядовой горной массы от комбайна на штрековый ленточный конвейер, установленный сбоку выработки

5. Предлагается направить вектор исследований на поиск путей решения проблемы с учетом приемной способности штрекового ленточного конвейера, величины грузопотока поступающего от комбайна МВ670-1, кусковатости транспортируемого материала и обеспечения необходимости формирования грузопотока на ленте штрекового конвейера.

#### Список литературы

1. В Кузбассе состоялся торжественный запуск строительства шахты «7 Ноября-новая». <http://www.suek.ru/media/news/v-kuzbasse-sostoyalsya-torzhestvennyu-zapusk-stroitelstva-shakhty-7-noyabrya-novaya/> (дата обращения 22.01.2020).

2. СУЭК вложит 10 млрд рублей в строительство первой лавы на новой шахте в Кузбассе. <https://tass.ru/sibir-news/5763732> (дата обращения 22.01.2020).

3. Журнал «Горная Промышленность». – 2016. – № 4 (128). – С.42.

4. Sandvik Mining and Rock Technology приняла участие в выставке «Уголь России и Майнинг 2018»// [giab-online.ru/news/382](http://giab-online.ru/news/382) (дата обращения 22.01.2020).

5. Проходческий комбайн Sandvik МВ670-1 // [www.giab-online.ru/files/Prohodcheskiy\\_kombayn\\_Sandvik\\_MB670-1](http://www.giab-online.ru/files/Prohodcheskiy_kombayn_Sandvik_MB670-1) (дата обращения 22.01.2020).

6. Халевин А.А., Шоттер А.В. Импортозамещение, разработка комплекса для скоростного проведения горных работ// Уголь. – 2017. – № 5. – С. 42 – 44.

7. Система перегружателей Сигма 800, 1000 - СПК-Сибирь, ООО // <https://www.oborudunion.ru/sistema-peregrujateley-sigma-800-1000-1000353663> (дата обращения 22.01.2020).

8. СПК-Сибирь — производство, ремонт и сервисное обслуживание горно-шахтного оборудования // [spk-sibir.com>production/?q=42](http://spk-sibir.com>production/?q=42) (дата обращения 22.01.2020).

9. ООО «Завод Красный Октябрь»: Ленинск-Кузнецкий//[kemerovskaya-blast.orgsinfo.ru/](http://kemerovskaya-blast.orgsinfo.ru/) (дата обращения 22.01.2020).

10. Система перегружателей Сигма 800, 1000 - СПК-Сибирь, ООО // <https://www.oborudunion.ru/sistema-peregrujateley-sigma-800-1000-1000353663> (дата обращения 22.01.2020).

11. Организация проходческих работ в угольной промышленности. <http://www.roscoal.ru/content/press-centr/informaciya-dlya-vas/organizaciya-prohodcheskih-rabot-v-ugolnoi-promyshlennosti/> (дата обращения 02.03.2019)

12. Комбайн проходческий КП21. Руководство по эксплуатации КП21.00.00.000 РЭ1// [zinref.ru](http://zinref.ru) Комбайн проходческий КП21 (дата обращения 20.12.2019).

13. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. – Москва: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. – 200 с.

14. Примеры проходки выработок комбайнами. [https://studopedia.su/9\\_86468\\_primeri-prohodki-virabotok-kombaynami.html](https://studopedia.su/9_86468_primeri-prohodki-virabotok-kombaynami.html) (дата обращения 30.01.2019).

15. На шахте «Талдинская-Западная-2» завершился монтаж проходческого комплекса// [mining-media.ru/ru/news/13497-na](http://mining-media.ru/ru/news/13497-na) (дата обращения 22.01.2020).

16. Всероссийский рекорд по проходке установили горняки шахты «Листвяжная» [http://www.eruda.ru/news/7321\\_sds-ugol-shakhta-listvyazhnaya-rekord-prokhodki-kombayn-Sandvik-MB670\\_kuzbass.htm](http://www.eruda.ru/news/7321_sds-ugol-shakhta-listvyazhnaya-rekord-prokhodki-kombayn-Sandvik-MB670_kuzbass.htm) (дата обращения 20.25.2019)

17. Sandvik MB670-1 проходческий комбайн типа типа Bolter Miner//[giab-online.ru](http://giab-online.ru/files)files (дата обращения 22.01.2020).

18. Взрывозащищенный комбайн с анкероустановщиками Sandvik MB670-1 //[rocktechnology.sandvik.ru](http://rocktechnology.sandvik.ru)/Продукция (дата обращения 22.01.2020).

19. Пучков Л.А., Жежелевский Ю.А. Подземная разработка полезных ископаемых: Учебник для вузов: В 2 т. – Москва: Издательство «Горная книга». – 2013.- Т. 2. – 720 с.

20. Дробилка-питатель CR320 — Sandvik Mining and Rock Technology//[rocktechnology.sandvik.ru](http://rocktechnology.sandvik.ru) (дата обращения 20.25.2019).

21. Характеристики комбайна Sandvik MB670//[studbooks.net](http://studbooks.net)-2182518/matematika...kombayna\_sandvik (дата обращения 22.01.2020).

22. Руководство по эксплуатации подземных ленточных конвейеров в угольных и сланцевых шахтах. – Москва : ИГД им. А. А. Скочинского, 1995. – 251 с.

23. В компанию СУЭК-Кузбасс поступил проходческий комплекс Sandvik Mining нового поколения// [rudmet.com/news/8463](http://rudmet.com/news/8463) (12.03.2018, 18:24)

24. Эксплуатация MB-670 в Австралии, Эксплуатация MB-670 в...// [studbooks.net/2049256/matematika](http://studbooks.net/2049256/matematika) (дата обращения 22.01.2020).

---