

Плиту треба конструювати таким чином, щоб її ширина та довжина відповідали конструктивним вимогам барабана млина. Висота плити повинна відповідати певному відношенню висоти плити  $H$  до її довжини  $L$  [5]:

$$\frac{L}{H} = 0,4 \dots 0,6, \quad (10)$$

**Висновки.** Завдяки високій технологічності й простоті монтажно-демонтажних робіт гумовій футерівці можна надати найбільш оптимальні морфометричні параметри; при використанні металевої футерівки одержати такі параметри досить важко. Морфометричні параметри сприяють появі найбільш раціональної форми руху завантаження: хвильовій формі руху кусків породи та кульок, більш високому ступеню турбулентності руху пульпи, ефекту самофутерівки, ефекту ковзання завантаження й фрикційних коливань у зоні контакту і т. д., усе це разом сприяє більш активній дезінтеграції руд.

Використання гумової футерівки значно знижує витрати енергії на встановлення певної геометрії поверхні футерівки, яка гармонійно працює з завантаженням млина та подовжує термін її служби.

Вибір оптимальних параметрів гумової футерівки дає можливість більш інтенсивно проводити дезінтеграцію руди та значно підвищити основні параметри процесу подрібнення, а саме: продуктивність по живленню підвищилася на 10...15 %; питома витрата куль скоротилася на 15...20 %; вихід готового продукту збільшився на 3...7 %; питома витрата електроенергії знизилася на 5...10 %.

#### Список літератури

1. Дырда В. И. Резиновые футеровки технологических машин / В. И. Дырда, Р. П. Зозуля. – Москва – Днепропетровск, 2013. – 237 с.
2. Джирма С. А. Обоснование параметров буферных резиновых футеровок рабочих поверхностей барабанов шаровых мельниц: дис. ... канд. тех. наук: 05.05.02 / Джирма Станислав Александрович; Кировоград. гос. техн. ун-т. – К., 2002. – 177 с.
3. Калганков Є. В. Теоретичне та експериментальне дослідження довговічності гумової футерівки / Калганков Є. В., Цаніді І. М. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. Праць, Ін-т геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2014. – № 116. С. 180–184.
4. Калганков Є. В. Расчет долговечности резиновых футеровок шаровых рудоразмольных мельниц с учетом старения резины / Калганков Є. В. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. Праць, Ін-т геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2013. – № 113. С. 181–202.
5. Пат. 91800 Україна, МПК В02С 17/22. Футерівка барабанного млина / Дирда В. І., Калашніков В. О., Калганков Є. В. та інші.; заявник та власник Дирда В. І., Калашніков В. О., Калганков Є. В. та інші. - у 2014 02657; заявлено 17.03.2014; надруковано 10.07.2014, Бюл. № 13 – 4 с.: іл.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОГО РОТОРНОГО ЭКСКАВАТОРА К-400 ДЛЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

*Р. Тихи, В. Картишек, Инжиниринговая компания «NOEN», Республика Чехия*

Приведены результаты проектирования и создания компактного роторного экскаватора К-400 с невысоким допустимым удельным давлением на поверхность рабочей площадки.

В последние годы сложилась тенденция вторичной разработки техногенных месторождений. Для этих целей проектируются компактные высокопроизводительные комплексы оборудования непрерывного действия.

Компания NOEN в 2014 г. подписала контракт с компанией Mini Marica Iztok. на поставку компактного роторного экскаватора К 400. Компания является одной из крупнейших по

открытой разработке месторождений угля в Болгарии. Этот экскаватор необходим для разработки вторичной вскрыши из внутреннего отвала шахты Трояново-1, которая препятствует добыче около 48 млн. т угля. Поскольку речь идет о вскрыше, которая разрабатывается второй раз, то она называется вторичной.

Вскрыша содержит различные виды глины с примесью песка, а также ила с высоким содержанием воды. Таким образом, мы должны были разработать экскаватор для работы в блоке добываемого материала с небольшой внутренней плотностью, с невысоким допустимым удельным давлением на поверхность и с небольшим углом наклона стрелы. Там, где небольшой гусеничный бульдозер увязнет, большой экскаватор с манометрическим давлением на поверхность 0,065 МПа должен работать. Еще одной проблемой, которую мы должны были решить в процессе проектирования, является высокая вязкость добываемого материала. Это означает необходимость применения на роторном комплексе низкоадгезивных облицовочных материалов и качественных очистителей ленты в устройствах пересыпа. На рис.1 приведен общий вид экскаватора.

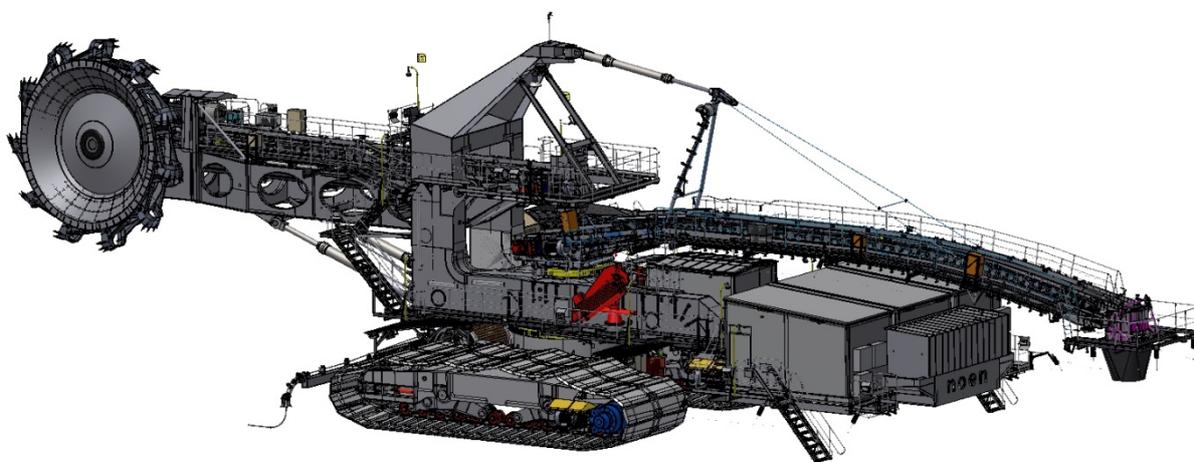


Рис.1. Общий вид экскаватора компактного экскаватора К-400

#### *Описание экскаватора.*

Роторный экскаватор К-400 состоит из ходового оборудования и поворотной платформы. Верхняя поворотная часть машины состоит из поворотной платформы, стрелы ротора и отвальной стрелы. Поворотная платформа со стрелой ротора установлена на ходовом оборудовании на трехрядном цилиндрическом роликоподшипнике, а отвальная стрела независимо установлена на трубе ходового оборудования на двухрядном подшипнике со скрещенными роликами.

В табл. 1 приведены основные технические характеристики экскаватора К-400.

Вся машина передвигается на двухгусеничной ходовой системе. Каждая из гусениц приводится в движение моторами мощностью 2 x 75 кВт. Гусеничная ходовая система своими размерами, или же контактной поверхностью, удовлетворяет необходимые специфические требования к нагрузке на почву — 0,065 МПа.

Гусеничная ходовая система — трехточковая с полностью сбалансированными гусеницами. Гусеница со стороны выпускного конвейера неподвижная, а с наклонной стороны — расположена на шарнирах в раме ходового оборудования.

Каждая гусеница приводится в движение двумя самостоятельными приводными устройствами, подключенными с обеих сторон через фланец к турасному валу. Приводная звездочка (диск Тураса) имеет сменные зубья. Приводные устройства состоят из двигателя, барабанных тормозов, гибкой муфты и редуктора с рычагом опоры, который закреплен на несущей раме ходового оборудования. Натяжение гусениц осуществляется двумя гидроцилиндрами с механической фиксацией натяжного колеса винтом и гайкой.

Все скользящие подшипники ходового оборудования присоединены к центральной

смазочной системе, кроме ведущих колес. Здесь используются самосмазывающиеся стаканы подшипника. На рис.2 приведена гусеничная ходовая система.

Таблица 1

Технические параметры экскаватора К-400

Температурный диапазон при эксплуатации	от -25 до +45	°С
Допустимая скорость ветра при эксплуатации	20	м/с
Допустимая скорость ветра во время простоя	40	м/с
Допустимый наклон во время эксплуатации (продольный и поперечный)	1:20	
Допустимый наклон во время транспортировки (продольный и поперечный)	1:10	
Теоретическая производительность	1300	м <sup>3</sup> .ч. <sup>-1</sup>
Техническая производительность	550	м <sup>3</sup> .ч. <sup>-1</sup>
Удельная сила резания	58-68	кН/м
Глубина копания	1	м
Высота блока	8	м
Ширина блока	27	м
Угол бокового откоса	35	градус
Диаметр роторного колеса	8	м
Разворот машины	±150	градус
Разворот отвальной стрелы	±90	градус
Скорость движения	от 3 до 6	м.мин <sup>-1</sup>
Длина стрелы ротора	21	м
Длина отвальной стрелы	25	м
Высота бункера отвальной стрелы	от 1,5 до 9	м
Ширина конвейерной ленты	1,4	м
Удельное давление на поверхность	0,065	МПа
Клиренс машины (над землей)	900	мм
Габаритная высота кабельного барабана (над землей)	1200	мм
Установленная мощность	1070	кВт
Напряжение питания	6000	В
Общая масса экскаватора	600	т
Общая масса передвижного бункера	15	т

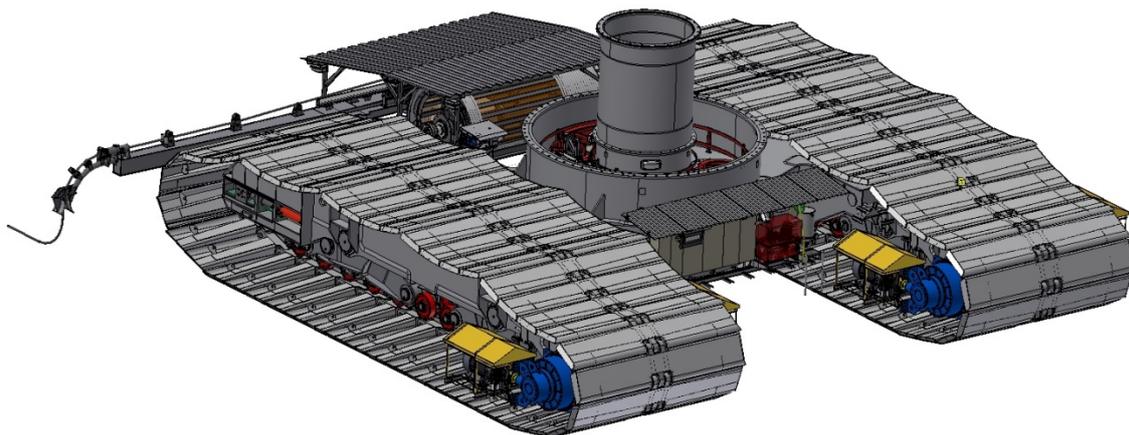


Рис.2. Гусеничная ходовая система экскаватора К-400

Внутри кольцевой балки ходового оборудования расположен кабельный контур для передачи электрической энергии от кабельного барабана на поворотную платформу. Доступ к кабельному контуру снизу.

К центральной части ходового оборудования прикреплен сварной каркас, несущий кабельный барабан. Кабельный барабан используется для питания всей машины. На кабельный барабан наматывается в три слоя 1000 м кабеля. Кабельный барабан оснащен механизмом автоматической размотки и намотки с фиксацией кабеля. Кабель через укладчик наматывается на барабан или складывается на землю.

Стальная конструкция поворотной платформы — это сварная конструкция корпусного типа с колоннами и продольными балками прямоугольного сечения, несущая распределительные устройства, противовесы и другие устройства. Выходы на машину находятся в задней части оборудования возле распределительных устройств. Выход на стрелу ротора находится по лестнице рядом с главной колонной, а переход — у шипового соединения стрелы ротора. Выход на отвальную стрелу находится в задней части поворотной платформы и возможен только в определенном положении стрелы ротора и отвальной стрелы. На рис.3 приведена стальная конструкция поворотной платформы экскаватора К-400.

Расстояние основных несущих колонн стальной конструкции от оси вращения машины было спроектировано и адаптировано таким образом, чтобы стрела ротора и отвальная стрела разворачивались и приближались на необходимых  $50^\circ$ . Для удовлетворения этого требования между стрелами был предусмотрен пересып.

Вращение стрелы ротора и поворотной платформы обеспечивают два двигателя с планетарными передачами мощностью  $2 \times 22$  кВт. Планетарная передача прикреплена к стальной конструкции поворотной платформы; ее приводит в движение мотор со встроенным тормозом. Питание электроприводов цапфы осуществляется через преобразователь частоты. Приводной механизм также оснащен скользящей муфтой для регулировки максимального момента. Выходной вал редуктора оснащен шестерней с эвольвентными зубьями, которая захватывает внешними зубьями обод поворотного подшипника.

Положение цапфы постоянно проверяется, рабочие положения можно плавно регулировать, а конечные положения цапфы относительно ходового оборудования ограничены конечными выключателями. Для смазки поворотного подшипника используется смазочная система, которая распределяет смазку по достаточному количеству точек.

С левой стороны машины в направлении потока материала находится кабина водителя. Кабина водителя, помимо прочего, оснащена: кондиционером, двойным стеклоочистителем, омывателем, пневматически подрессоренным креслом с джойстиком и пультами управления, расположенными под подлокотниками кресла, защитным клеенным стеклопакетом, пультом управления и монитором.

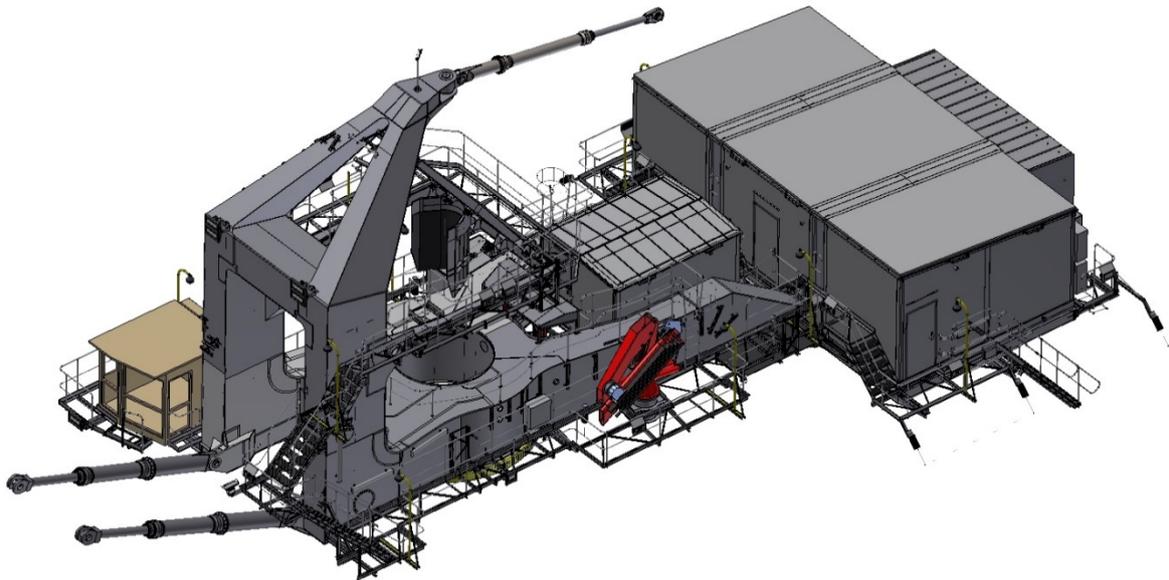


Рис.3. Стальная конструкция поворотной платформы экскаватора К-400

Несущая часть стелы ротора состоит из сварной стальной конструкции с двумя профилированными главными балками, с системой поперечных балок. Стальная конструкция профилирована таким образом, чтобы на ней можно было разместить колесо с ковшами методом консольного крепления.

Расстояние оси колеса ротора от оси вращения машины 21 м, а длина самой стрелы ротора (т.е. расстояние оси колеса от оси наклона стрелы) составляет 17,5 м. В задней части стрелы есть ступицы для шипового соединения с несущими колоннами поворотной платформы. Конвейер проходит частично над и частично между главными балками стальной конструкции. На жесткой раме на стороне перепада находится приводной барабан с мотором на однорычажном (консольном) креплении. Двигатель состоит из мотора, тормоза, муфты, редуктора и рычага опоры. Натяжной барабан находится спереди и управляется с помощью двух гидравлических цилиндров с гидравлическими замками. Натяжной барабан находится внутри колеса ротора. В центральном пересыпе есть регулируемый щит, выстланный органическим полимером BELTA S1000, задающий направление потока материала к бункеру отвального конвейера.

Подъемный механизм стрелы ротора управляется парой гидравлических цилиндров. Оба цилиндра гидравлически связаны. Положения стрелы ротора будут измеряться ротационным датчиком. Крайние позиции ограничиваются конечными выключателями.

Колесо с ковшами диаметром 8 м имеет бескамерную конструкцию. Оно спроектировано как одногранное. Несущая конструкция колеса состоит из ободного кольца, двух несущих конусов и диска, через который колесо привинчено высокопрочными винтами к валу колеса. Конус, после которого материал падает, покрыт сталью Hardox для более длительного срока эксплуатации обшивки. Поверхность этого конуса стирается острием в бункере.

По периметру колеса равномерно расположено одиннадцать ковшей. Ковши сварные, а их оболочка — из износостойкой стали Hardox. На оболочке приварены адаптеры для крепления съемных зубьев. Внутренние боковые поверхности ковшей выстланы органическим полимером BELTA S1000, чтобы избежать прилипания набираемого материала. Дно ковшей состоит из цепей — для обеспечения хорошей высыпания материала из ковша.

Кольцо трения резьбовым соединением надежно прикреплено к стальной конструкции стрелы ротора. Цилиндрическая уплотняющая поверхность кольца покрыта сталью Hardox с целью продления срока эксплуатации. На рис.4 приведен общий вид роторного колеса экскаватора К-400.

В приводе колеса используется коническо-цилиндрическая планетарная передача. На

плече редуктора установлен электродвигатель мощностью 315 кВт с тормозами и гибкой муфтой. Редуктор защищен от перегрузки скользящей муфтой. Прижатие шкива достигается тарельчатыми пружинами. Усилением или ослаблением пружин можно задать значение передаваемого крутящего момента. Скользящая муфта защищает от чрезмерных перегрузок как привод колеса ротора, так и стальную конструкцию машины, и обеспечивает безопасность работы машиниста экскаватора. Весь приводной механизм крепится к валу колеса консольным методом посредством муфтового соединения на выходном валу редуктора. На другом конце рычаг опоры прикреплен к стальной конструкции стрелы ротора через сайлентблоки, которые гасят удары в процессе добычи материала.

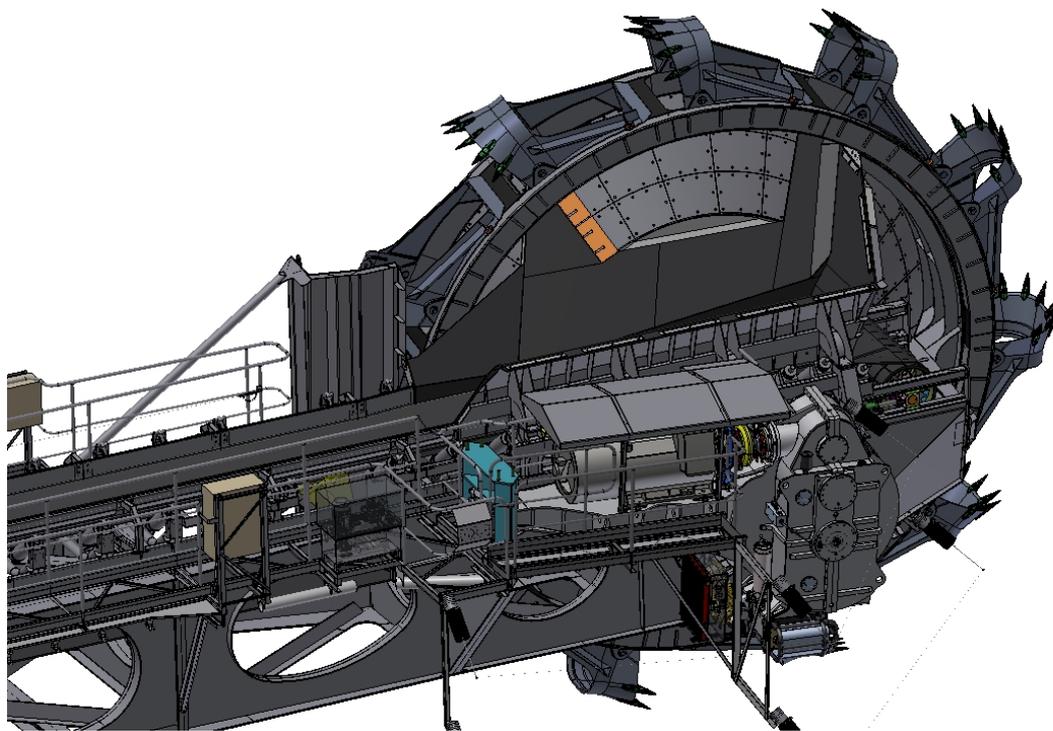


Рис.4. Общий вид роторного колеса экскаватора К-400

Отвальная стрела состоит из фиксированной, поворотной и подвижной, откидной части. Поворотная часть расположена на поворотном подшипнике, который привинчен на трубе, ведущей от ходового оборудования. В конце поворотной части шиповым соединением прикреплена откидная часть. Эта система имеет преимущество в том, что бункер центрального пересыпа не меняет своего наклона. Между основными балками проходит конвейерная лента, а вдоль них — мостики доступа. На конце стрелы расположена гидравлически уравновешенная воронка с подрессоренным щитом. Расстояние оси воронки от оси вращения машины – 25 м.

В верхней части колонн поворотной платформы вращательным движением установлен гидроцилиндр хода отвальной стрелы. Вертикальный штифт установлен вращательным движением возле главной вертикальной оси машины, что делает возможным вращение отвальной стрелы.

Вращение отвальной стрелы осуществляется с помощью двух планетарных передач с двигателями 2 x 2,2 кВт. Приводные механизмы расположены рядом с бункером отвальной стрелы. К приводам обеспечен легкий доступ для обслуживания с мостиков поворотной платформы. Вращение отвальной стрелы относительно ходового оборудования — максимум  $\pm 90^\circ$ .

Подъемный гидравлический цилиндр соединен через подвеску со стальной конструкцией отвальной стрелы и обеспечивает ее наклон в крайние положения — мин. 1,5 м и макс. 9 м над основной плоскостью поверхности. На рис. 5 приведена конструкция пересыпа горной массы на отвальную стрелу.

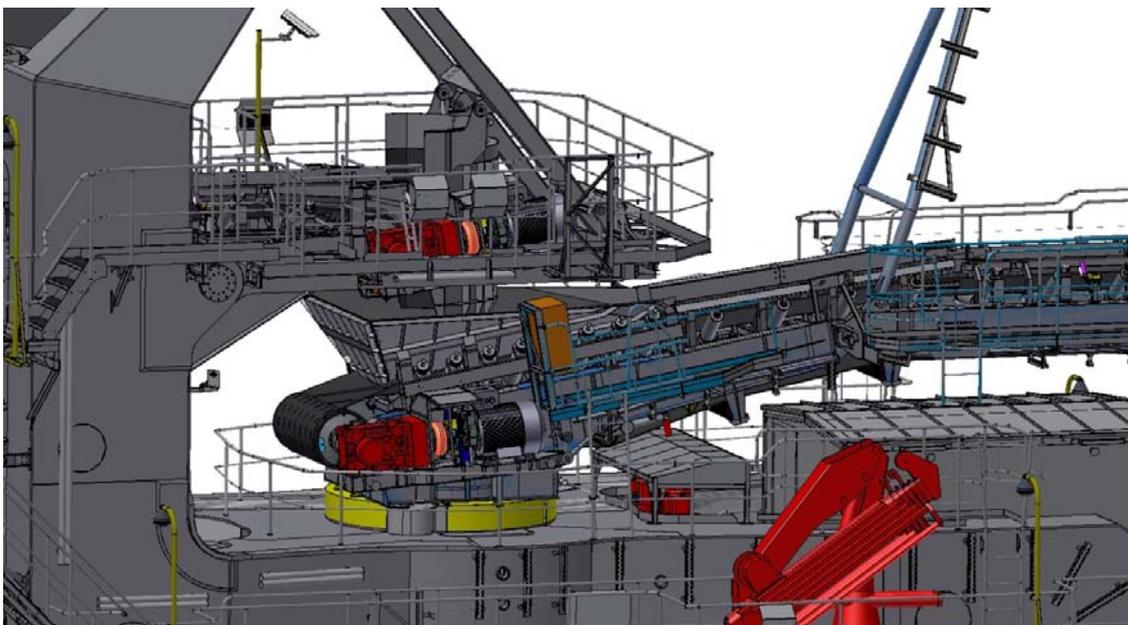


Рис. 5. Конструкция пересыпа горной массы на отвальную стрелу экскаватора К-400

Оба конвейера разработаны для лент шириной 1400 мм и скорости 3 м/с, с углом боковых роликов  $36^\circ$ .

В конвейерах используются роликовые гирлянды из гладких роликов  $\varnothing 159$  мм. В местах падения — подрессоренные роликовые гирлянды  $\varnothing 194$  мм. Нижняя ветка ленты проходит по дисковым роликам  $\varnothing 194$  мм. По бокам конвейеров расположены борта, которые предотвращают выпадение больших кусков с ленты конвейера.

На концах перепада конвейеров установлены очистители внешней стороны ленты производства компании Martin для ограничения выпадения материала. Стирающие острия грабельных очистителей изготовлены из твердого сплава для обеспечения долгого срока службы. Стираемый материал отводится в соответствующий пересып.

Возвратные барабаны прорезинены и имеют пазы для облегчения отставания налипшего материала. Движущие барабаны также прорезинены и с пазами.

Внутренние поверхности бункеров выстланы органическим полимером BELTA S1000 с низкой адгезией. Оба щита также выстланы этим материалом. Скользящая поверхность бункера отвальной стрелы из-за липкости добываемого материала очищается воздушной пушкой.

Оба конвейера имеют одинаковые, установленные на валу приводные механизмы с коническо-цилиндрическими передачами.

Функцию крана на экскаваторе обеспечивает складной погрузочный гидравлический кран с канатной лебедкой и пультом дистанционного управления, прикрепленный на уровне мостика на правой стороне поворотной платформы в направлении потока материала. Допустимая нагрузка и диапазон выгрузки крана охватывают центральную область машины от оси вращения до распределительного щита. В этой зоне можно манипулировать с большинством установленных компонентов. Кран защищен от перегрузки электронной системой.

Машина также оснащена мобильным бункером на рельсовом ходу для колеи S49. Бункер позволяет ездить по центральным частям конвейерной ленты шириной 1600 мм. Он оснащен независимыми приводными механизмами и питается от конца отвальной стрелы экскаватора посредством кабеля длиной 50 м. Ход бункера контролируется автоматически системой управления экскаватора в зависимости от движения экскаватора, вручную из кабины водителя или в экстренном режиме — вручную на панели управления на месте.

Таким образом, инженерам компании «NOEN» удалось создать новый компактный роторный экскаватор для производства вскрышных работ при отработке месторождений полезных ископаемых открытым способом, который эффективно может быть использован на карьерах средней и большой производственной мощности.