

## Список літератури

1. Життя, віддане науці. М.Г. Новожилов / За ред. професорів І.Л. Гуменика та В.Ю. Пушкіна. – Дніпропетровськ.– НГУ. – 2005. -112 с. - Рос. мов.

### **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД НА МОТРОНОВСКОМ ГЗК**

*Я. Краса, В. Карпишек, Акционерное общество «НОЕН», Чехия*

Статья посвящена открытой разработке россыпных месторождений с большой мощностью вскрышных покрывающих пород. Рассмотрена эффективность применения комплексов горнотранспортного оборудования цикличного и непрерывного действия. Приведены результаты исследований, которые позволили сформулировать технические требования к комплексу разработки вскрышных пород в условиях разработки Мотроновско-Анновской россыпи. Разработана технологическая схема работы роторного комплекса непрерывного действия для разработки вскрышных пород в Мотроновско-Анновском карьере.

В общем случае открытая разработка россыпных месторождений с большой мощностью вскрыши может проводиться по различным технологическим схемам и соответствующим выбором систем открытой разработки. Выбор рациональной технологических схем разработки месторождения должен проводиться с учетом горно-геологических, экологических, технологических, экономических и социальных факторов.

В настоящее время при разработке мягких вскрышных пород широко применяются комплексы горнотранспортного оборудования с использованием циклических одноковшовых экскаваторов и автотранспорта, роторных экскаваторов непрерывного действия и конвейерного транспорта.

В проекте разработки Мотроновско-Анновского участка Малышевского титаноциркониевого месторождения предусмотрена транспортная система разработки с применением циклических экскаваторов – гидравлических мехлопат (ЭГ), шагающих экскаваторов (ЭШ) и автосамосвалов.

Из теории и практики открытых горных работ известно, что стоимость разработки и транспортирования 1 м<sup>3</sup> горной массы комплексами оборудования непрерывного действия в 1,5 – 2 раза меньше в сравнении с применением комплексов циклического действия.

В этой связи было принято решение о конструировании комплекса непрерывного действия для разработки вскрышных пород Мотроновско-Анновской россыпи с учетом реальных горно-геологических условий залегания месторождения, включающего роторный экскаватор, систему конвейеров и отвалообразователь.

Основные технические требования к комплексу разработки вскрышных пород приведены в табл. 1.

Согласно техническим требованиям для условий Мотроновско-Анновской россыпи инжиниринговой компанией «НОЕН» (г. Прага, Чехия) разработан комплекс оборудования непрерывного действия, включающий роторный экскаватор – KR5600Nk-2, отвалообразователь – ZA5600Nh-1, систему конвейеров – DPD1800, ленточных перегружателей – PV5600Np-2. Техническая характеристика роторного экскаватора KR5600Nk-2 приведена в табл. 2.

Предлагаемый роторный экскаватор KR5600Nk-2 концептуально основан на конструкции экскаваторов компактного роторного типа. Экскаватор предназначен для разработки и транспортирования мягких горных пород.

Таблица 1

## Технические требования к комплексу разработки вскрышных пород

| Параметр  | Показатель |
|---|------------|
| Годовая производительность по вскрыше, млн. м <sup>3</sup> /год | 10         |
| Требуемая часовая производительность, м <sup>3</sup> /ч         | 2 650      |
| Объемный насыпной вес породы, т/ м <sup>3</sup>                 | 1,27÷1,50  |
| Объемный вес породы, т/ м <sup>3</sup>                          | 1,65÷1,95  |
| Высота обрабатываемого уступа, м                                | 20         |
| Глубина черпания ротора ниже уровня стояния, м                  | 1,5        |
| Фронтальный угол откоса уступа, град °                          | 60         |
| Боковой угол откоса забоя, град                                 | 50         |
| Среднее удельное давление на грунт, МПа                         | 0,125      |
| Напряжение эл. питания, кВ                                      | 6          |
| Максимальный уклон транспортирования горной массы               | 1:20       |

Таблица 2

## Техническая характеристика роторного экскаватора KR5600Nk-2

| Параметр  | Показатель |
|---|------------|
| Общий вес, т  | 1 500      |
| Диаметр ротора, м                                   | 10,5       |
| Скорость оборотов ротора, мин <sup>-1</sup>         | 2,27÷5,46  |
| Номинальный объём ковша, м <sup>3</sup>             | 1,8        |
| Количество ковшей                                   | 12         |
| Мощность привода ротора, кВт                        | 1 000      |
| Ширина конвейерной ленты, мм                        | 2 000      |
| Скорость конвейерной ленты, м/с                     | 4,8        |
| Макс. высота добываемого блока, м                   | 20         |
| Макс. расстояние высыпания от центра экскаватора, м | 26         |
| Скорость передвижения экскаватора, м/мин            | 4          |
| Среднее удельное давление на грунт, МПа             | 0,125      |
| Макс. угол откоса при разработке, град              | 4          |
| Макс. угол откоса при транспортировке, град         | 6          |
| Напряжение питания, кВ                              | 6          |

Для определения технических параметров и производительности экскаватора была установлена зависимость теоретической производительности от удельного сопротивления копания горных пород.

На рис. 1 приведен график зависимости теоретической производительности  $Q_{th}$  от сопротивления пород копания  $F_{MR}$ . Из данных, приведенных на графике видно, что максимальная производительность роторного экскаватора (более 6 тыс. м<sup>3</sup>/час) при разработке вскрышных пород Мотроновско-Анновской россыпи достигается при усилии копания менее 93 кН/м.

Экскаватор оснащен автоматизированной системой управления для контроля и мониторинга основных технологических функций экскаватора. Наряду с необходимыми датчиками, блоками управления и другими компонентами обеспечивается комплексное управление соответствующих узлов экскаватора. Информация о рабочих состояниях экскаватора отображается на мониторе в кабине машиниста. Общий вид роторного экскаватора KR5600Nk-2 приведен на рис. 2.

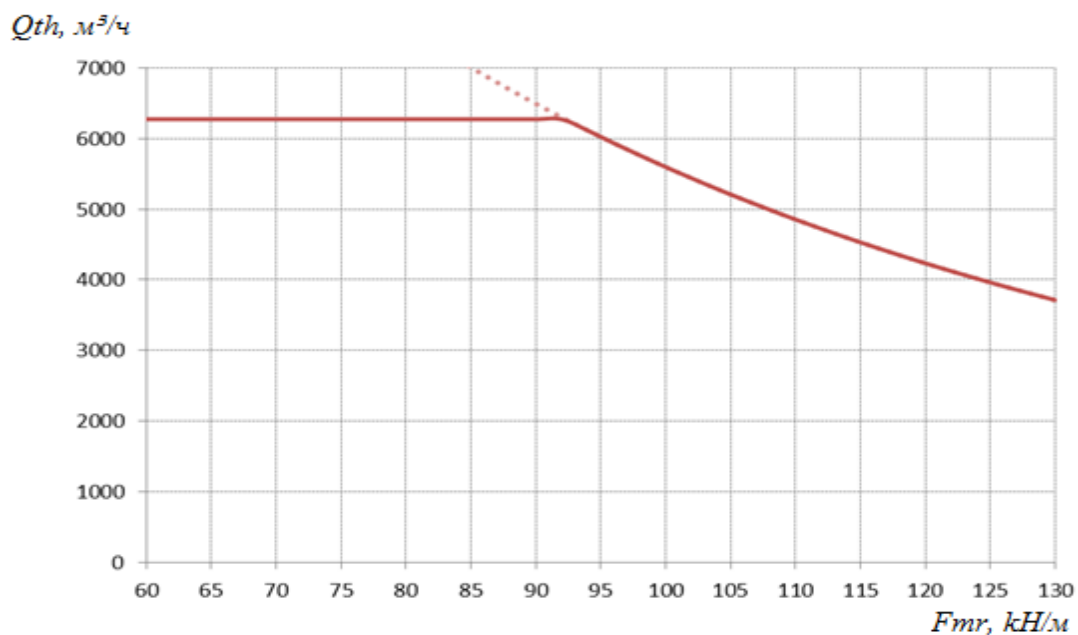


Рис.1. График зависимости теоретической производительности  $Q_{th}$  от сопротивления пород копанию  $F_{MR}$

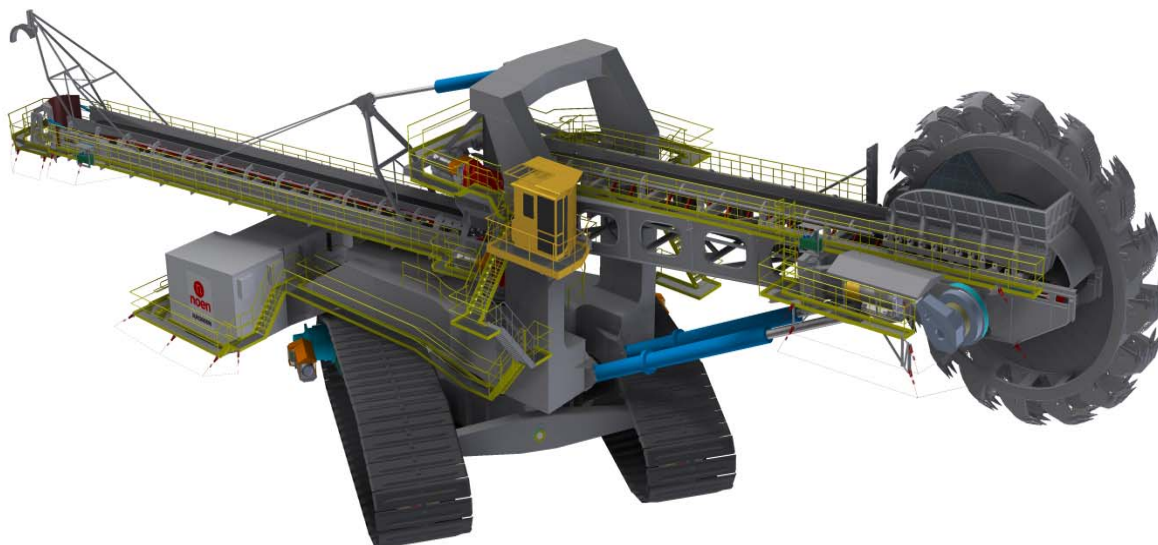


Рис.2. Общий вид роторного экскаватора KR5600Nk-2

На экскаваторе предусмотрено автоматическое регулирование скорости поворота. Регулировка скорости поворота в зависимости от угла между роторной стрелой и осью установки экскаватора – "полумесяц", увеличивает скорость при увеличении этого угла. Это позволяет поддерживать постоянную поверхность среза, и тем самым сохраняя постоянную производительность экскаватора. Автоматическое управление может быть отключено водителем.

Параметры элементов системы разработки роторного экскаватора в торцевом забое приведены на рис. 3. При этом ширина заходки экскаватора достигает 35 м.

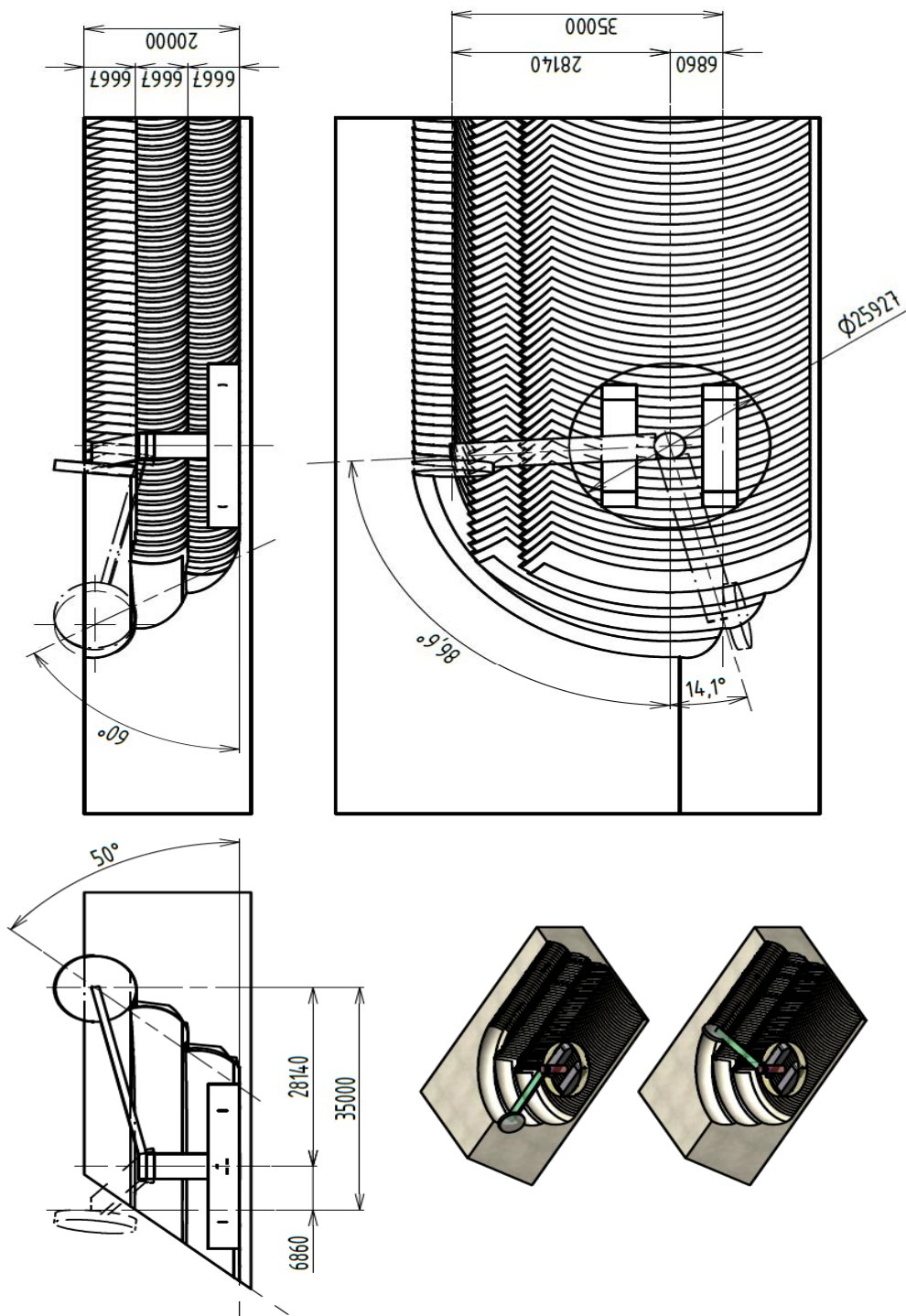


Рис. 3. Параметры элементов системы разработки роторного экскаватора в торцевом забое

Комплекс оборудования непрерывного действия разработки вскрышных пород включает применение ленточных перегружателей – PV5600Np-2.

Ленточные перегружатели значительно повышают маневренность и подвижность обслуживаемых горнодобывающих машин (роторных экскаваторов), передающих добываемую породу посредством ленточных перегружателей на систему магистральных конвейеров и отвалообразователь. Общий вид ленточного перегружателя PV5600Np-2 приведен на рис 4.



Рис.4. Общий вид ленточного перегружателя PV5600Np-2

Основная часть машины состоит из двух стрел – консолей, приемной и разгрузочной, на которых расположены отдельные ленточные конвейеры. Обе стрелы закреплены на центральной поворотной конструкции, угол наклона которых регулируется с помощью гидравлических цилиндров, размещенных в верхней части поворотной конструкции. Поворотная конструкция, несущая обе стрелы расположена на поворотной платформе гусеничного хода, угол поворота которой составляет 360°.

Необходимо отметить, что ленточный перегружатель PV5600Np-2 может передавать горную массу на магистральную конвейерную систему, которая находится на верхней площадке уступа (на высоту до 10 м от рабочей площадки ленточного перегружателя).

Техническая характеристика ленточного перегружателя PV5600Np-2 приведена в табл. 3.

Таблица 3

Техническая характеристика ленточного перегружателя PV5600Np-2

| Параметр   | Показатель |
|--|------------|
| Общий вес, т   | 375        |
| Теоретическая производительность, м <sup>3</sup> /ч                | 5 600      |
| Ширина конвейерной ленты, мм                                       | 1 800      |
| Скорость конвейерной ленты, м/с                                    | 5,07       |
| Мощность привода конвейера – принимающая/ разгруз. стрела, кВт     | 315 / 315  |
| Расстояние от оси поворота к оси барабана прием. стрелы, м         | 32,5       |
| Скорость передвижения перегружателя, м/мин                         | 8          |
| Среднее удельное давление на грунт, МПа                            | 0,1        |
| Макс. угол откоса при разработке                                   | 1:20       |
| Макс. угол откоса при транспортировке                              | 1:10       |
| Мин. /Макс. температура окружающей среды, °С                       | -20 / +40  |
| Макс. допустимая скорость ветра (остановленный перегружатель), м/с | 36         |
| Приводная мощность, кВт  | 876        |

Для укладки вскрышных горных пород на отвале для условий Мотроновского карьера предусмотрено использование отвалообразователя – ZA5600Nh-1. Общий вид

отвалообразователя приведен на рис. 5. Техническая характеристика отвалообразователя приведена в табл. 4.



Рис. 5. Общий вид отвалообразователя ZA5600Nh-1

Таблица 4

Техническая характеристика отвалообразователя ZA5600Nh-1

| Параметр                                     | Показатель      |
|--|-----------------|
| Производительность, м <sup>3</sup> /ч        | 5600            |
| Ширина ленты, мм                             | 1 800           |
| Температура окружающей среды, °С             | от - 20 до + 40 |
| Длина стрелы, м                              | 80              |
| Среднее удельное давление на грунт, МПа      | 0,08            |
| Максимальная высота укладки ярусов отвала, м | 22              |
| Ходовая система                              | гусеничная      |
| Масса, т                                     | 1300            |
| Приводная мощность, кВт                      | 2 550           |

Отвалообразователь позволяет укладывать горную массу в рабочем диапазоне радиуса разгрузки. Материал подается конвейером из петлевой тележки сначала на ленточный перегружатель PV5600Np-2, далее материал пересыпается на соединительный мост отвалообразователя и поступает на отвальную стрелу.

Отвалообразователь ZA5600Nh-1 состоит из соединительного моста на подпорном, гусеничном шасси, отвальной стрелы, поворотного устройства, противовеса и гусеничного шасси. Отвалообразователь спроектирован для работы в агрессивной атмосфере в диапазоне температур воздуха от - 20 С до +40 °С. Кабина оператора отвалообразователя включает в себя пульт управления, освещение, кондиционер, фильтрацию воздуха, пневматический подвесной стул, защитное стекло, гибкое укрепление кабины и т.д.

Для комплекса был разработан вариант ленточной конвейерной системы с типом ленты – EP 1800/5 A, шириной – 1800 мм. Скорость движения ленты – 5,26 м/с.

Техническая характеристика системы конвейеров приведена в табл. 5.

Приводные станции конвейеров будут закреплены на бетонном фундаменте или на рельсовом шасси. В перегрузочной части установки находится регулируемый щит для направления материала в отводящий патрубок следующего конвейера. Щит и отводящий патрубок бронированы, стойкими к стиранию, металлическими листами. Перегрузочная установка полностью закрыта кожухами.

## Техническая характеристика системы конвейеров

| Конвейер | Количество | Ширина ленты, м | Длина, м | Производительность, м <sup>3</sup> /ч | Приводная мощность, кВт |
|----------|------------|-----------------|----------|---------------------------------------|-------------------------|
| КЛ-1     | 1 шт.      | 1800            | 950      | 5 600                                 | 3 x 500                 |
| КЛ-2     | 1 шт.      | 1800            | 950      | 5 600                                 | 3 x 500                 |
| КЛ-3     | 1 шт.      | 1800            | 740      | 5 600                                 | 3 x 500                 |
| КЛ-4     | 1 шт.      | 1800            | 380      | 5 600                                 | 2 x 500                 |
| КЛ-5     | 1 шт.      | 1800            | 500      | 5 600                                 | 2 x 500                 |
| КЛ-6     | 1 шт.      | 1800            | 950      | 5 600                                 | 3 x 500                 |
| КЛ-7     | 1 шт.      | 1800            | 580      | 5 600                                 | 2 x 500                 |
| Итого    | 7 шт.      | -               | 5 050    | -                                     | 9 000                   |

Общий вид приводной станции приведен на рис. 6.

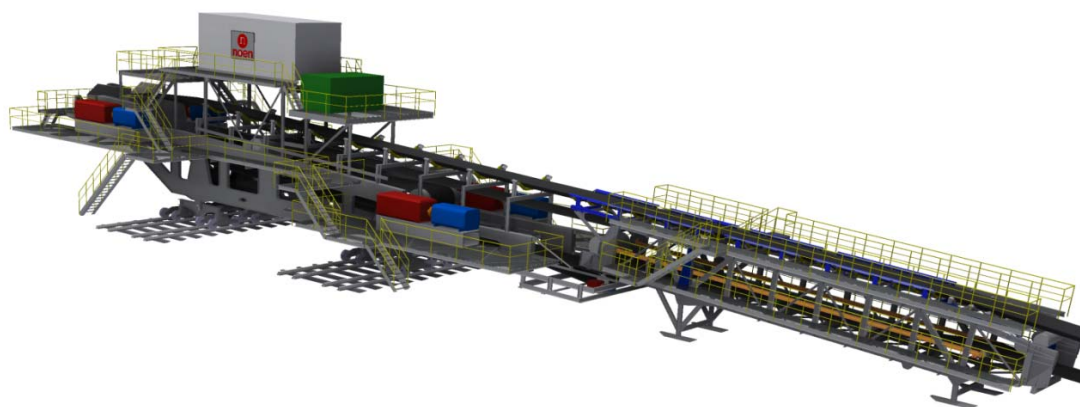


Рис. 6. Общий вид приводной станции

Приводной агрегат состоит из рамы, на которой находится редуктор, быстроходная гибкая муфта с тормозным шкивом, гидравлический дисковый тормоз и электродвигатель. Редуктор конусообразный и торцевой, с выходным валом и фланцем для подключения к приводному барабану. Редуктор оснащен обогревателем и датчиком уровня масла. При необходимости редуктор может быть оснащен обратным тормозом. Вместе с гибкой муфтой на входном вале коробки передач установлен тормозной шкив диаметром примерно 1000 мм, на раме установлены тормозные колодки дискового тормоза. Тормоз растормаживается гидравлически, растормаживание сигнализируется в СУ. Двумя датчиками на тормозе систематически контролируется направление вращения муфты с тормозным шкивом. Если во время выбега изменится направление вращения, немедленно произойдет окончательное торможение – эта функция заменяет функцию обратного тормоза в коробке передач. Работа контролируется автономной системой управления тормозов, которая обменивается информацией с главной системой управления. Промежуточная часть конвейеров, как правило, состоит из стандартных промежуточных деталей длиной 6 м. Конструкция промежуточных деталей уложена на стальной базе, а высота нижней ветви конвейера минимально на высоте 1,5 метра для защиты от снега. Промежуточная часть состоит из двух продольных несущих профилей U-образной формы и двух опор с ветровыми соединениями. На продольных несущих балках установлены верхние роликовые опоры, на одной из опор создана нижняя роликовая опора.

Очистка ленты производится на приводной станции в пункте перегрузки материала. При этом на обратном барабане будут установлены два скребка ленты. В торцевой части перегрузочного барабана установлен гибкий пластинчатый скребок для предварительного сбрасывания с полиуретановыми лезвиями, и под осью перегрузочного барабана находится главный пластинчатый рессорный скребок с лезвиями из карбида вольфрама. Скребки размещены таким образом, чтобы соскребающие части попадали в отводящие каналы. Перед натяжными и возвратными барабанами установлен дельтовидный скребок V-образной формы, который удаляет материал из внутренней стороны нижней ветки конвейера и предотвращает попадание материала в зону между конвейером и барабаном. Схема очистки ленты приведена на рис. 7.

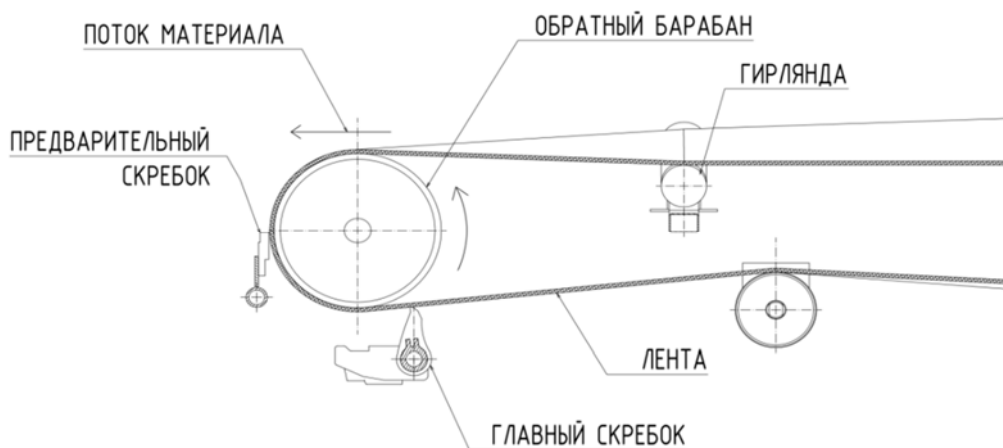


Рис. 7. Схема очистки конвейерной ленты

Схема работы комплекса непрерывного действия для разработки вскрышных пород в Мотроновско-Анновском карьере приведена на рис. 8.

Выводы. Таким образом, компанией «NOEN» предложен современный комплекс оборудования непрерывного действия для условий Мотроновско-Анновской россыпи, включающий роторный экскаватор KR5600Nk-2, который концептуально основан на конструкции экскаваторов компактного роторного типа, два ленточных перегрузателя – PV5600Np-2, систему конвейеров – DPD1800, отвалообразователь – ZA5600Nh-1.

Комплекс будет оснащен современной системой управления с лицензионным программным обеспечением и OR кодами – средствами автоматизированного сбора данных о работе комплекса. Система управления будет реализована программируемым логическим автоматом (PLC), коммуникация между элементами (PLC, FM, OP), будет стандартным коммуникационным протоколом по линии связи в оптическом и металлическом исполнении.

Соединение с силовой частью будет, главным образом, при помощи цифровой коммуникации, а именно как с преобразователями частоты, софтстартерами, так и с системой интеллектуального управления двигателями. Кабина машиниста (управления экскаватором) будет оснащена мониторами автономной системы промышленного ТВ в реальном времени. Можно наблюдать изображение со всех камер одновременно, которые установлены в необходимых местах для контроля работы комплекса, или конкретное изображение одной камеры наблюдения в полном объеме.

Управление всем комплексом будет осуществляться из одного центрального (диспетчерского) пункта.



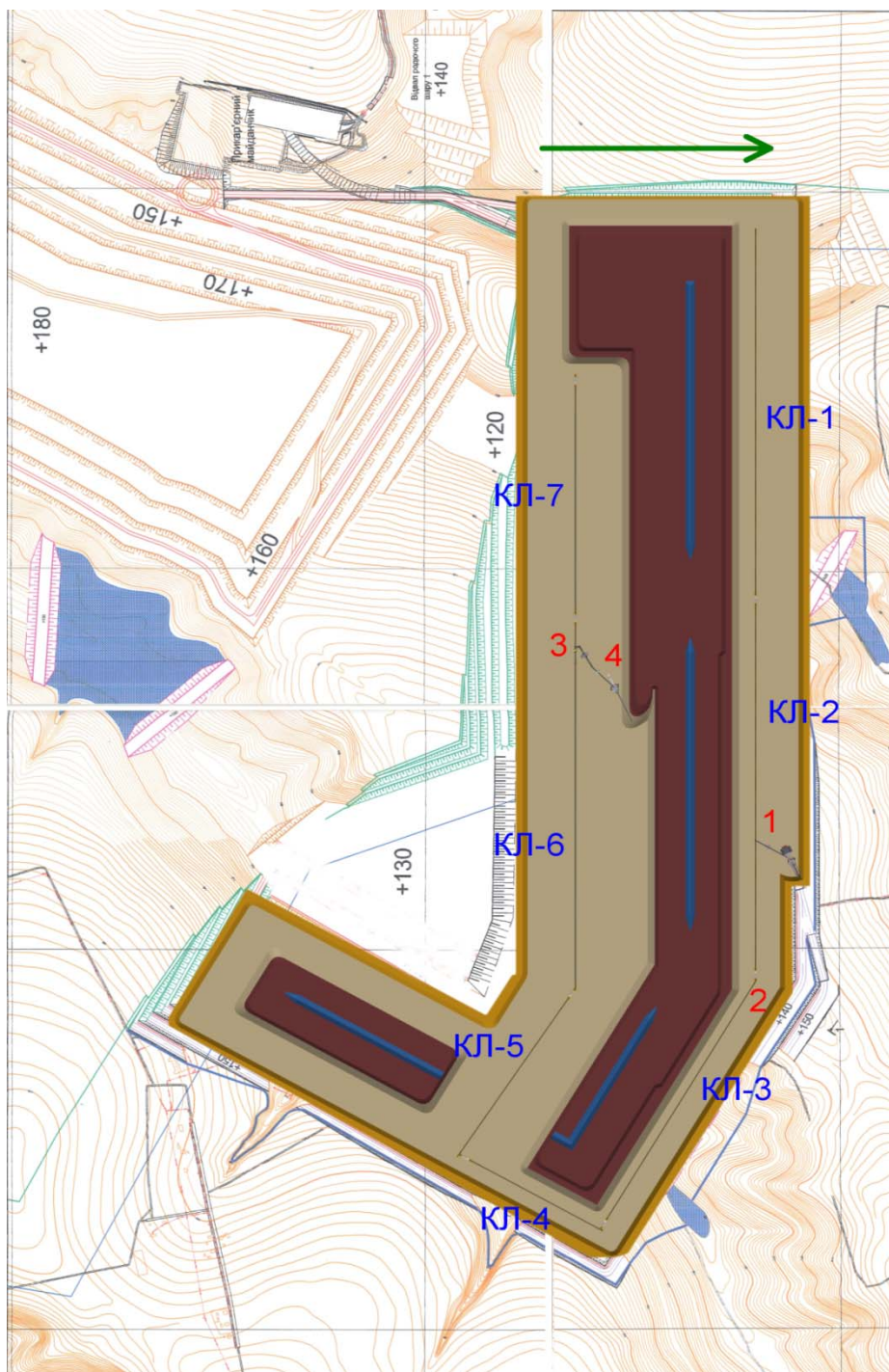


Рис. 8. Схема работы комплекса непрерывного действия на Мотроновско-Анновском карьере

#### Список литературы

1. Kribala P., Dynybyl V., Kricka J. Method of Experimental Measurement of a Bucket in Laboratory Conditions //The Latest Methods of Construction Design. – Springer International Publishing, 2016. – С. 433-436.
2. Pfütze M., Drebenstedt C. Approaches for a quality-controlled selective mining in german opencast lignite mines using different sensor technologies //Mine Planning and Equipment Selection. – Springer International Publishing, 2014. – С. 1277-1284.
3. Osoro M. K. et al. Radioactivity in Surface Soils around the Proposed Sites for Titanium Mining Project in Kenya //Journal of Environmental Protection. – 2011. – Т. 2. – №. 4. – С. 460.

4. Dos Santos J. A. Sandwich Belt High Angle Conveyors 2007-Progress to Date.
5. Piper D. et al. Building a mining industry: From the base up //Australia's Paydirt. – 2015. – Т. 1. – №. 225. – С. 18.
6. Kennedy B. A. (ed.). Surface mining. – SME, 1990.
7. Haron C. H. C., Jawaid A. The effect of machining on surface integrity of titanium alloy Ti-6% Al-4% V //Journal of Materials Processing Technology. – 2005. – Т. 166. – №. 2. – С. 188-192.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ РОЗРОБКИ ВИДОБУВНИХ УСТУПІВ НА ОБВОДНЕНИХ РОДОВИЩАХ ТИТАНУ**

*Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков, Національний гірничий університет, Україна*

*А.М. Гайдін, ТОВ «Інститут ГІРХІМПРОМ», Україна*

*А.М. Лазніков, «Мотронівський ГЗК», Україна*

Представлені результати досліджень, проведених з метою обґрунтування раціональних технологічних схем освоєння найбільш перспективних титано-цирконієвих та титано-апатитових родовищ України. Обґрунтовано область застосування підводного способу розробки нестійких руд у комбінації з механічним розкритом. Доведена можливість зменшення площ порушених земель за рахунок розміщення відходів збагачення на внутрішніх відвалах кар'єру. Подано рекомендації з оптимізації посттехногенного рельєфу гірничого відводу кар'єру з видобутку титано-цирконієвих руд.

Україна має великі запаси титанових руд у корінних і розсипних родовищах. До нинішнього часу в експлуатації знаходяться родовища, які залягають на невеликій глибині та потребують помірних витрат на розкриті роботи. Однак запаси таких родовищ стрімко вичерпуються. Настає черга відробляти родовища на великих глибинах із складними гідрогеологічними й інженерно-геологічними умовами.

В той же час освоєння нових родовищ проходить на фоні соціально-політичних змін в Україні. Серед основних тенденцій, які впливають на умови освоєння нових родовищ, найбільшу роль відіграють обмеженість земельних ресурсів, підвищення екологічних стандартів, зростання вартості енергії та загострення конкуренції.

Титанові родовища України представлені двома типами: корінними магматичними та розсипними. Останні підрозділяються на континентальні і морські. Прикладом магматичних титано-апатитових родовищ є Стремигородське, Федорівське, Видиборське, Носачівське. До розсипних континентальних відносяться родовища Іршанської групи та унікальне Малишевське родовище – морського генезису.

На сьогодні вже триває освоєння Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського родовища. Проводяться роботи з проектування відкритої розробки магматичного Стремигородського родовища з його потужною корою вивітрювання. Руда Мотронівсько-Анівської ділянки являє собою тонкозернистий глинистий пісок-пливун з малою водовіддачею, що не дозволяє застосувати звиклі методи осушення. На Стремигородському родовищі значна частина запасів зосереджена в корі вивітрювання, яка представлена каоліном пластичної консистенції. Наявність напірних вод нижче пласта каолінової руди створює умови для випинання і розріджування глини.

Проблемам оптимізації технології розробки родовищ титану присвячений ряд публікацій. Сучасна технологія розробки розсипних родовищ і шляхи її вдосконалення даються в монографії Б.Ю. Собко [1]. В статті Н.А. Головача і В.П. Воловика [2] дається опис розвитку