

**Л.В. Рыбак, С.В. Бурцев, Р.Р. Минибаев, А.В. Матвеев,  
В.Ю. Пушкарев, В.А. Зайц, В.И. Супрун, С.А. Радченко,  
Я.В. Левченко, К.С. Ворошилин**

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ЗОН  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСА ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОТРАБОТКИ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД  
РАЗРЕЗА «ЧЕРНИГОВСКИЙ»**

*Для горно-геологических условий разреза «Черниговский» приводится ряд решений по минимизации затрат на перемещение вскрышных пород, ключевым из которых является ввод в эксплуатацию комплекса циклично-поточной технологии (ЦПТ). Показаны оптимальные зоны использования комплекса ЦПТ. Сделан анализ возможной компоновки комплекса ЦПТ.*

*Ключевые слова: циклично-поточная технология (ЦПТ), разрез «Черниговский», состав комплекса ЦПТ, вскрышные породы, транспортная работа.*

---

**В** процессе отработки месторождений, представленных наклонными и крутопадающими залежами полезных ископаемых, вскрытие карьерных полей продолжается вплоть до момента достижения карьером своей конечной глубины и завершения горных работ.

Схему вскрытия карьерных полей обычно проектируют этапами. На начальном этапе ее создают с резервом на 15–20 лет эксплуатации месторождения, а затем реконструируют применительно к глубине и параметрам карьера, достигнутым на момент окончания этапа отработки.

Критерием оптимальности технических решений по формированию схемы вскрытия карьерных полей является максимальное сокращение объемов транспортной работы карьера и затрат на ее выполнение при сохранении проектных показателей

производительности по полезному ископаемому и вскрышным породам.

Отработка крупных угольных месторождений представленных мульдобразными залежами (брахисинклиналиями) имеет особенности, связанные с выполаживанием пластов по мере углубления горных работ.

Наличие выположенных зон предопределяет более благоприятные условия для их вскрытия и отработки в сравнении с месторождениями, представленными наклонными и крутопадающими залежами полезных ископаемых моноклиналиного залегания. Объясняется это тем, что с некоторой глубины разработки ( $H_{кр}$ ) появляется возможность складировать вскрышные породы в выработанное пространство карьера, что снижает объем транспортной работы карьера на величину  $\Delta A$  (рис. 1).

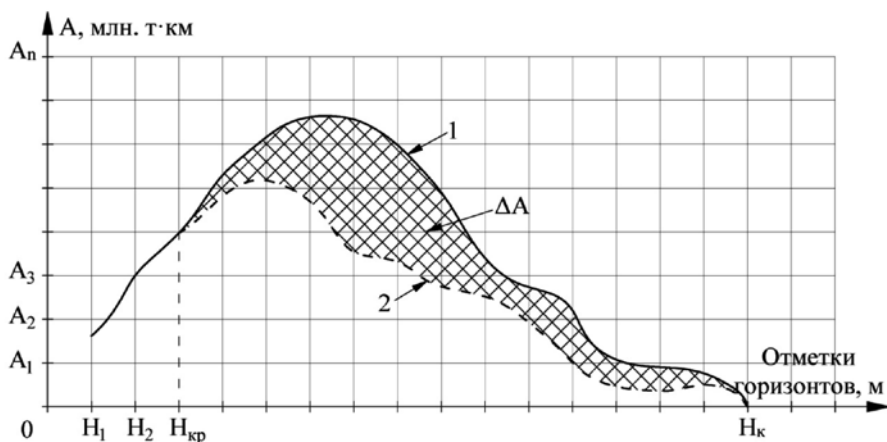
Горно-геологические условия отработки Кедровско-Крохалевского

месторождения позволяют размещать основную часть вскрышных пород в выработанном карьерном пространстве эксплуатационных участков разреза ОАО «Черниговец». Проблемой являются объемы вскрышных пород ( $\Delta V_{кр}$ ), размещение которых превышает приемную способность выработанного пространства разреза. Величину последних можно укрупнено определить по выражению:

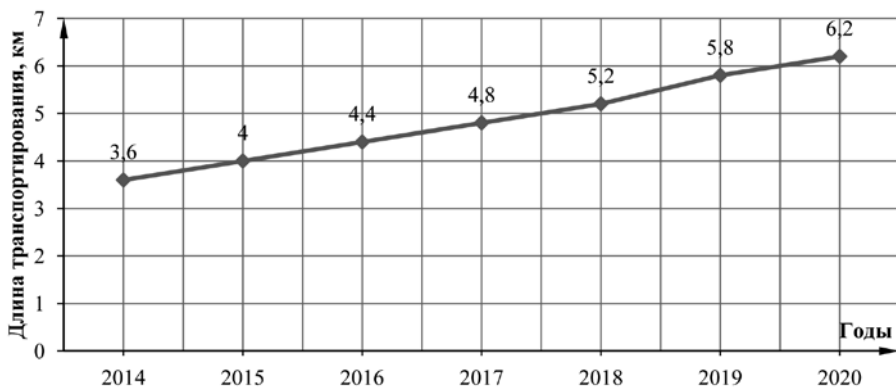
$$\Delta V_{кр} = [V_{в} \cdot (k_p - 1) - V_{у} / \gamma_{у}] \cdot k_{и}, \text{ тыс. м}^3, (1)$$

где  $V_{в}$  – общий объем вскрышных пород, удаляемых из карьера за год, тыс. м<sup>3</sup>;  $k_p$  – средний коэффициент остаточного разрыхления пород;  $V_{у}$  – годовой объем извлекаемого угля, тыс. т;  $\gamma_{у}$  – средняя объемная масса угля, т/м<sup>3</sup>;  $k_{и}$  – поправочный коэффициент, связанный с уровнем использования площади выработанного пространства карьера для складирования вскрышных пород.

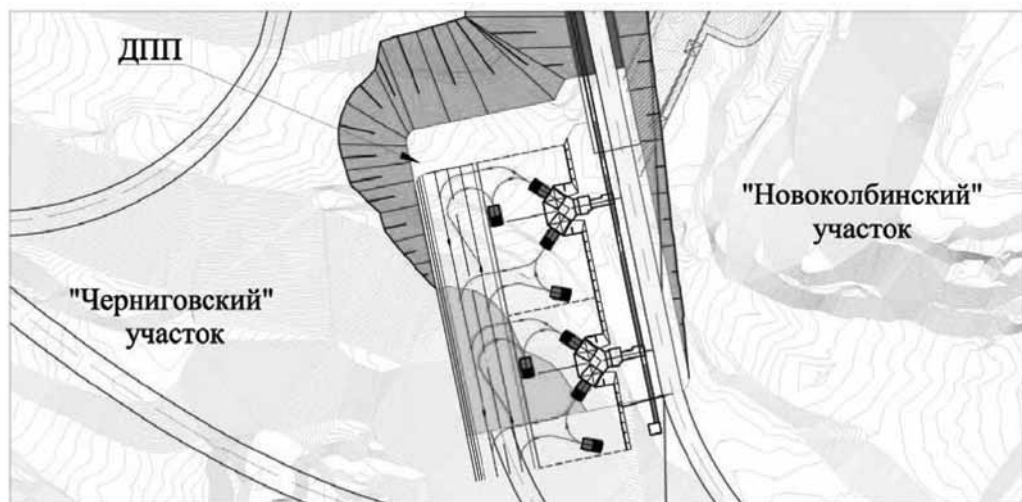
Значение коэффициента  $k_{и}$  может быть определено по выражению:



**Рис. 1.** Изменение транспортной работы по перемещению вскрышных пород для карьера, обрабатывающего крутопадающую залежь полезного ископаемого (график 1) и залежь, выполаживающуюся с глубиной разработки (брахисинклиналь, график 2):  $H_{кр}$  – горизонт, при котором возможен переход к складированию вскрышных пород в выработанное пространство карьера;  $H_{к}$  – конечная глубина карьера



**Рис. 2.** Изменения расстояний перевозки вскрышных пород автомобильным транспортом (по данным ООО «Сибгеопроект»)



**Рис. 3. Схема расположения дробильных станций первого комплекса ЦПТ**

$$k_{и} = \frac{S_{рз}}{S_{о} - S_{п}} , \quad (2)$$

где  $S_{рз}$  – площадь рабочей зоны карьера в рассматриваемый эксплуатационный период;  $S_{о}$  – площадь рабочей зоны внутренних отвалов;  $S_{п}$  – часть площади рабочей зоны внутреннего отвала, изымаемая из эксплуатации, величина  $S_{п}$  определяется количеством и линейными параметрами оползней, насыпных транспортных перемычек, вскрывающих выработок, инженерных коммуникаций и т.д., создающих зоны временной консервации в пределах внутренних отвалов.

По рубежу 2019 г. объем вскрышных пород, не размещаемых в выработанном пространстве карьера, будет равен ~26–28 млн м<sup>3</sup>, что составляет ~30% от общего объема обрабатываемых вскрышных пород (82 млн м<sup>3</sup>). Избыток вскрышных пород должен размещаться по проекту во внешних автомобильных отвалах, что ведет к резкому увеличению расстояния транспортирования вскрышных пород (до 4,8–5,8 км к 2017–2019 гг.) (рис. 2).

Для ликвидации дефицита приемной способности выработанного карьерного пространства требуется изыскание технических решений, обеспечивающих стабилизацию грузовой транспортной работы разреза с сохранением длины транспортирования вскрышных пород автомобильным транспортом на уровне 2,9–3,2 км.

Первым из данных решений является увеличение объемов перевозки вскрышных пород ж/д транспортом на внешние отвалы.

Разработанная программа развития технологического ж/д транспорта корректирует решения действующего проекта и предполагает увеличение объемов перевозки вскрышных пород данным видом транспорта до 12–14 млн м<sup>3</sup>/год к 2015–2016 гг., что позволит снизить объем пород, не размещаемых в выработанном пространстве, до уровня 12–14 млн м<sup>3</sup>/год.

На втором этапе, для перемещения вскрышных пород из средней части рабочей зоны разреза на внешний отвал, должен быть использован комплекс циклично-поточной технологии

Таблица 1

**Сравнительный анализ технико-бюджетных предложений основных поставщиков оборудования для циклично-поточной технологии разреза ОАО «Черниговец»**

| № п/п | Наименование параметров                                        | Основные фирмы-поставщики      |                                                      |                                         |                                                   |
|-------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|
|       |                                                                | «Tenova TAKRAF»                | «ThyssenKrupp Furdertechnik»                         | «FAM»                                   | «Sandvik»                                         |
| 1.    | Тип дробилки                                                   | Дробильные станции             |                                                      |                                         |                                                   |
|       |                                                                | Шнеково-зубчатая (фирмы «MMD») | Двухвалковая конструкция «Тиссен-Крупп Фердертехник» | Двухвалковая зубчатая конструкция «FAM» | Двухвалковая гибридная дробилка (фирмы «Stamler») |
| 2.    | Наименование дробилки                                          | MMD-1500                       | Дробильная станция DRC 2000×2500                     | ZWB 2530 HS                             | CR-810                                            |
| 3.    | Количество дробилок                                            | 2 единицы                      | 2 единицы                                            | 2 единицы                               | 2 единицы                                         |
| 4.    | Максимальный кусок по питанию, мм                              | 1500                           | 1500×1000×1000                                       | 1500                                    | 1500                                              |
| 5.    | Суммарная производительность дробилок, т/ч                     | 2×4250 = 8500                  | 2×4000 = 8000                                        | 8000                                    | 2×9000 = 18 000                                   |
| 6.    | Мощность двигателей одной дробилки, кВт                        | 2×560 = 1020                   | 2×450 = 900                                          | 2×450=900                               | -                                                 |
| 7.    | Питатель                                                       | Пластинчатый, RB2400×14100-D9  | Пластинчатый                                         | Пластинчатый, AF 3400×18                | Пластинчатый, РС300-2200/50                       |
| 8.    | Количество питателей                                           | 2 единицы                      | 2 единицы                                            | 2 единицы                               | 2 единицы                                         |
| 9.    | Мощность двигателей питателя, кВт                              | 2×315 = 630                    | 2×250 = 500                                          | 2×250 = 500                             | -                                                 |
| 10.   |                                                                | Конвейерная система            |                                                      |                                         |                                                   |
|       | Ширина конвейера, мм                                           | 2000                           | 2000                                                 | 2000                                    | 2200                                              |
|       | Скорость ленты, м/с                                            | 4,5                            | 4,4                                                  | 5,9                                     | 5,2                                               |
|       | Производительность конвейеров (магистральный и отвальный), т/ч | 8500                           | 10 000                                               | 15 000                                  | 15 000                                            |
|       | Суммарная установленная мощность двигателей конвейеров, кВт    | 10 500                         | 9090                                                 | 12 295                                  | 13 940                                            |
| 11.   |                                                                | Отвалообразователь             |                                                      |                                         |                                                   |
|       | Производительность, т/ч                                        | 8500                           | 9090                                                 | 15 000                                  | 15 000                                            |
|       | Длина разгрузочной стрелы, м                                   | 50                             | 60                                                   | -                                       | 50                                                |
|       | Длина приемной стрелы, м                                       | 65                             | 60                                                   | -                                       | 35                                                |
|       | Рабочий вес, т                                                 | 700                            | 830                                                  | -                                       | -                                                 |
|       | Суммарная установленная мощность двигателей, кВт               | 1560                           | 1400                                                 | -                                       | -                                                 |
|       |                                                                |                                |                                                      |                                         | 2500                                              |

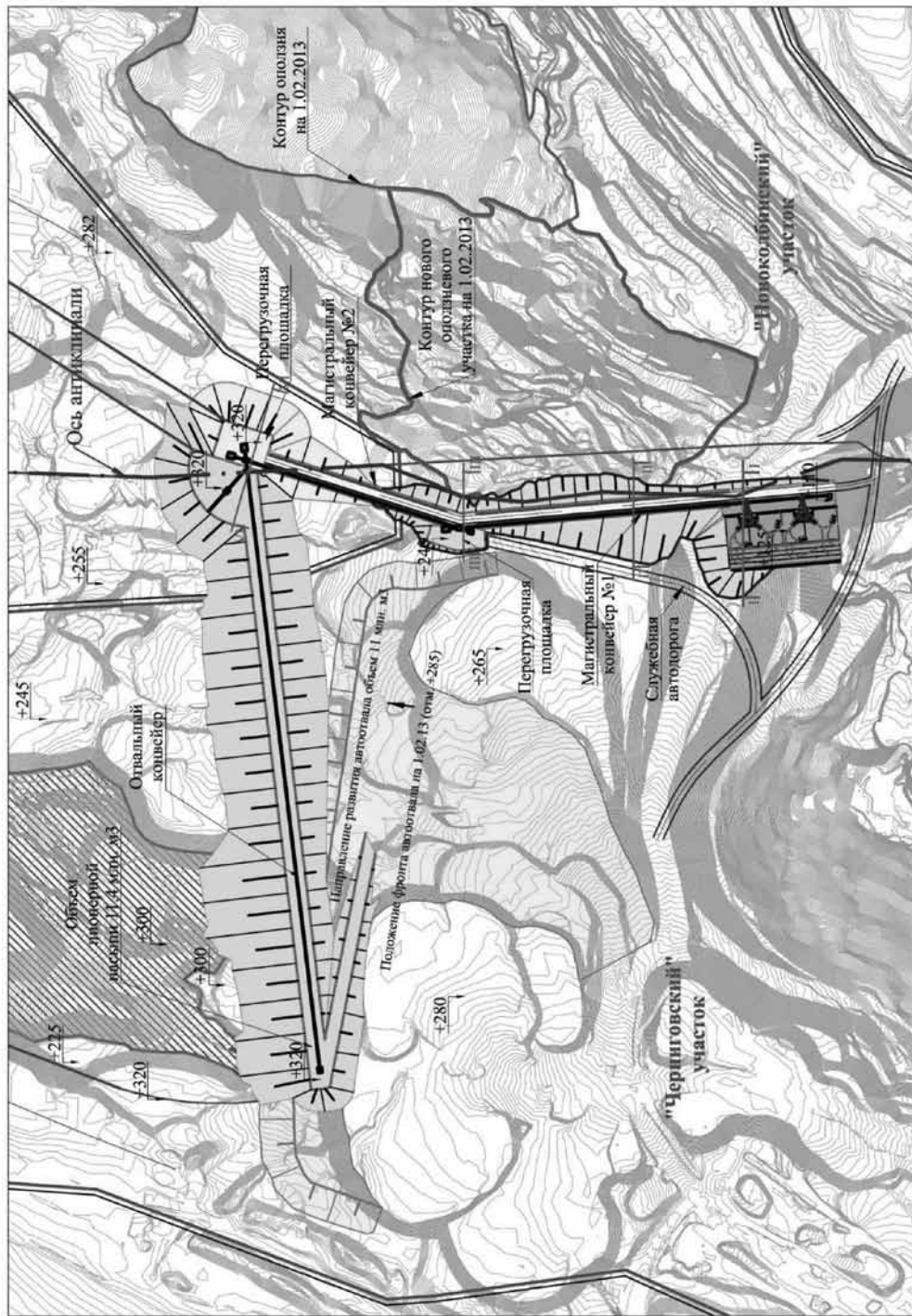


Рис. 4. План расположения конвейерных линий и овальной конвейера комплекса ШПТ разреза «Черниговский»

(ЦПТ) с внутрикарьерным дроблением вскрышных пород.

Проектные проработки, выполненные специалистами ОАО «Черниговец» и МГГУ свидетельствуют, что оптимальным местом привязки узлов перегрузки (дробильных станций) первого комплекса ЦПТ является зона на стыке «Новоколбинского» и «Черниговского» участков (рис. 3).

Высота подъема вскрышных пород от уровня расположения приемных бункеров дробильных станций до разгрузочной площадки конвейерного отвала составляет 205 м. Перемещение вскрышных пород на данную высоту предполагается двумя конвейерными ставами длиной 740 и 410 м, с промежуточным перегрузочным пунктом на отметке +240 м (рис. 4).

Сбалансированный состав обогащения комплекса ЦПТ должен иметь следующие характеристики:

1. Две полустационарные дробильные станции, оснащенные двумя дробилками с годовой производительностью по вскрыше ~20–23 млн м<sup>3</sup> (в целике) или ~31 млн м<sup>3</sup> (в разрыхленном состоянии);

2. Конвейерная система с шириной ленты 2 м, скоростью движения 4,4–5,2 м/с, годовой производительностью ~25 млн м<sup>3</sup> (в целике) или ~33 млн м<sup>3</sup> (в разрыхленном состоянии);

Таблица 2

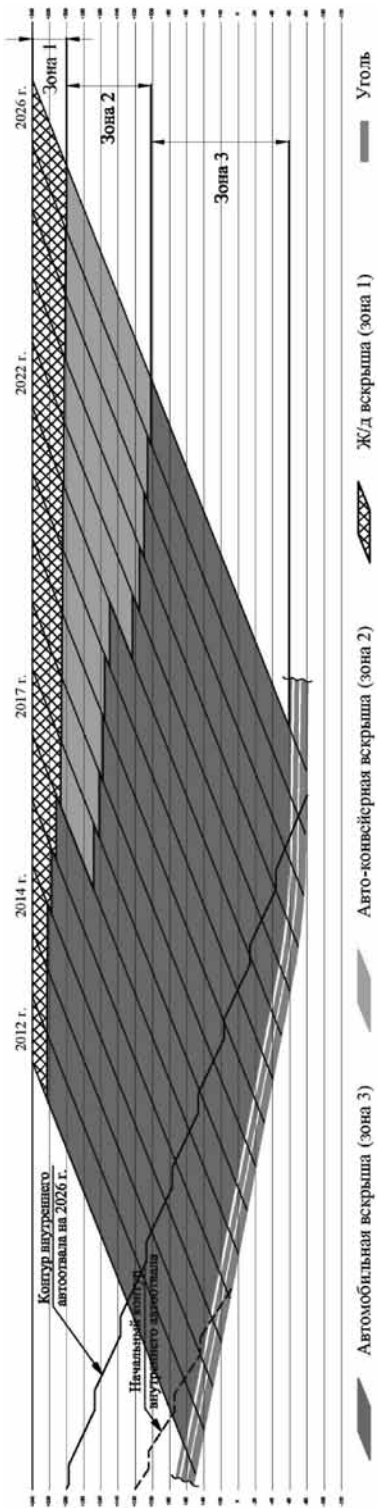
**Структура вскрышных грузопотоков разреза «Черниговский» к 2020–2022 гг.**

| Наименование вскрышных грузопотоков                           | Объем перемещаемых вскрышных пород, млн м <sup>3</sup> /год |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Автомобильный транспорт на внутренний отвал                   | 55–57                                                       |
| На внешний отвал с использованием комплекса ЦПТ               | 17–20                                                       |
| Ж/д транспорт на внешний отвал                                | 12–14                                                       |
| На внутренний отвал по бестранспортным технологическим схемам | 2                                                           |
| Всего                                                         | 86–93                                                       |

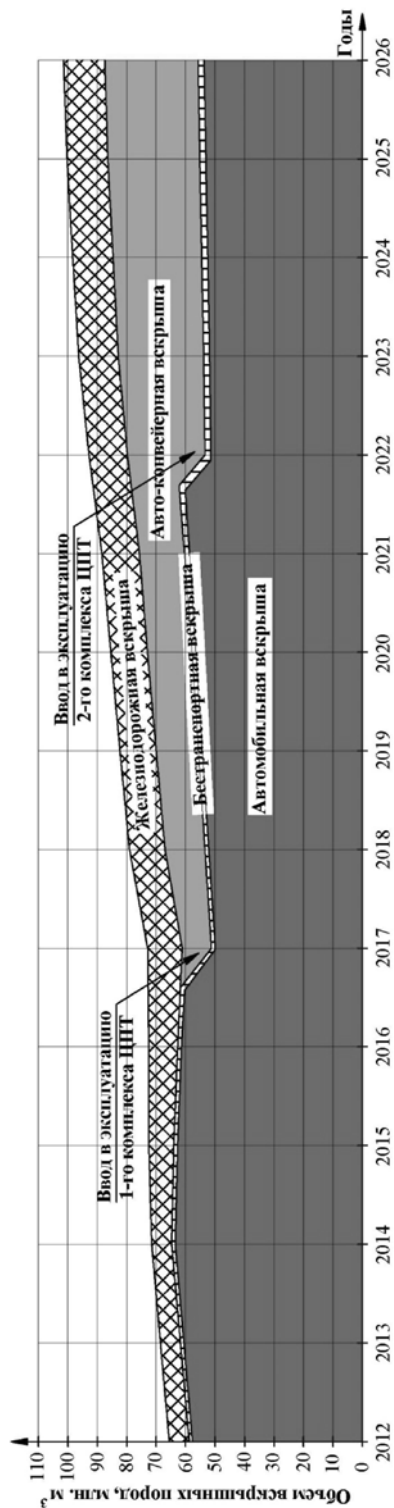
3. Отвалообразователь с подъемной поворотной стрелой. Длина приемной консоли ~50 м, разгрузочной стрелы ~80–100 м.

Техническое задание на подготовку технико-бюджетных предложений по поставке комплекса ЦПТ для разреза «Черниговский» передано фирмам «Tenova TAKRAF», «ThyssenKrupp Furdertechnik», «FAM», «Sandvik», «Joy Global» (табл. 1).

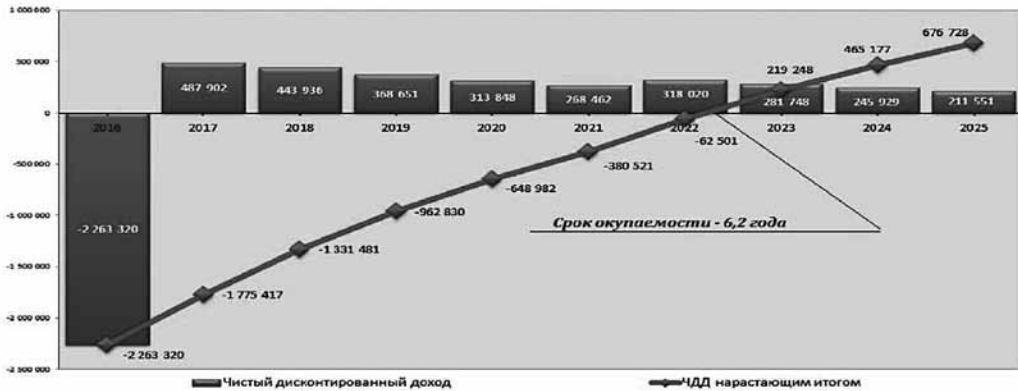
Принципиальная схема обработки разреза будет предполагать сохранение зоны эксплуатации мощных экскаваторно-автомобильных комплексов в пределах нижней и средней частей его рабочего борта (рис. 5, см. зона 3). В процессе углубления горных работ данная зона будет смещаться на нижние гипсометрические уровни карьерных полей, оставаясь достаточно стабильной по высоте (рис. 5). Верхняя и частично средняя группа рабочих горизонтов с объемами вскрышных пород, не размещаемых в выработанном пространстве разреза, будет переводиться на использование магистральных (ж/д и конвейерного) видов транспорта с перемещением вскрышных пород на дальние (внешние) отвалы (рис. 5, см. зона 1–2). На рис. 6 показана доля объемов вскрышных пород, приходящаяся на каждый вид применяемого карьерного транспорта.



**Рис. 5. Рабочая зона разреза «Черниговский» с нанесенными зонами работы различных видов транспорта**



**Рис. 6. Изменение объемов вскрышных пород, приходящихся на различные виды транспорта**



**Рис. 7. Срок окупаемости строительства комплекса ЦПТ с учетом дисконтирования**

Модернизация ж/д транспорта и ввод комплекса ЦПТ должны обеспечить к 2020–2022 гг. следующую структуру вскрышных грузопотоков разреза (табл. 2).

При такой структуре вскрышных грузопотоков, доля объемов вскрышных пород, доставляемых на отвал автомобильным транспортом, снизится до уровня 65% от общего объема вскрышных работ (при существующем уровне 90%), а при вводе 2-го комплекса ЦПТ по рубежу 2022–2024 гг. до 50% (рис. 6).

Предварительные расчеты экономической эффективности свидетельствуют, что срок окупаемости инвестиций в строительство комплекса ЦПТ составляет 6,2 года (рис. 7). Расчеты выполнены при условии, что объем перемещения вскрышных пород составляет 14 млн м<sup>3</sup>/год, а во вскрышных грузопотоках используются автосамосвалы БелАЗ-75601 грузоподъемностью 320 т. Инвестиции на поставку комплекса ЦПТ приняты по данным фирмы «Tenova TAKRAF». В дальнейшем (на стадии выполнения «ТЭО использования комплекса ЦПТ

на разрезе ОАО «Черниговец») предполагается уточнить сроки окупаемости инвестиций при условии учета затрат на строительно-монтажные работы, доставку оборудования ЦПТ, а также увеличения объемов перемещения вскрышных пород до уровня 20 млн м<sup>3</sup>/год.

Планирование использования магистральных видов транспорта (конвейерного и ж/д) для перемещения избыточных (по приемной способности выработанного пространства) вскрышных пород с большой величиной грузотранспортной работы, обеспечит стабилизацию удельной себестоимости производства вскрышных работ.

Данное обстоятельство, а также фактор увеличения производственной мощности разреза до уровня 7,5–8,5 млн т/год (при объемах производства вскрышных работ 86–93 млн м<sup>3</sup>/год) будут являться основой улучшения всех экономических показателей разреза «Черниговский» в период 2021–2029 гг., что станет базой для перспективного планирования последующих этапов отработки Кедровско-Крохалевского месторождения. **ГИАЗ**

*Рыбак Лев Владимирович* – доктор экономических наук, председатель Совета директоров, *Бурцев Сергей Викторович* – кандидат экономических наук, директор по открытым работам, ОАО ХК «СДС-Уголь»;

*Минибаев Руслан Рашидович* – технический директор, *Матвеев Андрей Владимирович* – главный маркшейдер,

*Пушкарев Вадим Юрьевич* – главный технолог,

*Зайц Владимир Александрович* – заместитель технического директора, ОАО «Черниговеш»;

*Супрун Валерий Иванович* – доктор технических наук, руководитель «Проектно-экспертного центра МГГУ»;

*Радченко Сергей Александрович* – кандидат технических наук, доцент, руководитель отдела проектирования ОГР

«Проектно-экспертного центра МГГУ», e-mail: mggu\_to@mail.ru;

*Левченко Ярослав Викторович* – аспирант, e-mail: levchenko.mggu@mail.ru,

*Ворошилин Константин Сергеевич* – аспирант,

Московский государственный горный университет.

---

UDC 622.271

### **RATIONALE FOR TECHNICAL PARAMETERS AND AREAS OF USE COMPLEX CYCLIC-AND-CONTINUOUS TECHNOLOGY FOR TESTING OF OVERBURDEN BREED OPEN PIT «CHERNIGOVSKY»**

*Rybak L.V.*, Doctor of Economical Sciences, Chairman of Board of Directors,

*Burcev S.V.*, Candidate of Economical Sciences, Director of Opencast Mining, SBU-Coal Holding Company;

*Minibaev R.R.*, Technical Director,

*Matveev A.V.*, Chief surveyor,

*Pushkarev V.Yu.*, Chief Technologist,

*Zajc V.A.*, Deputy Technical Director,

Chernigovets JSC;

*Suprun V.I.*, Doctor of Technical Sciences,

Director, Project-and-Expert Center, Moscow State Mining University;

*Radchenko S.A.*, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor, Open Pit Mine Planning

Department Manager, Project-and-Expert Center, Moscow State Mining University, e-mail: mggu\_to@mail.ru;

*Levchenko Ya.V.*, Graduate Student, e-mail: levchenko.mggu@mail.ru,

*Voroshilin K.S.*, Graduate Student,

Moscow State Mining University.

---

*The developed algorithm of formation of five-year optimum energy efficiency action plan for the following strategy: minimization of the total investment (capex) and operating costs while achieving a specified amount of energy savings, distributed by year of implementation of the plan without regard to the risks of default, the payback period, the efficiency of energy saving measures. Modification of this algorithm will simulate various strategies that take into account the risk of default, the payback period, efficiency requirements of energy saving measures, funding limitations, inflation expectations and other*

*Key words: cyclic-and-continuous technology (CCT), open pit «Chernigovskiy», complex CCT, overburden breed, transportation work.*

