



УДК 622.271.3

ФОРМИРОВАНИЕ ВЫЕМОЧНО-ПОГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В УГЛЕНАСЫЩЕННЫХ ЗОНАХ РАЗРЕЗОВ

Колесников В.Ф., Корякин А.И., Ермолаев В.А., Воронков В.Ф.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева



Информация о статье

Поступила:

27 марта 2023 г.

Рецензирование:

15 мая 2023 г.

Принята к печати:

20 июня 2023 г.

Ключевые слова:

угленасыщенная зона,
безугольная зона, карьерные
мехлопаты, гидравлические
экскаваторы, открытые горные
работы, породугольные
блоки, выемочно-погрузочные
работы, структурные схемы

Аннотация.

Карьерные поля разрезов УК «Кузбассразрезуголь» представлены сложным породугольным горным массивом, включающим как чисто безугольные, так и угленасыщенные зоны. Наибольшую технологическую сложность представляет отработка угленасыщенных зон. Применение традиционных классических схем приводит к значительным потерям и разубоживанию добываемого угля, снижающих эффективность открытой угледобычи.

Особенностью отработки угленасыщенных зон карьерных полей является наличие сложных породугольных заходов, включающих угольные пласты простого и сложного строения с разными условиями залегания, отработка которых требует применения нескольких выемочно-погрузочных машин и вспомогательного оборудования.

Оснащение разрезов мощной высокопроизводительной выемочно-погрузочной техникой для отработки однородных вскрышных уступов связано с необходимостью их нарезки с увеличенной высотой. В связи с этим отработка угленасыщенных зон карьерных полей разрезов должна соответствовать этим требованиям при применении комплекса выемочно-погрузочных машин в различных их сочетаниях. В технической литературе отсутствуют методы определения параметров технологических схем отработки сложных породугольных блоков комплексом выемочно-погрузочных машин в различных их сочетаниях, что и определяет необходимость разработки методических положений для этих условий. В данной работе представлены методические положения по обоснованию основных параметров технологических схем отработки сложных породугольных блоков выемочно-погрузочно-транспортными комплексами.

Для цитирования: Колесников В.Ф., Корякин А.И., Ермолаев В.А., Воронков В.Ф. Формирование выемочно-погрузочных комплексов и технологических схем ведения горных работ в угленасыщенных зонах разрезов // Техника и технология горного дела. – 2023. – №2(21). – С. 26-58. – DOI:10.26730/2618-7434-2023-2-26-58, EDN: LCAFPL

Введение. Основные принципы формирования выемочно-погрузочных комплексов и технологических схем

При формировании выемочно-погрузочных комплексов и технологических схем ведения горных работ в угленасыщенных зонах разрезов необходимо учитывать условия залегания угольных пластов и набор серийно изготавливаемого горного оборудования.

Технологические схемы ведения горных работ, базирующиеся на использовании выемочно-погрузочных комплексов, должны отвечать нижеперечисленным условиям и требованиям.

Требования к элементам выемочно-погрузочных комплексов:

- возможность работы в одинаковых климатических условиях;
- соизмеримость производительности отдельных элементов комплекса;



- мобильность элементов комплекса;
- возможность обрабатывать породугольный массив при одном способе подготовки горных пород к выемке;

- использование преимущественно однотипного вида энергоносителей;
- возможность пространственного манипулирования рабочим органом машин комплекса.

Требования к построению технологических схем с применением выемочно-погрузочных комплексов:

- исключение взаимных помех в совместной работе элементов комплекса;
- обеспечение полноты и качества извлечения угольных пластов;
- максимальное использование рабочих параметров элементов выемочно-погрузочного комплекса;
- минимизация маневровых непроизводительных операций элементов комплекса;
- создание условий для движения транспортных средств преимущественно по неразрушенному горному массиву;
- возможность визуального взаимного обзора элементов комплекса;
- обеспечение безопасности работы элементов выемочно-погрузочного комплекса.

Основой для формирования выемочно-погрузочных комплексов для отработки угленасыщенных зон разрезов является серийно изготавливаемое горное оборудование для открытых горных работ.

Анализ применяемых технологий разработки угленасыщенных зон карьерных полей

Для анализа из всей совокупности разрезов производилась выборка представительной группы предприятий разрезов, отображающих все условия залегания угольных пластов (крутое, наклонное, пологое) и вид технологии (транспортная, бестранспортная).

При этом был выполнен анализ технологических схем всех видов горных работ в угленасыщенных зонах карьерных полей разрезов (проход разрезных траншей с выемкой угольных пластов, попутная выемка маломощных пластов при подходе фронта горных работ к пластам со стороны висячего и лежащего боков, внутрипластовая селекция угольных пластов сложного строения и т.д.); также были проанализированы ранее выполненные работы отечественных и зарубежных ученых [1-40].

Анализ применяемых технологических схем на разрезах УК «Кузбассразрезуголь» велся по следующим критериям:

- обеспечение безопасности горных работ;
- максимальное использование выемочно-погрузочного и транспортного оборудования на полезной работе;
- обеспечение минимальных потерь и разубоживания угля;
- возможность увеличения высоты породугольного уступа до высоты, принятой для однородного вскрышного уступа в безугольной зоне карьерного поля;
- применение безвзрывных способов рыхления породугольного уступа при селективной выемке угольных пластов;
- возможность уменьшения ширины рабочей площадки при отработке угленасыщенных зон карьерных полей;
- обеспечение оптимальных технологических режимов работы выемочно-погрузочного и транспортного оборудования.

Анализ применяемых систем разработки и технологических схем ведения горных работ в угленасыщенных зонах карьерных полей позволил выявить основные их недостатки.

На разрезах УК «Кузбассразрезуголь» применяется в основном продольная углубочная одно- или двухбортная система разработки. Для этих систем характерно то, что вскрытие месторождения и подготовка угольных пластов к выемке приурочено в основном к мощному пласту свиты, а остальные пласты с висячего и лежащего боков отрабатываются попутно с формированием случайных структур породугольных заходов (наклонные и крутопадающие угольные пласты). Отработка таких заходов связана с усложнением технологии, увеличением потерь и разубоживания угля.



Для снижения потерь угля в данных условиях на практике вынуждены делить уступы на подуступы, усложняя организацию работ.

При подходе фронта работ к пластам со стороны лежачего бока такое деление не имеет смысла, если применяется традиционное выемочное оборудование – мехлопаты.

Применение буровзрывного рыхления вмещающих пород делает невозможным осуществление внутрипластовой селекции и селективную выемку сближенных угольных пластов.

Практика попутной выемки крутопадающих и наклонных угольных пластов показывает, что наиболее эффективная их выемка возможна только со стороны висячего бока. Применяемая технология такое условие зачастую не обеспечивает, что предопределяет необходимость изыскания новых технологических вариантов развития фронта горных работ при отработке угленасыщенных зон карьерных полей.

Для анализа технологических схем выемочно-погрузочных работ были отобраны характерные технологические карты (паспорта забоев) выемки угольных пластов, отображающих все условия их залегания.

В результате анализа выявлены следующие основные недостатки применяемых технологических схем:

- при выемке наклонных и крутопадающих угольных пластов из породугольных блоков используется только одно выемочное средство с делением уступа на слои. Такой подход усложняет организацию работ и приводит к снижению производительности выемочного средства вследствие увеличения маневровых операций и уплотнения поверхности взорванных пород транспортными средствами (автосамосвалами).

- при отработке породугольных блоков, включающих угольные пласты сложного строения, не предусматривается выемка породных прослоев, что влечет за собой повышения разубоживания угля и его зольности. Это в конечном счете приводит к повышению затрат на обогащение угля и его себестоимости.

- иногда применяются технологические схемы проходки разрезных траншей непосредственно по мощным крутопадающим угольным пластам с целью ускорения подготовки нового горизонта и уменьшения текущих объемов вскрышных работ. Однако такая технология влечет за собой дополнительные потери угля в так называемых «ножках» в кровле пласта.

- применение лишь только одного способа рыхления пород исключает возможность вести выемку породных прослоев из пластов сложного строения и обуславливает только их валовую выемку, приводящую к повышению зольности добываемого угля. Это касается всех пластов во всем диапазоне углов их залегания.

- в технологических схемах отработки породугольных блоков с применением только мехлопат возрастают потери угля в призмах непрочерпывания.

- применяемая технология разработки угленасыщенных зон не позволяет полностью реализовать технический и технологический потенциалы современного горного оборудования. Вследствие этого эксплуатационная производительность гидравлических экскаваторов составляет всего 26-50% от паспортной.

- при изображении технологических схем на разрезах нет единого принципа, что приводит к бессистемности и отступлениям от ГОСТов.

Указанные недостатки применяемых технологических схем отработки угленасыщенных зон карьерных полей разрезов снижают эффективность открытого способа угледобычи.

Разработанные технологические схемы с применением выемочно-транспортных комплексов в различном их сочетании позволяют свести к минимуму вышеуказанные недостатки, а, следовательно, повысить качество и полноту извлечения угля и рентабельность разрезов.

Показатели сложности отработки угленасыщенных зон карьерных полей

Угленасыщенные зоны карьерных полей представлены свитами угольных пластов от пологого до крутого залегания с невыдержанной мощностью как по падению, так и по простиранию с различными углами падения даже в пределах одной свиты, с изменяющейся величиной породных междупластий и прочностью. Кроме этого, большинство угольных пластов



имеют сложное строение, включающее внутри себя породные прослои. В большинстве случаев наблюдается неравномерность распределения угольных пластов, а, следовательно, и запасов угля по площади карьерных полей.

В связи с этим при проведении анализа карьерных полей возникает необходимость в выборе критериев оценки сложности угленасыщенных зон для цели их систематизации и выбора направлений по построению технологических схем ведения выемочно-погрузочных работ и систем разработки.

В настоящее время при горно-геометрическом анализе карьерных полей в основном используется показатель «коэффициент вскрыши». Однако этот показатель не характеризует сложность отработки карьерных полей. Поэтому предлагаются следующие критерии оценки технологической сложности отработки карьерных полей.

Плотность распределения угленасыщения карьерного поля

Физический смысл этого критерия заключается в отнесении запасов угля в блоках или во всем карьерном поле к общему объему блоков Π_{yi} или карьерного поля (Π_y).

$$\Pi_{yi} = \frac{V_{yi}^{\bar{\sigma}} \cdot \rho_{yi}^{\bar{\sigma}}}{V_{yi}^{\bar{\sigma}} + V_{ni}^{\bar{\sigma}}}; \text{ или } \Pi_y = \frac{V_y^{kn} \cdot \rho_y^{kn}}{V_y^{kn} + V_n^{kn}},$$

где $V_{yi}^{\bar{\sigma}}, V_{ni}^{\bar{\sigma}}$ – объем угля и пород соответственно в i -ом блоке, м^3 ; $\rho_{yi}^{\bar{\sigma}}$ – средняя плотность угля в i -ом блоке, т/м^3 ; V_y^{kn}, V_n^{kn} – объем угля и пород соответственно в границах карьерного поля, м^3 ; ρ_y^{kn} – средняя плотность угля в границах карьерного поля, т/м^3 .

Разделив числитель и знаменатель на произведение $V_{yi}^{\bar{\sigma}} \cdot \rho_{yi}^{\bar{\sigma}}$ и $V_y^{kn} \cdot \rho_y^{kn}$, получим

$$\Pi_{yi} = \frac{1}{\frac{1}{\rho_{yi}^{\bar{\sigma}}} + K_{vi}^{cp}}, \quad \Pi_y = \frac{1}{\frac{1}{\rho_y^{kn}} + K_v^{cp}},$$

где K_{vi}^{cp} и K_v^{cp} – средний коэффициент вскрыши в границах i -го блока и карьерного поля соответственно.

Данный критерий может быть использован при выборе технологической стратегии отработки карьерного поля и системы разработки.

Долевое участие угленасыщенной зоны в общем объеме карьерного поля

Сущность критерия заключается в отнесении объема угленасыщенной зоны к общему объему карьерного поля, т.е.

$$\delta_{yz} = \frac{V_{yz}^{kn}}{V_y^{kn} + V_n^{kn}},$$

где V_{yz}^{kn} – объем угленасыщенной зоны в границах карьерного поля, м^3 .

Этот критерий используется при оценке общей эффективности отработки карьерного поля при применении различных технологических вариантов.

Остаточные запасы угля в граничных контурах карьерных полей

Показатель необходим для перспективного планирования при доработке карьерных полей.

Марочный состав углей в пластах угленасыщенной зоны и их долевое участие в общих запасах карьерного поля.

Критерий предполагается использовать при планировании горных работ и оценке эффективности технологических вариантов отработки карьерных полей.

Угол падения пластов свиты

Этот показатель оказывает влияние на выбор технологических схем выемочно-погрузочных работ и структуру экскавационно-транспортного комплекса.



Мощность породных междупластий

Критерий определяет возможность селективной выемки угольных пластов свиты, характеризующейся степенью сближенности.

Степень сближенности угольных пластов

По этому критерию все пласты свиты делятся на сближенные и рассредоточенные. К сближенным угольным пластам наклонного и крутого падения относятся пласты, между которыми мощность породного междупластья не позволяет осуществлять подготовку к их выемке посредством проходки разрезных траншей со стороны висячего бока.

Рассредоточенные пласты характеризуются возможностью их отдельной выемки с проходкой разрезной траншеи со стороны висячего бока.

К сближенным угольным пластам пологого залегания в транспортной зоне относятся пласты, расстояние между которыми не обеспечивает формирование транспортной площадки для тупикового разворота и движения автотранспортных средств.

Этот критерий является определяющим при принятии решения по технологическому варианту отработки угольных пластов и выбору выемочно-погрузочного и транспортного оборудования.

Долевое участие сближенных и рассредоточенных угольных пластов в общем их количестве в угленасыщенной зоне карьерного поля.

Данный показатель используется при сравнительной оценке эффективности технологических схем выемочно-погрузочных работ комплексами экскавационно-транспортного оборудования и общей эффективности отработки угленасыщенных зон карьерных полей.

Методические положения по определению основных параметров технологических схем отработки сложных породугольных блоков комплексом выемочно-погрузочных машин

При формировании выемочно-погрузочных комплексов предполагается использование горных машин различных типов (гидравлические экскаваторы прямая и обратная лопата, экскаваторы мехлопата, машины с дизельным и электрическим приводом, погрузчики, шагающие экскаваторы, бульдозеры, бульдозерно-рыхлительные агрегаты).

При определении параметров технологических схем ведения выемочно-погрузочных работ в угленасыщенных зонах карьерных полей необходимо учитывать рациональную область и технологические параметры каждой выемочно-погрузочной машины, входящей в комплекс.

В предлагаемых методических положениях предусматривается определение следующих параметров технологических схем:

- высота отрабатываемого уступа выемочно-погрузочным комплексом;
- ширина заходки по целику и развалу пород;
- ширина рабочей площадки;
- ширина трассы для перемещения выемочно-погрузочной машины по развалу горных пород;
- ширина транспортной полосы для разворота и движения автосамосвалов;
- высота забоя для каждого элемента комплекса.

Высота отрабатываемого уступа определяется исходя из высоты забоя каждого элемента выемочно-погрузочного комплекса, установленной по критериям технологической возможности, рациональности, высоты прочерпывания контакта «уголь-порода» и зоной действия каждой машины комплекса по высоте уступа.

Предельная рабочая (по сути – паспортная) глубина черпания гидравлических экскаваторов обратная лопата зависит от угла откоса забоя и траектории черпания (Таблица 1), причем угол откоса определяется углом падения отрабатываемого пласта и схемой его выемки (торцевым, диагональным, фронтальным забоями).

При верхнем черпании высота отрабатываемого слоя угля ограничивается возможностью осуществления зачерпывания ковшем разрушенного угля и безопасностью для обслуживающего персонала и самой машины.

Предельные значения высоты забоя при верхнем черпании приведены в Таблице 2.



Предельная высота забоя экскаваторов мехлопата и гидравлических экскаваторов прямая лопата определяется высотой прочерпывания контакта «уголь-порода» в зависимости от угла падения пласта и устойчивости угольного пласта при падении под углом свыше 50°.

Ширина заходки по целику при автомобильном транспорте не зависит от параметров выемочно-погрузочной машины и определяется в основном проектным или заданным углом откоса рабочего борта и принятой системой разработки, шириной развала взорванной массы. Однако при применении автомобильного транспорта возможна фронтальная выемка развала с зигзагообразным перемещением экскаватора вдоль забоя. В данном случае ширина экскаваторного забоя (заходки) становится равной ширине развала пород.

Таблица 1. Зависимость паспортной глубины черпания гидролопат от угла падения пластов
Table 1. Dependence of the passport digging depth of hydraulic excavators on the seam dip angle

α, градус	Марка гидравлического экскаватора				
	Liebherr R994	Liebherr R984C	Liebherr R9350	Cat-5730	Terex-RH200
30	4,59	5,2	5,45	4,46	6,1
35	5,26	5,88	6,2	5,12	6,92
40	5,9	6,52	6,9	5,8	7,75
45	6,55	7,08	7,5	6,44	8,46
50	7,15	7,61	8,17	7,1	8,79
55	7,77	8,9	8,78	7,81	9

Таблица 2. Предельные параметры верхнего черпания обратных гидравлических лопат
Table 2. Upper digging limits of hydraulic backhoes

Параметры верхнего черпания	Модели экскаваторов				
	Liebherr R994	Liebherr R-984C	Liebherr R-9350	Cat-5130	Terex RH-200
Рабочая высота черпания, м	5	3,5	5	4	6
Длина обрабатываемой заходки с одного стояния, м	8	9	9	6,5	8,5
Объем породы, вынимаемой с одного стояния экскаватора, на 1 м ширины забоя, м³/м	40	31,5	54	26	51

При наличии в рабочей зоне разреза участков фронта горных работ с включением сложных породугольных блоков необходимо применение технологических схем селективной выемки и выемочно-погрузочного оборудования с большими по сравнению с карьерными прямыми лопатами технологическими возможностями. Включение в состав выемочно-погрузочных комплексов дополнительно к карьерным прямым лопатам как к основному оборудованию для работы в блоках простого строения обратных гидравлических лопат и прямых лопат с удлинённым рабочим оборудованием требует для эффективной работы комплексов качественной корректировки их структуры с учетом этих факторов. Качественная корректировка структуры оборудования комплексов исходит из применения средств селективной выемки и погрузки породы вскрыши и угля при разработке сложных породугольных блоков экскаватором с меньшей в 1,5-2 раза по сравнению с карьерными прямыми лопатами вместимостью ковша.

Это условие накладывает ограничение на грузоподъемность автосамосвалов и годовой грузопоток разреза, поскольку автосамосвалы периодически вынуждены работать и с экскаваторами меньшей производительности и в более стесненных условиях.

С учетом этого эффективные соотношения грузоподъемности автосамосвала q_a и вместимости E , ковша карьерной прямой мехлопаты находятся в пределах $q_a / E = 3 \div 5$, а для обратных гидравлических лопат, работающих в комплектах с прямыми лопатами в простых условиях, и прямых лопат с удлинённым рабочим оборудованием это соотношение находится в



пределах 5÷9, причем большие значения рекомендуется также принимать при дальности транспортирования 4÷5 км и больших грузопотоках.

Структура выемочно-погрузочного комплекса должна включать в себя различные виды горных машин основного и вспомогательного назначения, обеспечивающие увеличение высоты обрабатываемого породугольного уступа с одновременным повышением качества и полноты извлечения угольных пластов.

Для эффективной работы элементов выемочно-погрузочного комплекса их производительность должна быть соразмерной.

Так, при работе комплекса, состоящего из гидравлического экскаватора обратная лопата, экскаватора мехлопата и автосамосвала их производительность должна быть взаимоувязанной, обеспечивающей ее максимальное значение для всего комплекса. Это возможно при бесперебойной работе отдельных элементов комплекса на основной работе за исключением общих регламентированных перерывов. При совместной отработке породугольной заходки она делится, как правило, на зоны действия каждой выемочно-погрузочной машины.

Для обеспечения синхронности подвигания общего забоя должно выполняться следующее равенство

$$T_{\text{ЭГО}} = T_{\text{ЭКГ}},$$

где $T_{\text{ЭГО}}$ – время отработки объемной части блока, предназначенной для ЭГО (контур ABCD на рис. 1); $T_{\text{ЭКГ}}$ – время отработки объемной части породугольной заходки экскаватором ЭКГ.

Но

$$T_{\text{ЭГО}} = \frac{V_n^{\text{ЭГО}}}{Q_{\text{ч.л}}^{\text{ЭГО}}} + \frac{V_y^{\text{ЭГО}}}{Q_{\text{ч.у}}^{\text{ЭГО}}}, \quad T_{\text{ЭКГ}} = \frac{V_n^{\text{ЭКГ}}}{Q_{\text{ч.л}}^{\text{ЭКГ}}} + \frac{V_y^{\text{ЭКГ}}}{Q_{\text{ч.у}}^{\text{ЭКГ}}}, \quad (1)$$

где $V_n^{\text{ЭГО}}, V_n^{\text{ЭКГ}}$ – объем породы в заходке, обрабатываемой экскаваторами ЭГО и ЭКГ соответственно, м³; $Q_{\text{ч.л}}^{\text{ЭГО}}, Q_{\text{ч.у}}^{\text{ЭГО}}, Q_{\text{ч.л}}^{\text{ЭКГ}}, Q_{\text{ч.у}}^{\text{ЭКГ}}$ – часовая средняя эксплуатационная производительность ЭГО и ЭКГ при выемке породы и угля соответственно, м³/ч.

$$V_y^{\text{ЭГО}} = \frac{m_{\text{пл}}}{\sin \alpha} H_1; V_y^{\text{ЭКГ}} = \frac{m_{\text{пл}}}{\sin \alpha} H_2; \text{ но } H_2 = H_y - H_1,$$

тогда

$$V_y^{\text{ЭКГ}} = \frac{m_{\text{пл}}}{\sin \alpha} (H_y - H_1),$$

или

$$V_y^{\text{ЭГО}} = \delta_y^{\text{ЭГО}} \frac{m_{\text{пл}}}{\sin \alpha} H_y; V_y^{\text{ЭКГ}} = (1 - \delta_y^{\text{ЭГО}}) \frac{m_{\text{пл}}}{\sin \alpha} H_y \quad (2)$$

$$V_n^{\text{ЭГО}} = \delta_n^{\text{ЭГО}} \left(A_y H_y - \frac{m_{\text{пл}}}{\sin \alpha} H_y \right) = \delta_n^{\text{ЭГО}} H_y \left(A_y - \frac{m_{\text{пл}}}{\sin \alpha} \right); \quad (3)$$

$$V_n^{\text{ЭКГ}} = (1 - \delta_n^{\text{ЭГО}}) H_y \left(A_y - \frac{m_{\text{пл}}}{\sin \alpha} \right)$$

Подставив в (1) значения формул (2) и (3), получим равенство в виде следующего выражения

$$\frac{\delta_n^{\text{ЭГО}} H_y \left(A_y - \frac{m_{\text{пл}}}{\sin \alpha} \right)}{Q_{\text{ч.л}}^{\text{ЭГО}}} + \frac{\delta_y^{\text{ЭГО}} H_y \frac{m_{\text{пл}}}{\sin \alpha}}{Q_{\text{ч.у}}^{\text{ЭГО}}} = \frac{(1 - \delta_n^{\text{ЭГО}}) H_y \left(A_y - \frac{m_{\text{пл}}}{\sin \alpha} \right)}{Q_{\text{ч.л}}^{\text{ЭКГ}}} + \frac{(1 - \delta_y^{\text{ЭГО}}) H_y \frac{m_{\text{пл}}}{\sin \alpha}}{Q_{\text{ч.у}}^{\text{ЭКГ}}}, \quad (4)$$

где $m_{\text{пл}}$ – нормальная мощность пласта, м; α – угол падения пласта, град; H_y – высота уступа, м; $\delta_n^{\text{ЭГО}}$ – удельная часть объема породы, вынимаемой с помощью ЭГО в общем объеме породы в заходке, дол. ед.; $\delta_y^{\text{ЭГО}}$ – удельная часть объема угля, вынимаемого экскаватором ЭГО, в общем объеме угля в заходке, дол. ед.

Высота уступа устанавливается по высоте прочерпывания контакта «уголь-порода».



Сократив обе части равенства на $H_y \frac{m_{nl}}{\sin \alpha}$, получим

$$\frac{\delta_n^{\text{эзо}} \left(\frac{A_3 \sin \alpha}{m_{nl}} - 1 \right)}{Q_{ч,n}^{\text{эзо}}} + \frac{\delta_y^{\text{эзо}}}{Q_{ч,y}^{\text{эзо}}} = \frac{(1 - \delta_n^{\text{эзо}}) \left(\frac{A_3 \sin \alpha}{m_{nl}} - 1 \right)}{Q_{ч,n}^{\text{ЭКЗ}}} + \frac{(1 - \delta_y^{\text{эзо}})}{Q_{ч,y}^{\text{ЭКЗ}}}. \quad (5)$$

Из выражения (5) следует, что необходимая часовая эксплуатационная производительность экскаваторов в комплексе зависит от удельного веса пород и угля, разрабатываемого экскаватором ЭГО ($\delta_n^{\text{эзо}}$, $\delta_y^{\text{эзо}}$), ширины экскаваторной заходки A_3 и горизонтальной мощности пласта, попадающего в заходку ($m_{nl} / \sin \alpha$).

А приравняв $Q_{ч,n}^{\text{эзо}} = Q_{ч,y}^{\text{эзо}}$ и $Q_{ч,n}^{\text{ЭКЗ}} = Q_{ч,y}^{\text{ЭКЗ}}$, получим выражение (5) в виде:

$$\frac{1}{Q_{ч}^{\text{эзо}}} \left[\frac{\delta_n^{\text{эзо}} \left(\frac{A_3 \sin \alpha}{m_{nl}} - 1 \right)}{1} + \frac{\delta_y^{\text{эзо}}}{1} \right] = \frac{1}{Q_{ч}^{\text{ЭКЗ}}} \left[\frac{(1 - \delta_n^{\text{эзо}}) \left(\frac{A_3 \sin \alpha}{m_{nl}} - 1 \right)}{1} + \frac{(1 - \delta_y^{\text{эзо}})}{1} \right];$$

Или

$$\frac{1}{Q_{ч}^{\text{эзо}}} \left[\delta_n^{\text{эзо}} \left(\frac{A_3 \sin \alpha}{m_{nl}} - 1 \right) + \delta_y^{\text{эзо}} \right] = \frac{1}{Q_{ч}^{\text{ЭКЗ}}} \left[(1 - \delta_n^{\text{эзо}}) \left(\frac{A_3 \sin \alpha}{m_{nl}} - 1 \right) + (1 - \delta_y^{\text{эзо}}) \right]. \quad (6)$$

Из представленного выше следует, что если первичным выбором является экскаватор, отрабатывающий верхнюю часть породугольного забоя (в нашем случае гидравлический экскаватор типа обратная лопата), то производительность экскаватора, занятого на отработке нижней части забоя (ЭКЗ), будет определяться соотношением

$$Q_{ч}^{\text{ЭКЗ}} = \frac{Q_{ч}^{\text{эзо}} \left[(1 - \delta_n^{\text{эзо}}) \left(\frac{A_3 \sin \alpha}{m_{nl}} - 1 \right) + (1 - \delta_y^{\text{эзо}}) \right]}{\left[\delta_n^{\text{эзо}} \left(\frac{A_3 \sin \alpha}{m_{nl}} - 1 \right) + \delta_y^{\text{эзо}} \right]}.$$

Пример. Исходные данные:

$$Q_{ч}^{\text{эзо}} = 500 \text{ м}^3/\text{ч}; A_3 = 20 \text{ м}; \delta_n^{\text{эзо}} = 0,3; \delta_y^{\text{эзо}} = 0,6; m_{nl} = 5 \text{ м}; \alpha = 45^\circ; H_y = 20 \text{ м}.$$

$$\begin{aligned} Q_{ч}^{\text{ЭКЗ}} &= \frac{Q_{ч}^{\text{эзо}} \left[(1 - \delta_n^{\text{эзо}}) \left(\frac{A_3 \sin \alpha}{m_{nl}} - 1 \right) + (1 - \delta_y^{\text{эзо}}) \right]}{\left[\delta_n^{\text{эзо}} \left(\frac{A_3 \sin \alpha}{m_{nl}} - 1 \right) + \delta_y^{\text{эзо}} \right]} = \\ &= \frac{500 \left[(1 - 0,3) \left(\frac{20 \cdot 0,707}{5} - 1 \right) + (1 - 0,6) \right]}{0,3 \left(\frac{20 \cdot 0,707}{5} - 1 \right) + 0,6} = 730 \text{ м}^3 / \text{ч}. \end{aligned}$$

При этих производительностях экскаваторов комплекса скорости продвижения забоев ЭГО и ЭКЗ будут одинаковыми, что позволит обеспечить ритмичность работы выемочно-погрузочного комплекса.



Для заданных условий примера и $H_y = 20$ м скорость подвигания общего забоя составит 3,08 м/ч.

$$V_z = \frac{Q_{\text{эзо}}}{\delta_n^{\text{эзо}} \left(A_y H_y - \frac{m_{\text{нл}}}{\sin \alpha} H_y \right) + \delta_y^{\text{эзо}} \frac{m_{\text{нл}}}{\sin \alpha} H_y} =$$

$$= \frac{500}{0,3 \cdot 20 \left(20 - \frac{5}{0,707} \right) + 0,6 \cdot 20 \frac{5}{0,707}} = \frac{500}{162,42} = 3,08 \text{ м / ч.}$$

Сочетание выемочно-погрузочного оборудования комплекса с автотранспортом устанавливается следующим образом.

При непрерывной работе экскаватора в течение часа выдерживается равенство

$$Q_{\text{э}} = Q_{\text{ч}}^a,$$

где $Q_{\text{э}}$ – среднечасовая эксплуатационная производительность экскаватора, м³/ч; $Q_{\text{ч}}^a$ – среднечасовая эксплуатационная производительность автосамосвала, м³/ч.

$$\text{Но } Q_{\text{ч}}^a = N_{\text{а.л}}^{\text{ч}} \frac{V_{\text{к}}^a K_{\text{з}}}{K_{\text{р}}^{\text{к}}},$$

где $N_{\text{а.л}}^{\text{ч}}$ – количество автосамосвалов, загруженных экскаватором в течение часа; $V_{\text{к}}^a$ – емкость кузова автосамосвала, м³; $K_{\text{з}}$ – коэффициент загрузки кузова автосамосвала; $K_{\text{р}}^{\text{к}}$ – коэффициент разрыхления пород в кузове автосамосвала.

$$N_{\text{а.л}}^{\text{ч}} = \frac{Q_{\text{э}} K_{\text{р}}^{\text{к}}}{V_{\text{к}}^a K_{\text{з}}} = \frac{Q_{\text{э}} K_{\text{р}}^{\text{к}}}{n_{\text{к}} E_{\text{к}} K_{\text{з}}},$$

где $n_{\text{к}}$ – соотношение между емкостью кузова автосамосвала и вместимостью ковша экскаватора; $E_{\text{к}}$ – вместимость ковша экскаватора, м³.

Количество автосамосвалов, обслуживающих один экскаватор комплекса, определяется по выражению

$$N_{\text{а}} = \frac{60 T_{\text{р}}}{t_{\text{н}}}, \quad (7)$$

где $T_{\text{р}}$ – средняя продолжительность рейса автосамосвала, ч;

$$T_{\text{р}} = \frac{2 L_{\text{ср}}^{\text{мр}}}{V_{\text{а}}},$$

где $L_{\text{ср}}^{\text{мр}}$ – средняя длина транспортирования пород из забоя на отвал, км; $V_{\text{а}}$ – средняя скорость движения автосамосвала, км/ч (приняв $v_{\text{ср}}^{\text{с}} = v_{\text{нор}}^{\text{с}}$); $t_{\text{н}}$ – время погрузки одного автосамосвала, мин

$$t_{\text{н}} = \frac{60 V_{\text{к}}^a K_{\text{з}}}{K_{\text{р}}^{\text{к}} Q_{\text{э}}} = \frac{60 n_{\text{к}} E_{\text{к}} K_{\text{з}}}{K_{\text{р}}^{\text{к}} \frac{3600 E_{\text{к}} K_{\text{н}}}{t_{\text{ц}} K_{\text{р}}}} = \frac{60 n_{\text{к}} E_{\text{к}} K_{\text{з}} t_{\text{ц}} K_{\text{р}}}{K_{\text{р}}^{\text{к}} 3600 E_{\text{к}} K_{\text{н}}} = \frac{n_{\text{к}} K_{\text{з}} t_{\text{ц}} K_{\text{р}}}{60 K_{\text{р}}^{\text{к}} K_{\text{н}}},$$

где $t_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла экскаватора, с; $K_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления пород в ковше экскаватора; $K_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора.

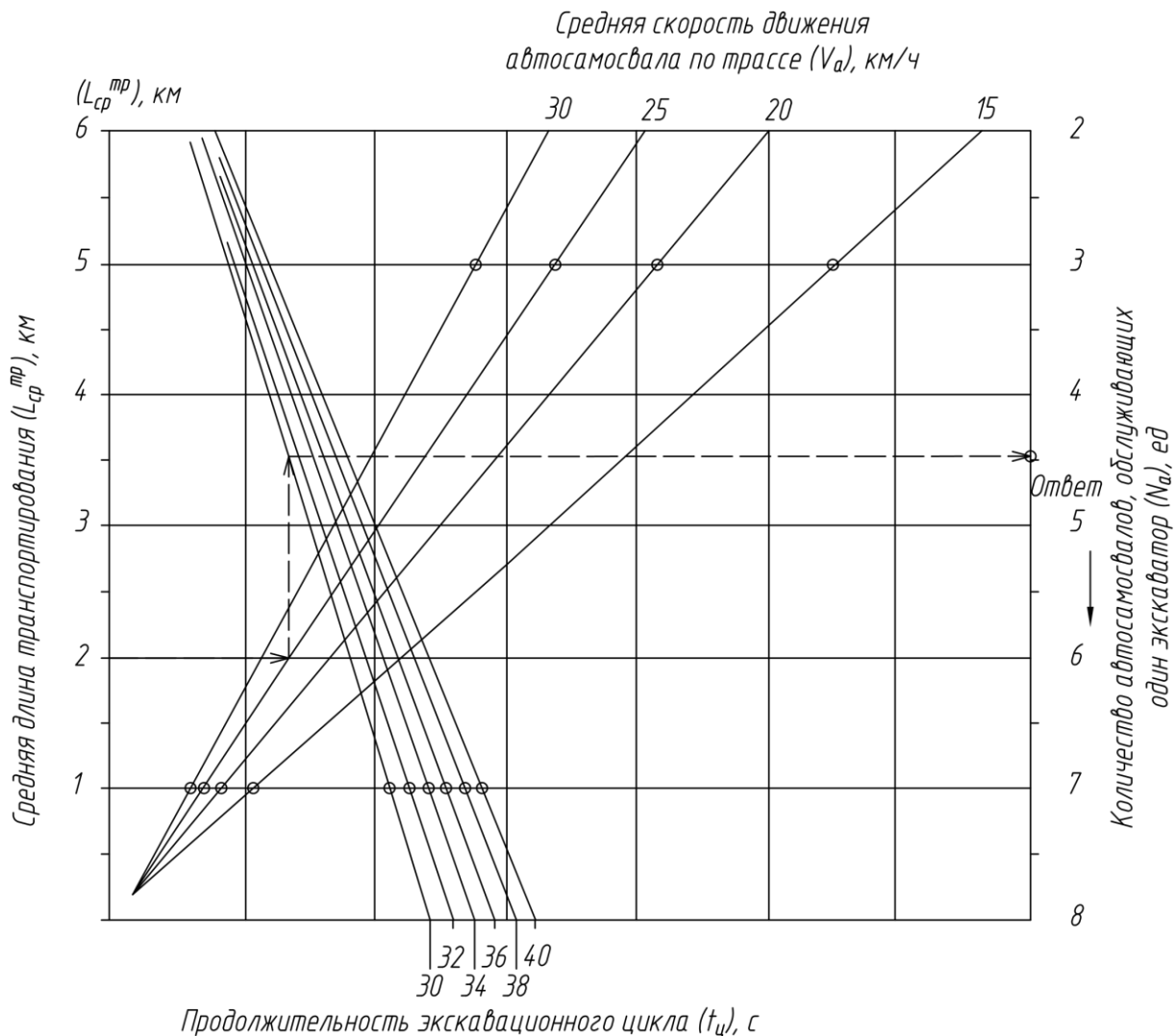


Рис. 2. График-номограмма взаимозависимости параметров экскаваторно-автомобильного комплекса.

Fig. 2. Nomogram of interdependence of excavator-truck complex parameters.

Ключ: $L_{cp}^{mp} \rightarrow v_a \rightarrow t_{\psi} \rightarrow N_a$

Тогда выражение (7) примет вид

$$N_a = \frac{60 \frac{2L_{cp}^{mp}}{v_a}}{\frac{n_{\kappa} K_3 t_{\psi} K_p}{60 K_p^{\kappa} K_n}} = \frac{120 L_{cp}^{mp} 60 K_p^{\kappa} K_n}{v_a n_{\kappa} K_3 t_{\psi} K_p} = \frac{7200 L_{cp}^{mp} K_p^{\kappa} K_n}{v_a n_{\kappa} K_3 t_{\psi} K_p}.$$

Графическая интерпретация данного выражения представлена на Рис. 2.

Пример. Исходные данные:

$L_{cp}^{mp} = 2$ км; $K_p^{\kappa} = 1,25$; $K_n = 1,2$; $v_a = 25$ км/ч; (БелАЗ-7555Д); $t_{\psi} = 30$ с; $K_p = 1,35$; $n_{\kappa} = 4$; $K_3 = 1,2$.

$$N_a = \frac{7200 L_{cp}^{mp} K_p^{\kappa} K_n}{v_a n_{\kappa} K_3 t_{\psi} K_p} = \frac{7200 \cdot 2 \cdot 1,25 \cdot 1,2}{25 \cdot 4 \cdot 1,2 \cdot 30 \cdot 1,35} = 4,4.$$

Принимаем $N_a = 5$ автомашин.

Структурные схемы отработки угольных пластов наклонного залегания с применением автотранспорта

К угольным пластам наклонного залегания относятся пласты в диапазоне углов падения от 15° до 45° .

Ведение выемочно-погрузочных работ в зоне залегания наклонных угольных пластов усложняется вследствие ограничения высоты уступа высотой прочерпывания контакта «уголь-порода» как мехлопатами, так и гидравлическими экскаваторами. Ограничивается возможность зачистки породугольного контакта с помощью бульдозеров и бульдозерно-рыхлительных агрегатов с углами падения пластов до 20° . Значительно усложняется подготовка вмещающих пород к выемке с помощью буровзрывных работ, особенно при отработке сближенных угольных пластов.

Для ведения выемочно-погрузочных работ в зонах залегания наклонных угольных пластов предлагаются следующие структурные схемы.

Схема 1. Проходка разрезной траншеи с выемкой сближенных угольных пластов простого строения слоями с отработкой верхнего слоя гидравлическим экскаватором обратной лопатой, а нижнего слоя – экскаватором мехлопата с удлиненным рабочим оборудованием с погрузкой в автотранспорт (Рис. 3).

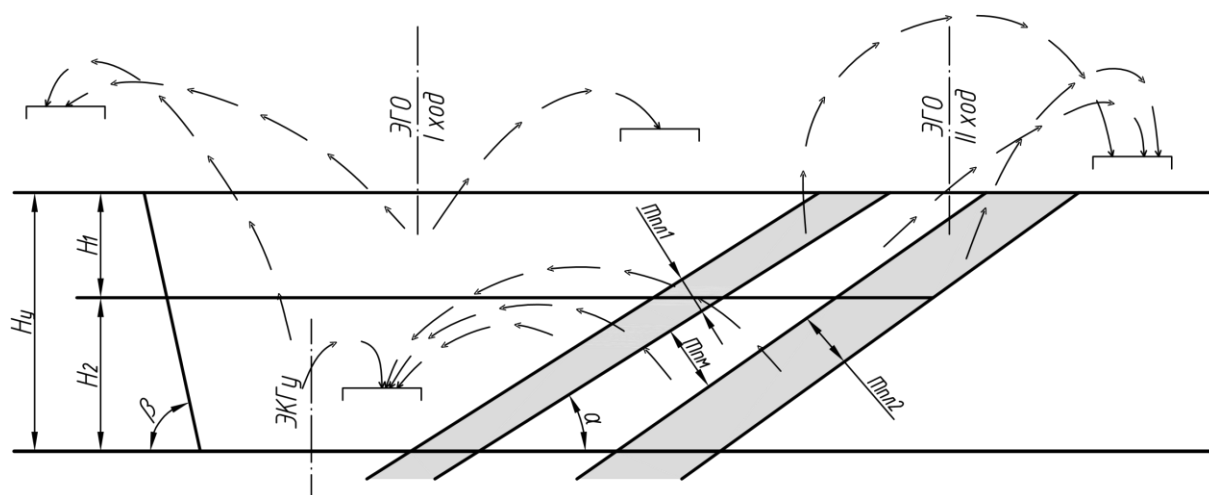


Рис. 3. Структурная схема проходки разрезной траншеи с выемкой сближенных угольных пластов простого строения комплексом ЭГО – ЭКГУ ($\alpha > 20^\circ$)

Fig. 3. Structural scheme of the cutting trenching with the excavation of the adjacent coal seams of simple structure by the EGO – EKGU set of equipment ($\alpha > 20^\circ$).

При работе по данной схеме проходка разрезной траншеи с выемкой сближенных пластов производится комплексом, состоящим из гидравлического экскаватора, обратной лопаты и мехлопаты ЭКГУ-ЭГО. Проходка разрезной траншеи ведется двумя слоями. Первоначально экскаватор ЭГО осуществляет выемку породы со стороны висячего бока верхнего пласта нижним черпанием с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора. Причем породный массив в контурах разрезной траншеи подвергается предварительному рыхлению с помощью буровзрывных работ. Затем экскаватор ЭГО переходит из первого положения в положение II и вынимает поочередно верхний угольный пласт, породу междупластья и нижний пласт с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО.

Отработка второго слоя производится мехлопатой с удлиненным рабочим оборудованием с погрузкой породы и угля в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭКГУ. Причем высота верхнего и нижнего слоев устанавливается по условиям прочерпывания контактов «уголь-порода».

Схема 2. Проходка разрезной траншеи с выемкой сближенных угольных пластов сложного строения с проведением внутрипластовой селекции (Рис. 4).

Проходка разрезной траншеи производится выемочно-погрузочным комплексом ЭГО и ЭГ по схеме, аналогичной схеме 1 (Рис. 3), но с раздельной выемкой угольных пачек и породных прослоек ЭГО и гидравлическим экскаватором прямая лопата ЭГ.

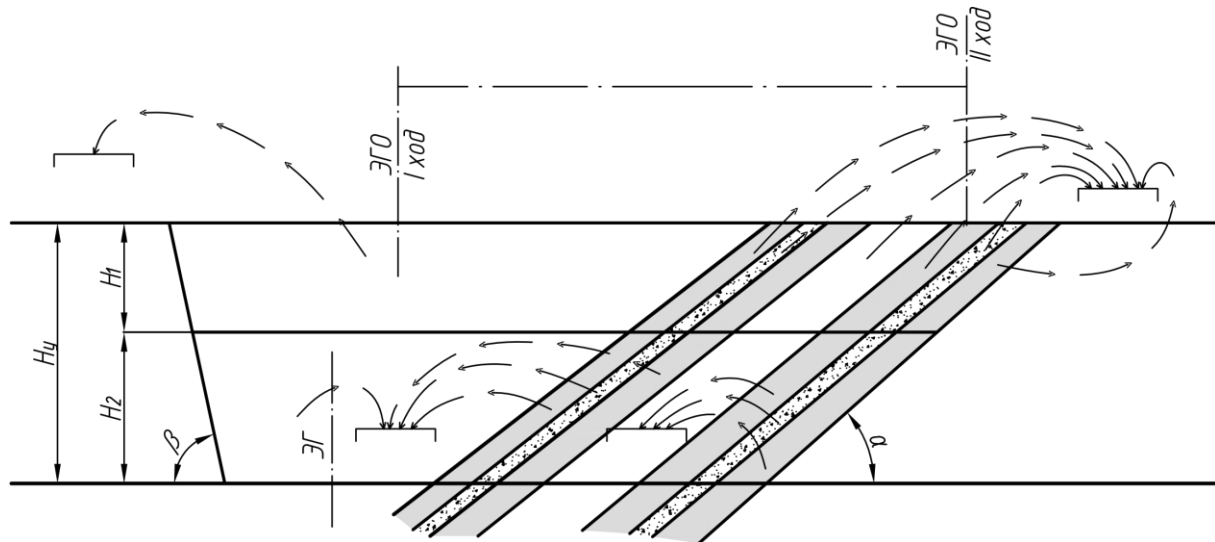


Рис. 4. Структурная схема проходки разрезной траншеи с выемкой сближенных угольных пластов сложного строения комплексом ЭГО – ЭГ ($\alpha > 20^\circ$)

Fig. 4. Structural scheme of the cutting trenching with the excavation of the adjacent coal seams of simple structure by the EGO – EG set of equipment ($\alpha > 20^\circ$).

Схема 3. Проходка разрезной траншеи с выемкой одиночного угольного пласта простого строения (Рис. 5).

Проходка разрезной траншеи с выемкой одиночного угольного пласта простого строения производится выемочно-погрузочным комплексом, состоящим из гидравлического экскаватора прямая лопата (ЭГ) и мехлопаты (ЭКГу) с удлиненным рабочим оборудованием.

Проходка разрезной траншеи ведется двумя слоями высотой H_1 и H_1 каждый. Выемка верхнего слоя производится экскаватором ЭГ с погрузкой породы и угля в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора ЭГ. Нижний слой отрабатывается экскаватором ЭКГу с погрузкой породы и угля в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора. В этой схеме, как и в предыдущих, рыхление пород в контурах разрезной траншеи производится с помощью буровзрывных работ.

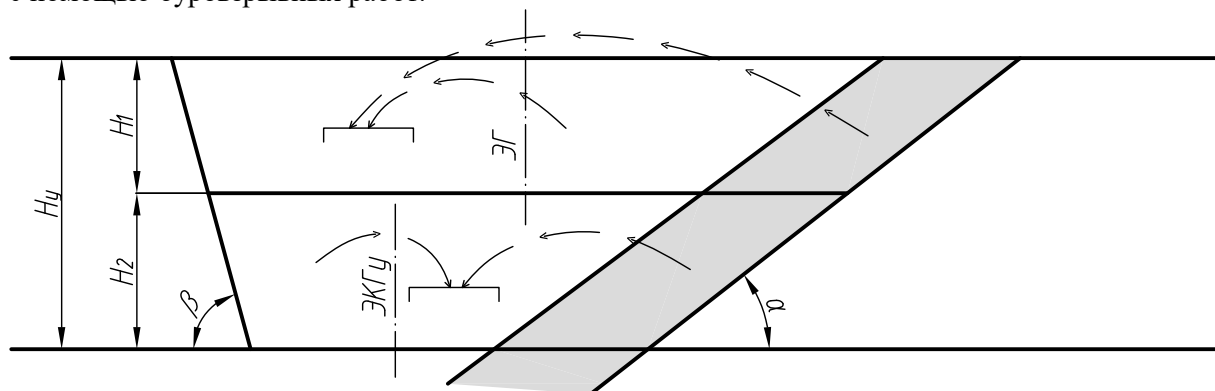


Рис. 5. Структурная схема проходки разрезной траншеи с выемкой одиночного угольного пласта простого строения комплексом ЭГ – ЭКГу ($\alpha > 20^\circ$).

Fig. 5. Structural scheme of the cutting trenching with the excavation of the single coal seam of simple structure by the EG – EKGU set of equipment ($\alpha > 20^\circ$).

Схема 4. Проходка разрезной траншеи с выемкой одиночного угольного пласта сложного строения (Рис. 6).

Проходка разрезной траншеи с выемкой одиночного угольного пласта сложного строения производится выемочно-погрузочным комплексом, состоящим из гидравлического экскаватора обратная лопата ЭГО и гидравлического экскаватора прямая лопата ЭГ.

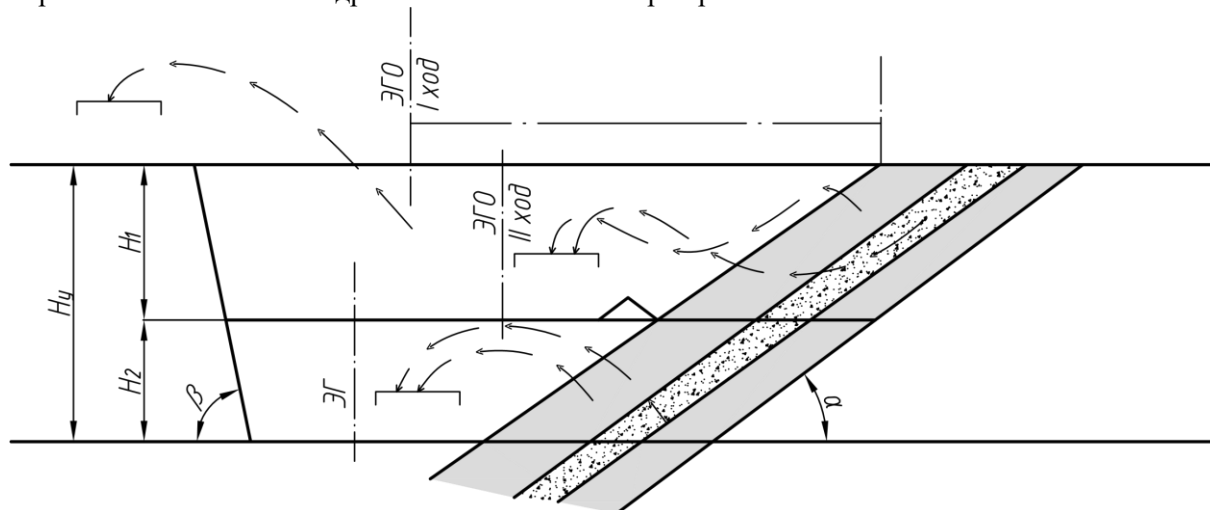


Рис. 6. Структурная схема проходки разрезной траншеи с выемкой одиночного угольного пласта сложного строения комплексом ЭГО (верхнее черпание) – ЭГ ($\alpha > 20^\circ$)

Fig. 6. Structural scheme of the cutting trenching with the excavation of the single coal seam of complex structure by the EG – EKGU set of equipment ($\alpha > 20^\circ$)

Выемка ведется двумя слоями, обеспечивающими высоту нарезаемого уступа H_u .

Экскаватор ЭГО первым ходом устанавливается на развале пород и нижним черпанием вынимает породу первого слоя с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО.

Вторым ходом с установкой ЭГО на верхней площадке нижнего слоя экскаватор производит раздельную выемку угольных пачек и породных прослоек верхним черпанием с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне его стояния.

Нижний слой отрабатывается экскаватором ЭГ аналогично схеме 2 (Рис. 4) при выемке верхнего пласта свиты.

Схема 5. Проходка разрезной траншеи с выемкой сближенных угольных пластов простого строения при углах падения $15-20^\circ$ (Рис. 7).

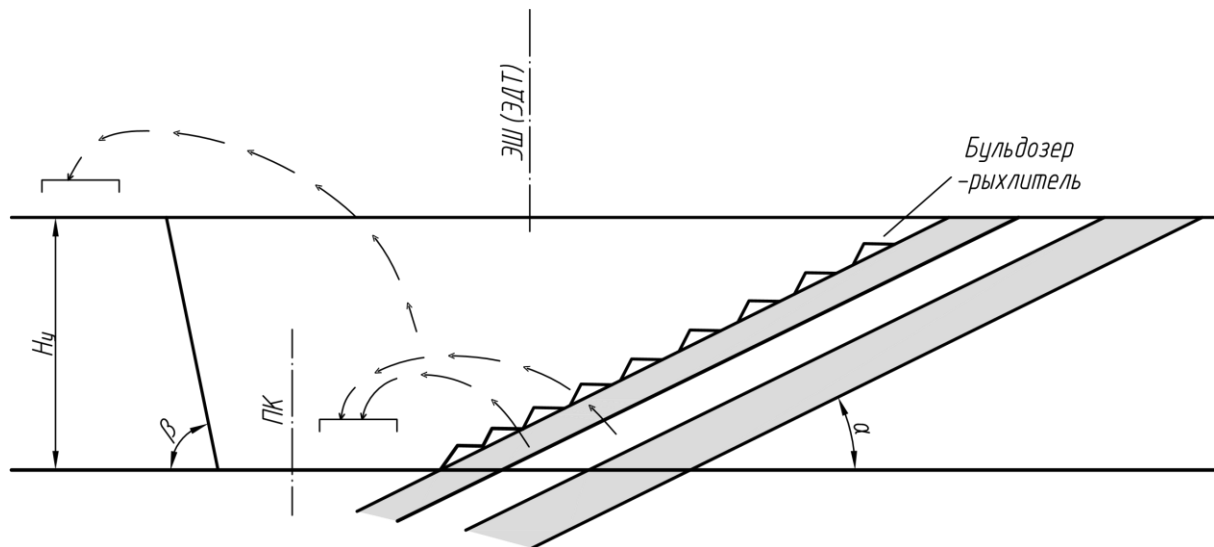


Рис. 7. Структурная схема проходки разрезной траншеи с выемкой сближенных угольных пластов простого строения комплексом ЭШ (ЭДГ) – Бульдозерно-рыхлительный агрегат – погрузчик (ПК) ($\alpha > 20^\circ$)

Fig. 7. Structural scheme of the cutting trenching with the excavation of the adjacent coal seam of simple structure by the set of equipment of ESh (EDG) – Bulldozer and ripper unit – Wheel loader ($\alpha > 20^\circ$)

Проходка разрезной траншеи с выемкой сближенных угольных пластов простого строения с $\alpha = 15-20^\circ$ ведется в следующей последовательности.

Экскаватор-драглайн ЭШ или ЭДГ устанавливается на развале пород траншеи и вынимает породу сразу на всю глубину разрезной траншеи, равную H_g , с погрузкой в автосамосвал, расположенный на верхней площадке нарезаемого уступа.

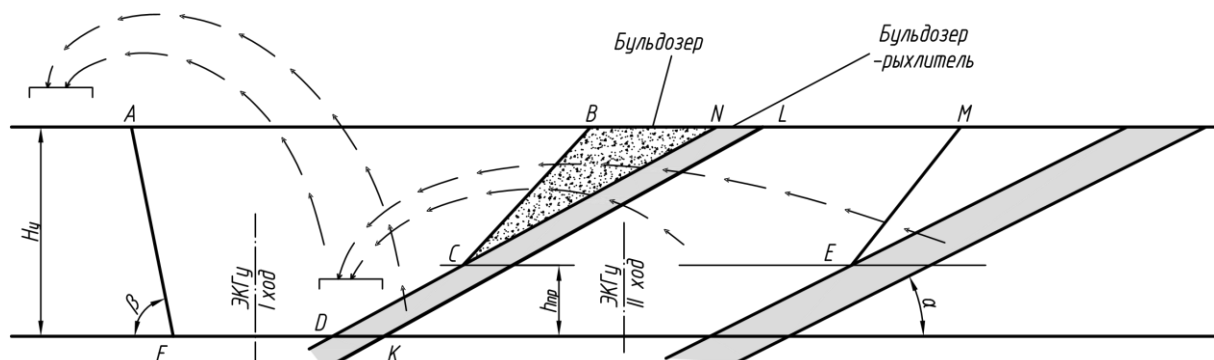


Рис. 8. Структурная схема проходки разрезной траншеи с выемкой рассредоточенных угольных пластов простого строения комплексом ЭКГу – Бульдозер – Бульдозерно-рыхлительный агрегат ($\alpha = 15-20^\circ$)

Fig. 8. Structural scheme of the cutting trenching with the excavation of the dispersed coal seams of simple structure by the set of equipment of EKGu – Bulldozer – Bulldozer and ripper unit ($\alpha = 15-20^\circ$)

После этого бульдозерно-рыхлительный агрегат осуществляет последовательно рыхление и перемещение угля и пород междупластья в зону действия колесного погрузчика ПК, установленного на дне разрезной траншеи, с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния погрузчика.

Схема 6. Проходка разрезной траншеи с выемкой сближенных угольных пластов сложного строения при углах падения $15-20^\circ$.



Для данного варианта структурная технологическая схема аналогична схеме, представленной на Рис. 7. Отличительными признаками является необходимость рыхления и перемещения угольных пачек и внутрипластовых породных прослоев бульдозерно-рыхлительным агрегатом к нижней части разрезной траншеи в зону действия погрузчика, осуществляющего отгрузку угля и породы в автосамосвал.

Схема 7. Проходка разрезной траншеи с выемкой рассредоточенных угольных пластов простого строения при углах падения $15-20^\circ$ (Рис. 8).

Проходка разрезной траншеи с выемкой рассредоточенных угольных пластов простого строения с $\alpha = 15-20^\circ$ ведется в следующей последовательности.

Экскаватор ЭКГу устанавливается на дне траншеи и вынимает породную часть траншеи со стороны висячего бока первого пласта в контурах ABCDF с погрузкой в автосамосвал, расположенный на верхней площадке нарезаемого уступа.

Затем с помощью бульдозера оставшаяся часть породы в контурах BCN перемещается в зону черпания экскаватора с отгрузкой в автосамосвал, расположенный на верхней площадке нарезаемого уступа. После этого бульдозерно-рыхлительный агрегат рыхлит и перемещает уголь верхнего пласта в зону черпания экскаватора ЭКГу с отгрузкой в автосамосвал с верхней погрузкой. Порода междупластья в контурах KLTZ отгружается экскаватором ЭКГу в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора. Оставшиеся объемы породы и угля поочередно перемещаются бульдозером и бульдозерно-рыхлительным агрегатом в зону черпания экскаватора ЭКГу с отгрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора.

Схема 8. Проходка разрезной траншеи с выемкой рассредоточенных угольных пластов сложного строения аналогична структурной схеме, изображенной на Рис. 8.

Отличительными признаками схемы является использование бульдозерно-рыхлительного агрегата для рыхления угольных пачек и породных внутрипластовых прослоев с перемещением их в зону прочерпывания экскаватора с удлиненным рабочим оборудованием с погрузкой в автосамосвалы, расположенные на дне разрезной траншеи.

Схема 9. Выемка одиночного угольного пласта простого строения при $\alpha \leq 20^\circ$ при проходке разрезной траншеи аналогична структурной схеме, представленной на Рис. 8 для выемки верхнего пласта. Выемка пласта ведется с применением комплекса ЭКГу – Бульдозер – Бульдозерно-рыхлительный агрегат. Отличительным признаком является только верхняя погрузка породы и угля в автосамосвал.

Схема 10. Проходка разрезной траншеи с выемкой одиночного угольного пласта сложного строения при $\alpha = 15-20^\circ$.

Структурная технологическая схема совпадает со схемой на Рис. 8 при выемке верхнего пласта.

Схема 11. Попутная выемка одиночного угольного пласта простого строения при подходе к нему фронта работ со стороны лежащего бока. Такой вариант возможен при проходке разрезной траншеи со стороны висячего бока наиболее мощного пласта свиты, находящегося внутри ее. Обычно это одиночные пласты малой мощности.

Попутная выемка одиночного угольного пласта простого строения, попадающего в экскаваторную заходку, осуществляется в следующей последовательности.

Экскаватор ЭГО устанавливается на развале пород и осуществляет нижним черпанием выемку пород в контурах ABCD на глубину верхнего слоя H_1 с погрузкой породы в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО.

После этого ЭГО устанавливается на верхней площадке нижнего слоя и верхним черпанием вынимает угольный пласт на высоту H_1 , а нижним черпанием породу и уголь на высоту H_1 с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора.

Оставшуюся часть пород экскаваторной заходки отгружает экскаватор ЭКГ в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора ЭКГ.

Вариант 1. Отработка пласта простого строения с $\alpha > 20^\circ$ (Рис. 9).

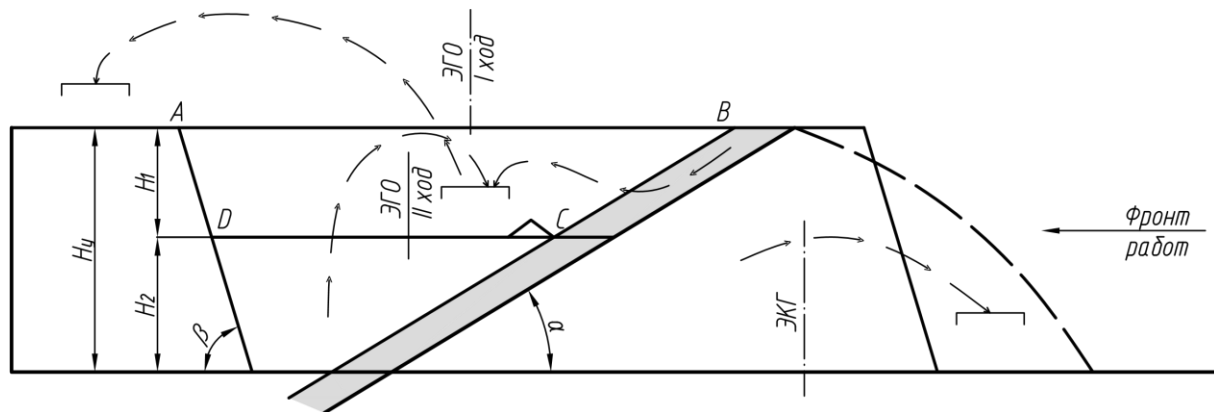


Рис. 9. Структурная схема попутной выемки одиночного пласта простого строения комплексом ЭГО – ЭКГ ($\alpha > 20^\circ$)

Fig. 9. Structural scheme of the by-product excavation of the single coal seam of simple structure by the set of equipment of EGO – EKG ($\alpha > 20^\circ$)

Вариант 2. Попутная отработка одиночного угольного пласта сложного строения с $\alpha > 20^\circ$. Структурная схема аналогична схеме, представленной на Рис. 9. Отличительным признаком является проведение внутрипластовой селекции гидравлическим экскаватором обратная лопата.

Схема 12. Попутная выемка одиночного угольного пласта простого строения при подходе к нему фронта работ со стороны лежачего бока при $\alpha \leq 20^\circ$ (рис. 10).

Технология попутной одиночной выемки одиночного угольного пласта простого строения с $\alpha \leq 20^\circ$ при подходе к нему фронта работ со стороны лежачего бока заключается в следующем. Пласт полностью попадает в две экскаваторные заходки.

Отработка пласта в первой заходке ведется в следующей последовательности.

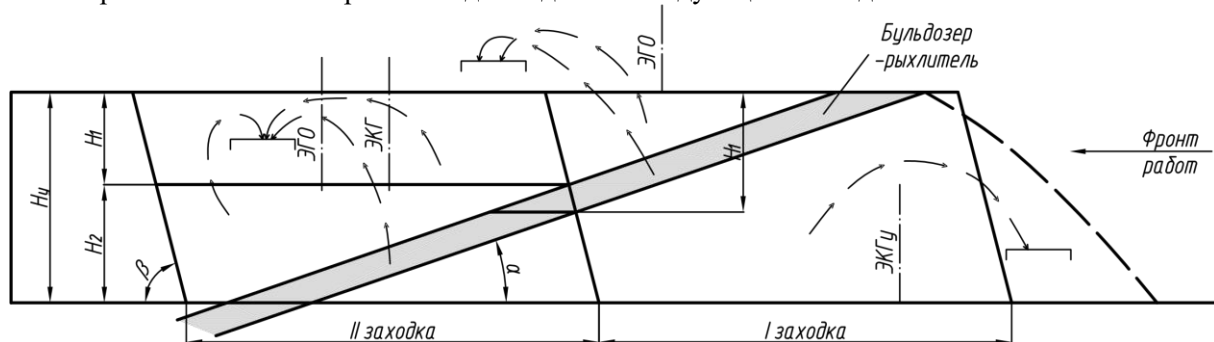


Рис. 10. Структурная схема попутной выемки одиночного пласта простого строения комплексом ЭКГ – ЭГО – Бульдозерно-рыхлительный агрегат ($\alpha \leq 20^\circ$)

Fig. 10. Structural scheme of the by-product excavation of the single coal seam of simple structure by the set of equipment of EKG – EGO – Bulldozer and ripper unit ($\alpha \leq 20^\circ$)

Экскаватор ЭГО устанавливается на развале пород со стороны висячего бока пласта и нижним черпанием производит выемку пород с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО. Затем бульдозерно-рыхлительный агрегат производит рыхление и перемещение угля в зону черпания экскаватора ЭГО. Оставшаяся часть вскрышных пород со стороны лежачего бока пласта отгружается экскаватором ЭКГу в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭКГу.

Отработка угольного пласта во второй заходке ведется в следующей последовательности.

Экскаватор ЭКГ устанавливается на верхней площадке второго слоя и производит выемку пород на высоту первого слоя H_1 с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния

ЭКГ. Затем на верхнюю площадку нижнего слоя устанавливается гидравлический экскаватор обратная лопата (ЭГО), который нижним черпанием вынимает породу со стороны висячего бока пласта на глубину H_2 с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО. После этого бульдозерно-рыхлительный агрегат рыхлит и сталкивает уголь в зону нижнего черпания экскаватора ЭГО.

Схема 13. Попутная отработка одиночного угольного пласта сложного строения $\alpha \leq 20^\circ$.

Структурная схема отработки пласта сложного строения аналогична схеме, представленной на Рис. 10.

Отличительной чертой схемы является проведение внутрипластовой селекции бульдозерно-рыхлительным агрегатом, перемещающим поочередно угольные пачки и породные прослойки сверху вниз в зону черпания гидравлического экскаватора обратная лопата в обеих заходках.

Схема 14. Оработка нижнего пласта свиты угольных пластов простого строения с формированием борта погашения (Рис. 11) с $\alpha > 20^\circ$.

Выемка нижнего пласта свиты простого строения при подходе к нему фронта работ со стороны висячего бока ведется в следующей последовательности.

На верхней площадке нижнего слоя устанавливается гидравлический экскаватор прямая лопата (ЭГ), который сначала вынимает и отгружает породу, а затем вынимает угольный пласт на высоту H_1 с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора ЭГ.

Нижний слой обрабатывается по аналогичной схеме, но с использованием экскаватора с удлиненным рабочим оборудованием (ЭКГу).

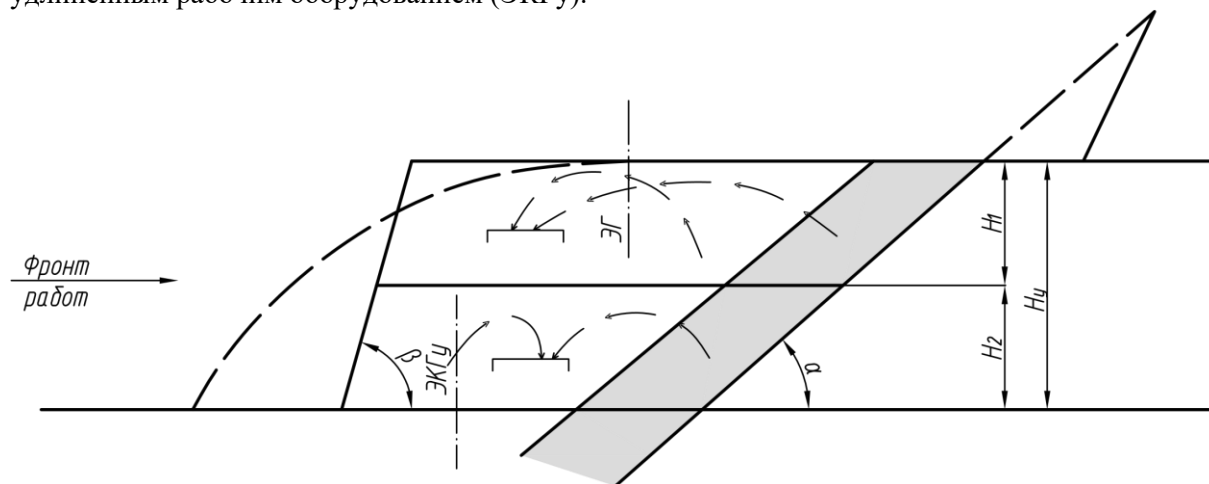


Рис. 11. Структурная схема отработки нижнего пласта свиты простого строения с $\alpha > 20^\circ$ комплексом ЭГ – ЭКГу

Fig. 11. Structural scheme of excavation of the simple structure lower seam of the formation with $\alpha > 20^\circ$ by the EG – EKGu set of equipment

Схема 15. Оработка нижнего пласта свиты угольных пластов сложного строения с $\alpha > 20^\circ$.

Структурная схема аналогична схеме, изображенной на Рис. 11. Отличием является осуществление внутрипластовой селекции экскаваторами ЭКГ и ЭГ на величину прочерпывания контактов уголь-порода каждым из них.

Схема 16. Оработка нижнего пласта свиты угольных пластов простого строения с формированием борта погашения при $\alpha \leq 20^\circ$ (Рис. 12).

Технология отработки нижнего пласта свиты простого строения с $\alpha \leq 20^\circ$ заключается в следующем. Экскаватор ЭКГу устанавливается на нижней площадке уступа и вынимает породу со стороны висячего бока пласта на всю высоту развала в контурах ABCDE с отгрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора.

Оставшаяся часть пород над пластом в контурах BFC бульдозером сталкивается в зону черпания экскаватора ЭКГу. Затем бульдозерно-рыхлительный агрегат рыхлит и перемещает

уголь также в зону черпания экскаватора ЭКГу с отгрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора.

Схема 16, вариант 2. Отработка нижнего пласта свиты сложного строения с формированием борта погашения при $\alpha \leq 20^\circ$.

Структурная схема выемки последнего пласта свиты сложного строения аналогична схеме, представленной на Рис. 12. Отличительными признаками схемы является селективная выемка угольных пачек и внутрипластовых породных прослоек с помощью бульдозера, бульдозерно-рыхлительного агрегата с перемещением угля и породы в зону черпания экскаватора, который так же производит внутри пластовую селекцию по высоте своего прочерпывания контакта «уголь-порода».

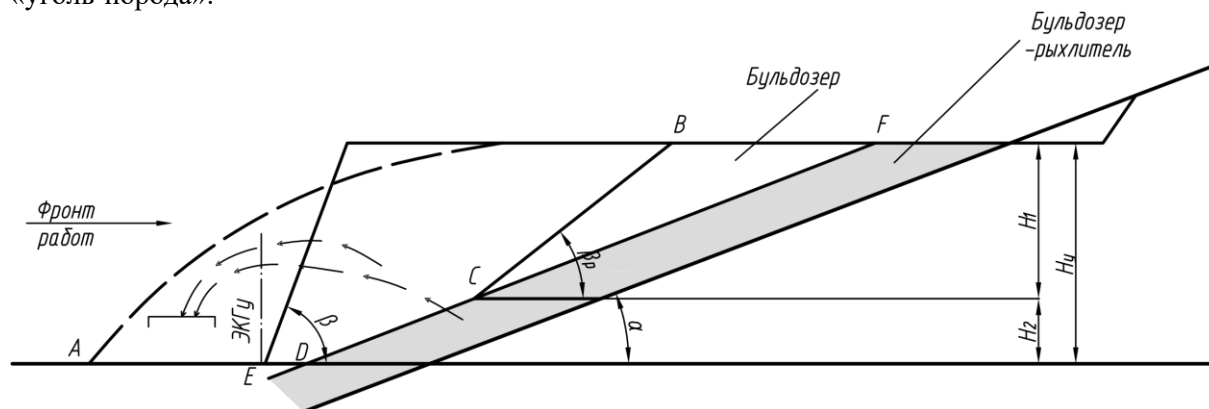


Рис. 12. Структурная схема отработки нижнего пласта свиты простого строения комплексом ЭКГу – Бульдозер – Бульдозерно-рыхлительный агрегат ($\alpha \leq 20^\circ$)

Fig. 12. Structural scheme of excavation of the simple structure lower seam of the formation by the set of equipment of EKGu – Bulldozer – Bulldozer and ripper unit ($\alpha \leq 20^\circ$)

Структурные схемы отработки крутопадающих угольных пластов с применением автотранспорта

К крутопадающим угольным пластам относятся пласты с углом падения в диапазоне $46-90^\circ$. К характерным особенностям отработки таких пластов относится нарушение устойчивости обнаженного угольного пласта при углах падения свыше 50° , причем устойчивая высота угольного пласта зависит не только от его прочностных характеристик, но и от величины обнажения пласта по его простиранию. Эта зависимость для условий разрезов УК «Кузбассразрезуголь» представлена графиком (Рис. 13).

Из рисунка видно, что с увеличением длины обнажения пласта по его простиранию высота устойчивого пласта снижается. И, наоборот, при уменьшении длины обнажения пласта по простиранию высота устойчивого откоса угольного пласта увеличивается. Причем эти изменения имеют гиперболический характер и в диапазоне углов падения пласта $50-90^\circ$ высота устойчивого откоса угольного пласта изменяется от 2,9 до 16 м при обнажении по простиранию от бесконечности до 4 м соответственно.

График построен для ненарушенного угольного пласта и используется при обосновании параметров технологических схем и выбора выемочно-погрузочных комплексов.

Для отработки крутопадающих угольных пластов в угленасыщенных зонах разреза предлагаются следующие варианты структурных технологических схем.

Схема 17. Проходка разрезной траншеи с выемкой угольного пласта простого строения (Рис. 14).

Технология проходки разрезной траншеи с выемкой крутопадающего угольного пласта простого строения сводится к выемке породы со стороны его висячего бока гидравлическим экскаватором обратной лопатой нижним черпанием на глубину, равную мощности верхнего слоя (H_1), с погрузкой в автосамосвал, расположенный на верхней площадке нарезанного уступа.



Угольный пласт этим же экскаватором нижним черпанием вынимается и отгружается в автосамосвал, расположенный на верхней площадке со стороны лежачего бока.

Нижний слой мощностью H_2 обрабатывается гидравлическим экскаватором прямой лопатой с погрузкой породы и угля в автосамосвал, расположенный на дне разрезной траншеи.

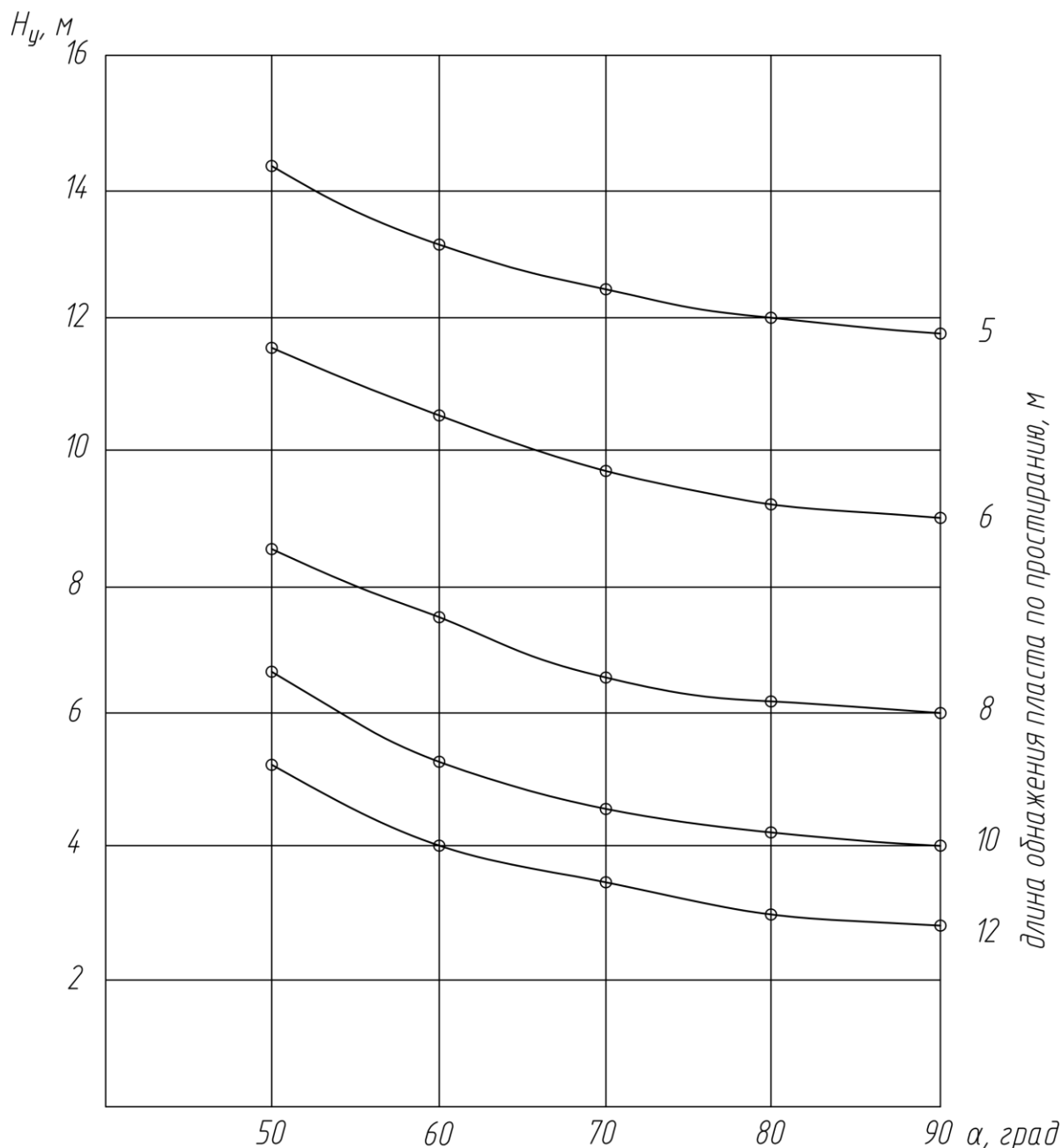


Рис. 13. Зависимость устойчивой высоты откоса уступа угольного пласта от длины его обнажения по простиранию и угла падения

Fig. 13. Dependence of the steady-state height of the coal seam bench on the length of its outcrop along the strike and the dip angle

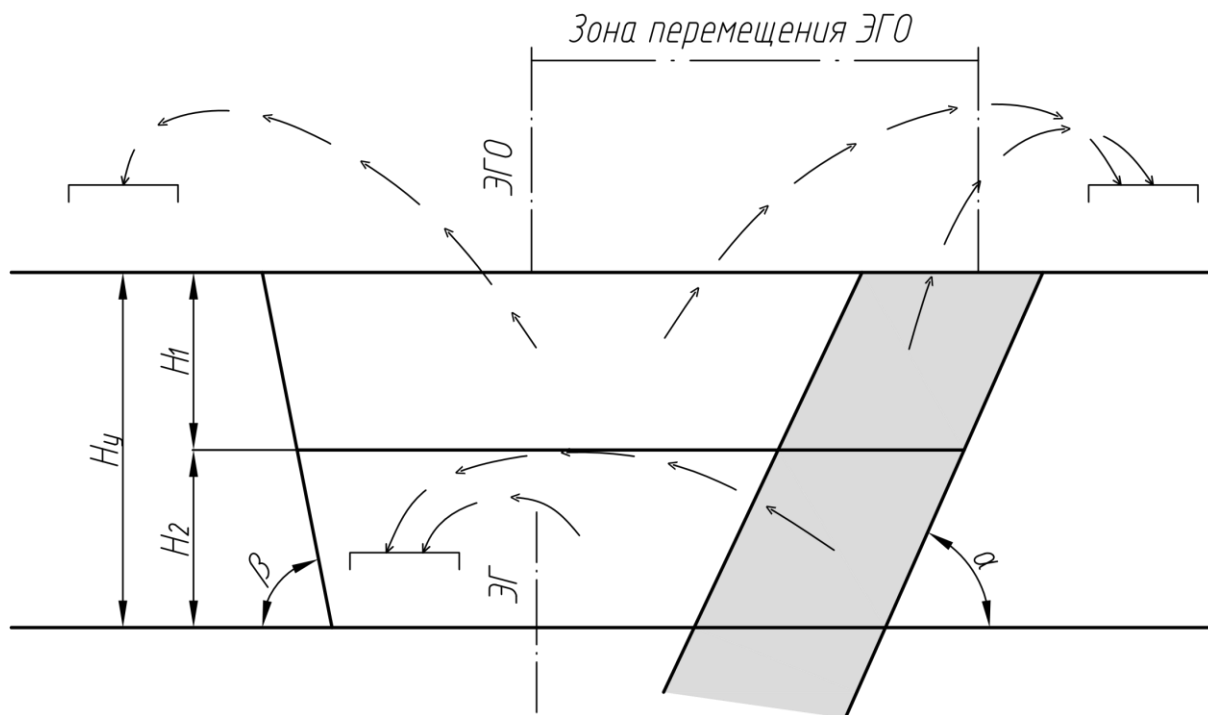


Рис. 14. Структурная схема проходки разрезной траншеи с выемкой угольного пласта комплексом ЭГО – ЭГ

Fig. 14. Structural scheme of the cutting trenching with the excavation of the single coal seam of simple structure by the set of equipment of EGO – EG

Схема 17, вариант 2. Проходка разрезной траншеи с выемкой угольного пласта сложного строения.

Структурная схема данного варианта незначительно отличается от схемы, представленной на Рис. 14.

Отличие заключается в проведении внутрипластовой селекции с раздельной выемкой угольных пачек и породных прослоев гидравлическими экскаваторами, расположенными в своих зонах действия с погрузкой породы и угля в автосамосвалы на верхней площадке нарезанного уступа и дне разрезной траншеи.

Схема 18. Попутная выемка одиночного угольного пласта простого строения при подходе к нему фронта работ со стороны висячего бока (Рис. 15).

Технология попутной выемки одиночного угольного пласта простого строения при подходе к нему фронта работ со стороны висячего бока заключается в следующем. Экскаватор ЭГО первым ходом вынимает породу со стороны висячего бока пласта на глубину H_1 с перевалкой ее на развал породы в зону черпания экскаватора ЭКГу.

Затем экскаватор ЭГО вторым ходом вынимает угольный пласт на глубину H_1 с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО.

Вскрышная порода в пределах экскаваторной заходки и угольный пласт в пределах слоя H_2 вынимается экскаватором мехлопата с удлиненным рабочим оборудованием с погрузкой в автосамосвал, расположенный на нижней площадке уступа.

Схема 18, вариант 2. Попутная выемка одиночного угольного пласта сложного строения при подходе к нему фронта работ со стороны висячего бока.

Структурная схема этого технологического варианта несущественно отличается от схемы, приведенной на рис. 15.

Отличие заключается лишь в том, что выемка пласта производится с применением технологии внутрипластовой селекции с помощью гидравлического экскаватора обратная лопата и мехлопаты с удлиненным рабочим оборудованием с раздельной погрузкой угольных пачек и породных прослоев в автосамосвалы.

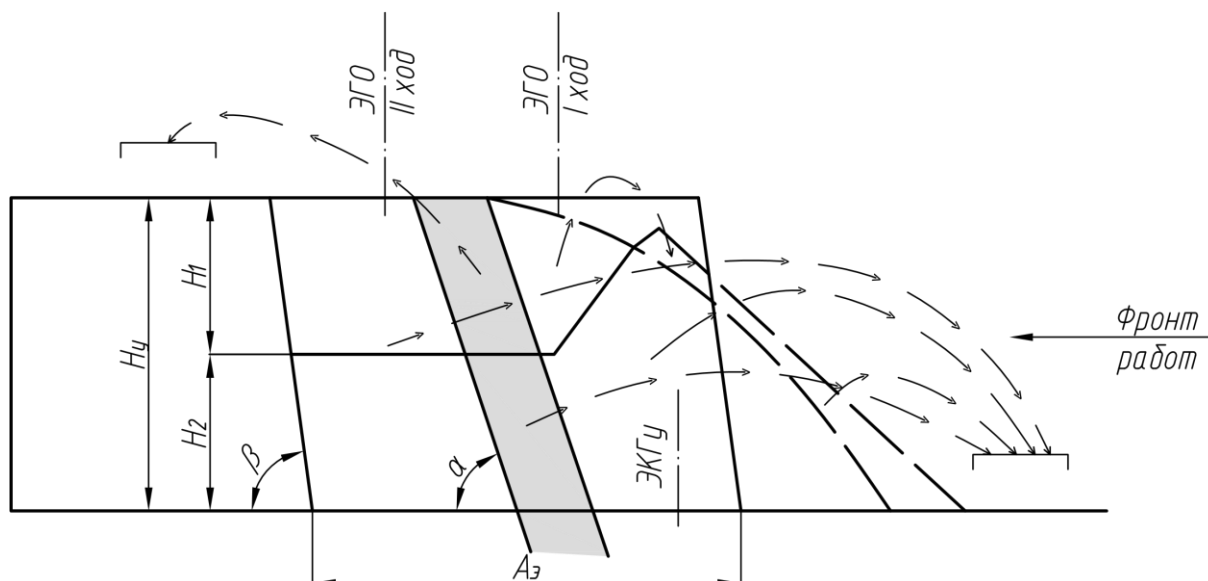


Рис. 15. Структурная схема попутной выемки одиночного угольного пласта простого строения при подходе фронта работ со стороны висячего бока комплексом ЭГО – ЭКГУ

Fig. 15. The structural scheme of by-product excavation of a single coal seam of simple structure with the approach of the mining front from the hanging wall by the set of equipment of EGO – EKGU

Схема 19. Попутная выемка одиночного угольного пласта простого строения при подходе к нему фронта работ со стороны лежачего бока (Рис. 16).

Отработка угольного пласта простого строения при подходе к нему фронта работ со стороны лежачего бока ведется в следующей последовательности.

Взорванная заходка по высоте делится на два слоя мощностью H_1 и H_2 .

Экскаватор ЭГО устанавливается на развале пород и первым ходом вынимает сначала породу со стороны висячего бока пласта в контурах ABCD на глубину H_1 с перевалкой на развал породы для формирования трассы для своего второго хода.

Затем на глубину H_1 экскаватор ЭГО вынимает оставшуюся часть породы со стороны висячего бока пласта с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО.

Вторым ходом экскаватор ЭГО производит выемку пласта на глубину H_1 и породы в контурах BEFKC с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО.

Угольный пласт, заключенный в нижнем слое, отрабатывается ЭГО третьим ходом с расположением на поверхности этого слоя с предварительной выемкой породы со стороны висячего бока пласта с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО.

Оставшаяся часть породы экскаваторной заходки по целику вынимается экскаватором ЭГ или ЭКГ с погрузкой в автосамосвал, расположенный на нижней площадке уступа.

Схема 19, вариант 2. Попутная выемка одиночного угольного пласта сложного строения при подходе к нему фронта работ со стороны лежачего бока.

Структурно данный вариант аналогичен схеме, представленной на Рис. 16.

Отличием является проведение внутрипластовой селекции путем раздельного извлечения угольных пачек и породных прослоев. Причем селекция всего пласта в контурах экскаваторной заходки производится только гидравлическим экскаватором обратная лопата, а гидравлический экскаватор прямая лопата производит только выемку пород.

Схема 20. Попутная выемка сближенных угольных пластов простого строения, попадающих в одну экскаваторную заходку (рис. 17) при подходе к ним фронта работ со стороны висячего бока.

Технология попутной выемки двух сближенных угольных пластов простого строения при подходе к ним фронта работ со стороны висячего бока ведется следующим образом.

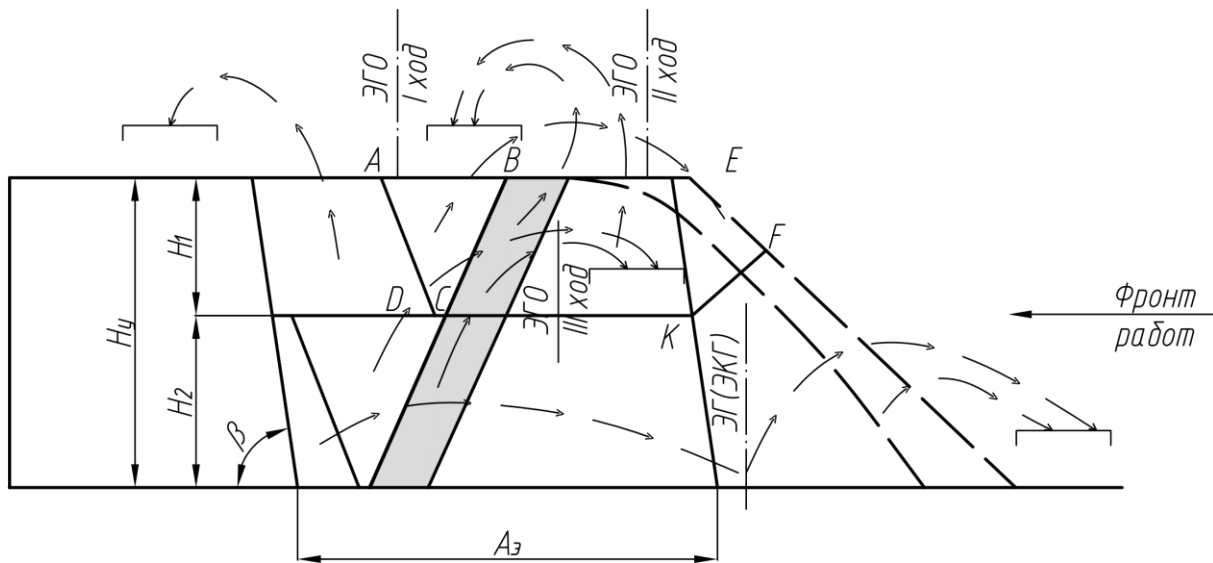


Рис. 16. Структурная схема попутной выемки одиночного угольного пласта простого строения при подходе к нему фронта работ со стороны лежачего бока комплексом ЭГО – ЭГ (ЭКГ)
Fig. 16. The structural scheme of by-product excavation of a single coal seam of simple structure with the approach of the mining front from the footwall by the set of equipment of EGO – EG (EKG)

Породоугольная заходка частично отрабатывается с применением буровзрывных работ, а частично без применения БВР. Буровзрывное рыхление применяется только для рыхления пород со стороны висячего бока первого пласта.

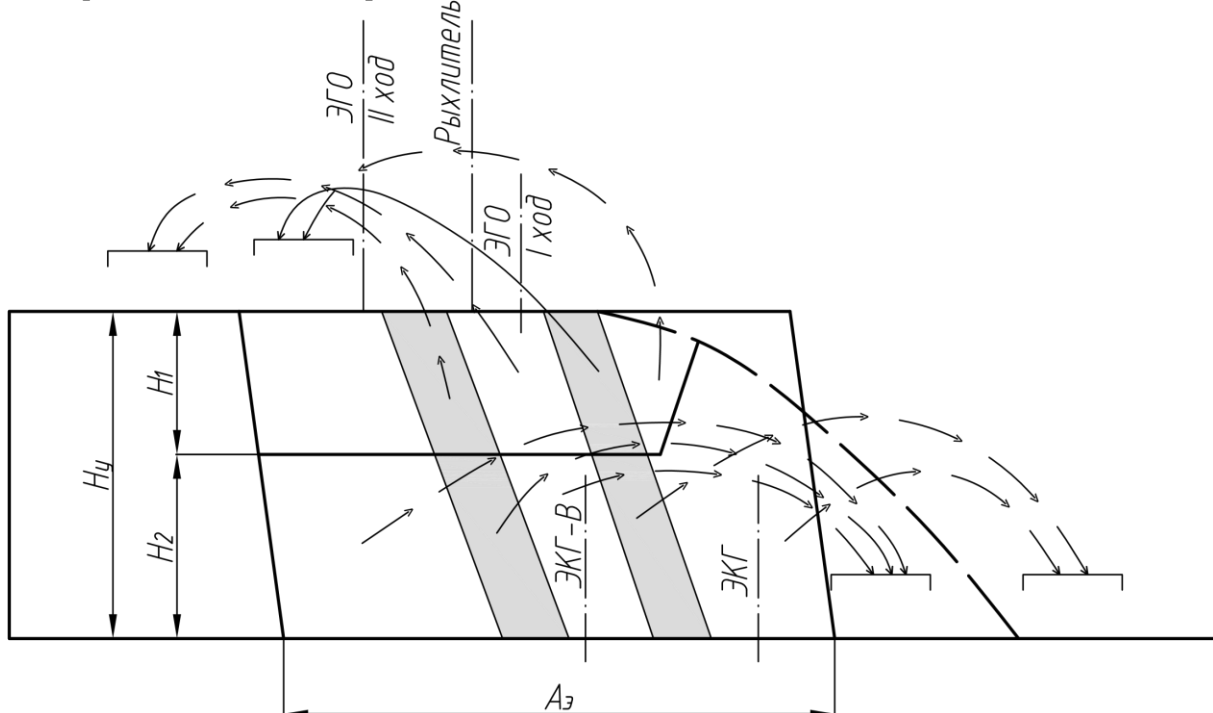


Рис. 17. Структурная схема выемки сближенных угольных пластов простого строения при подходе к ним фронта работ со стороны висячего бока комплексом ЭГО – рыхлитель – экскаватор с ковшом активного действия (ЭКГ-В) – ЭКГ
Fig. 17. The structural scheme of simple structure adjusted coal seams excavation with the approach of the mining front from the hanging wall by the set of equipment of EGO – ripper – EKG-V (rope shovel with active bucket)

Экскаватор ЭГО устанавливается на верхней площадке уступа и первым ходом вынимает породу со стороны висячего бока первого пласта на глубину H_1 с отгрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО и затем обрабатывает первый пласт на глубину H_1 с погрузкой в автосамосвал.

Выемка пород междупластья ведется с предварительным их рыхлением с помощью бульдозерно-рыхлительного агрегата с последующей отгрузкой ЭГО в автосамосвал. Вторым ходом ЭГО вынимает угольный пласт на глубину H_1 нижним черпанием.

Выемка пород со стороны висячего бока первого пласта ведется экскаватором ЭКГ, а угольных пластов нижнего слоя и не взорванных пород – с применением экскаватора с ковшом активного действия с погрузкой в автосамосвал, расположенный на нижней площадке уступа.

Схема 20, вариант 2. Попутная выемка сближенных угольных пластов сложного строения, попадающих в одну экскаваторную заходку при подходе к ним фронта работ со стороны висячего бока пласта.

Сущность данной схемы та же, что и по варианту, выполненному на Рис. 17.

Структурная схема отличается проведением внутрипластовой селекции с помощью экскаваторов ЭГО и ЭКГ-В, осуществляющих поочередную выемку угольных пачек и породных прослоек с отгрузкой в автосамосвалы, расположенные на верхней и нижней площадках уступа.

Схема 21. Попутная выемка сближенных пластов простого строения, попадающих в одну экскаваторную заходку по целику при подходе фронта работ со стороны лежачего бока пласта (Рис. 18).

Технология попутной выемки сближенных угольных пластов простого строения при подходе фронта горных работ со стороны лежачего бока заключается в следующем.

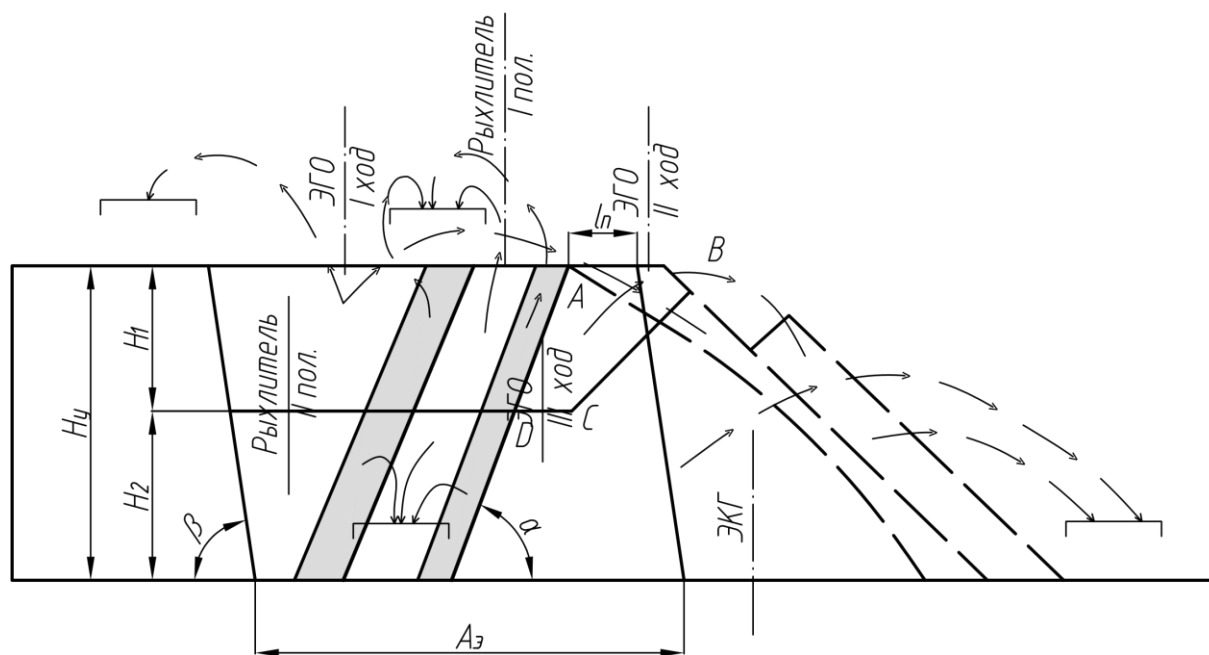


Рис. 18. Структурная схема выемки сближенных угольных пластов простого строения при подходе к ним фронта горных работ со стороны лежачего бока комплексом ЭГО – рыхлитель – ЭКГ

Fig. 18. The structural scheme of simple structure adjusted coal seams excavation with the approach of the mining front from the footwall by the set of equipment of EGO – ripper – EKG

Экскаватор ЭГО первым ходом производит выемку пород со стороны висячего бока второго пласта (считая от откоса уступа) и самого пласта на глубину H_1 с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО и перевалкой части пород для формирования трассы для второго хода ЭГО.

Порода междупластья рыхлится бульдозерно-рыхлительным агрегатом при первом его положении или буровзрывным способом с отгрузкой ЭГО при втором ходе. Затем ЭГО (второй ход) вынимает первый пласт на глубину H_1 с последующей выемкой породы со стороны лежачего бока пласта на эту же глубину в контуре ABCD с перевалкой ее в зону черпания ЭКГ, расположенного на нижней площадке уступа.

Нижний слой (H_2) отрабатывается с применением рыхлителя или буровзрывных работ по породам со стороны висячего бока второго пласта и породам междупластья с последующей выемкой их и угольных пластов экскаватором ЭГО (третий ход) с отгрузкой в автосамосвал, расположенный на нижней площадке уступа.

Оставшаяся часть пород со стороны лежачего бока первого пласта отгружается ЭКГ в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора.

Схема 21, вариант 2. Попутная выемка сближенных угольных пластов сложного строения, попадающих в одну экскаваторную заходку при подходе фронта горных работ со стороны лежачего бока пластов.

Структурная технологическая схема отличается от приведенной на Рис. 18 лишь тем, что структурные составляющие пластов вынимаются отдельно с помощью гидравлического экскаватора обратная лопата с погрузкой угля в автосамосвал, а породных прослоек – в зону черпания экскаваторов ЭГО и ЭКГ.

Структурные схемы отработки пологопадающих угольных пластов с углами падения 6-14° в транспортной зоне с применением автотранспорта

Схема 22. Выемка угольного пласта простого строения (Рис. 19).

Выемка угольного пологопадающего пласта простого строения ведется в следующей последовательности.

Экскаватор ЭКГ отгружает породу с погрузкой в автосамосвал, расположенный на горизонтальной площадке, проходящей через нижнюю бровку развала пород. Затем экскаватор ЭГО нижним черпанием вынимает и отгружает оставшуюся породную призму на кровле угольного пласта. Пласт располагается в пределах двух заходок.

Угольный пласт в пределах заходки A_1 вынимается экскаватором ЭГО с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО. В таком же порядке вынимается пласт в заходке $A_{3,2}$.

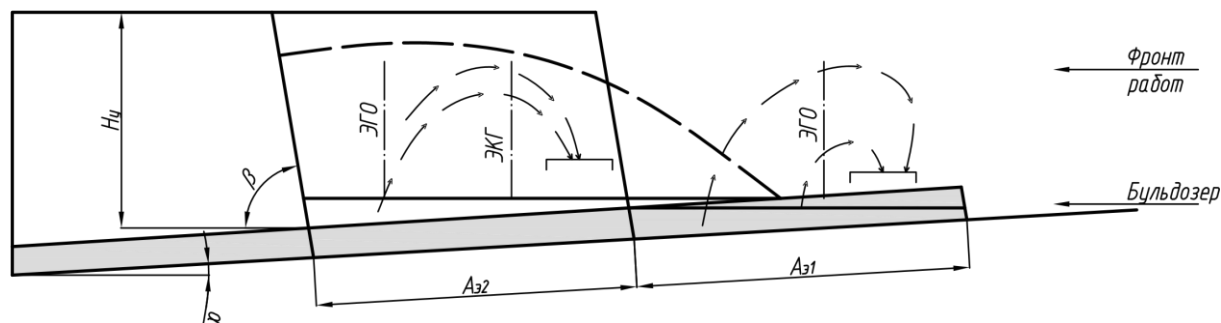


Рис. 19. Структурная схема выемки угольного пласта простого строения с $\alpha \leq 14^\circ$ комплексом ЭКГ – ЭГО – Бульдозер

Fig. 19. Structural scheme of the simple structure coal seam excavation by the set of equipment of EKG – EGO – Bulldozer ($\alpha \leq 14^\circ$)

Схема 23. Выемка угольного пласта сложного строения (Рис. 20).

Схема выемки пологопадающего угольного пласта сложного строения отличается от схемы 22 (Рис. 19) тем, что структурные элементы угольного пласта сложного строения вынимаются отдельно с помощью экскаватора ЭГО и бульдозерно-рыхлительного агрегата, который производит рыхление и перемещение породы из породных прослоек в зону черпания экскаватора ЭГО с последующей отгрузкой в автосамосвал.

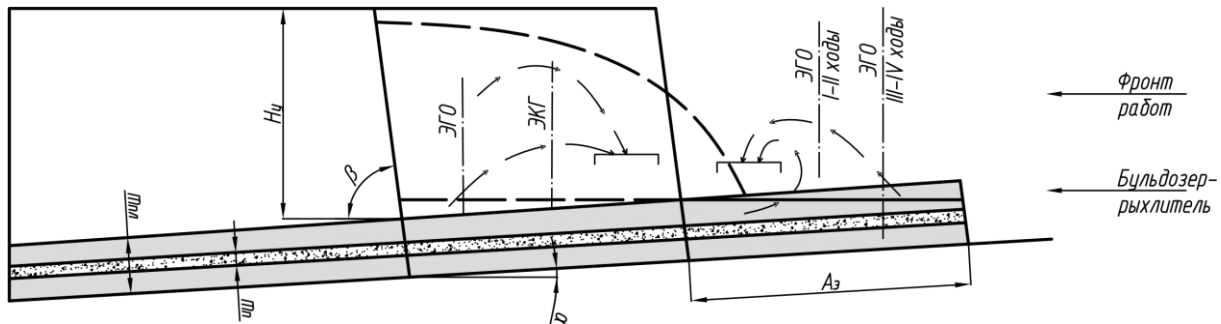


Рис. 20. Структурная схема выемки пласта сложного строения с $\alpha \leq 14^\circ$ комплексом ЭГО – Бульдозерно-рыхлительный агрегат – ЭКГ

Fig. 20. Structural scheme of the complex structure coal seam excavation by the set of equipment of EGO – Bulldozer and ripper unit – EKG ($\alpha \leq 14^\circ$)

Схема 24. Выемка угольного пласта простого строения широкой заходкой, равной ширине заходки драглайна в бестранспортной зоне (Рис. 21).

Технология выемки пологопадающего угольного пласта простого строения широкой экскаваторной заходкой по целику заключается в следующем.

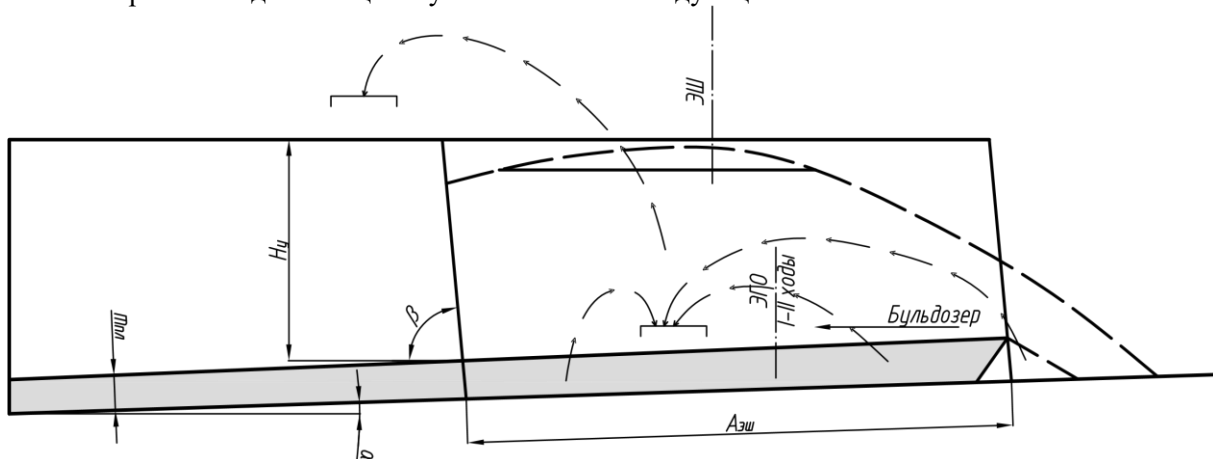


Рис. 21. Структурная схема выемки угольного пласта простого строения широкой заходкой комплексом ЭШ – ЭГО – Бульдозер

Fig. 21. Structural scheme of the simple structure coal seam excavation by the set of equipment of EKG – EGO – Bulldozer using wide stope ($\alpha \leq 14^\circ$)

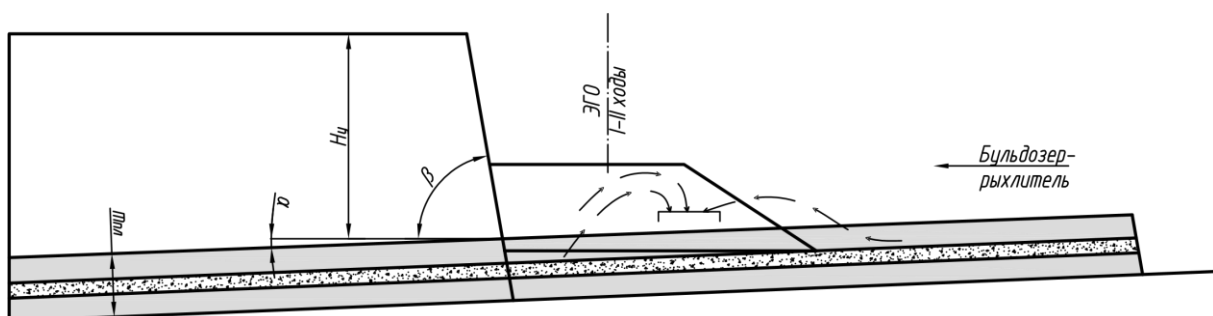


Рис. 22. Структурная схема выемки угольного пласта сложного строения широкой заходкой комплексом ЭШ – ЭГО – Бульдозерно-рыхлительный агрегат

Fig. 22. Structural scheme of the complex structure coal seam excavation by the set of equipment of EKG – EGO – Bulldozer using wide stope ($\alpha \leq 14^\circ$)

Порода заходки вынимается и отгружается шагающим экскаватором, расположенным на развале пород с погрузкой в автосамосвал, расположенный на рабочей площадке вышележащего уступа. Затем бульдозер производит зачистку кровли пласта для последующей выемки угольного пласта экскаватором ЭГО (первый и второй ход) с отгрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния ЭГО.

Схема 25. Выемка угольного пласта сложного строения широкой заходкой (Рис. 22).

Технология выемки угольного пласта сложного строения ведется с применением бульдозерно-рыхлительного агрегата, который рыхлит и перемещает угольные пачки пласта и породные прослойки в зону черпания экскаватора ЭГО. В схеме на Рис. 22 выемка породы не показана, поскольку схема выемки ее аналогична схеме, изображенной на Рис. 20.

Схема 26. Структурная схема выемки угольного пласта сложного строения широкой экскаваторной заходкой при $\alpha = 6-10^\circ$ (Рис. 23) в зоне транспортной технологии.

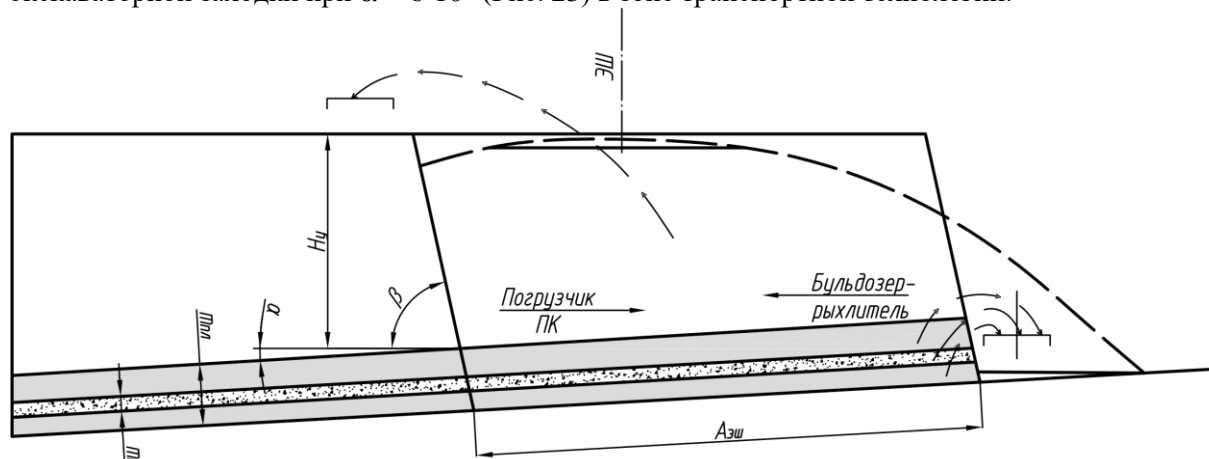


Рис. 23. Структурная схема выемки пологопадающего угольного пласта сложного строения широкой заходкой комплексом ЭШ – Бульдозерно-рыхлительный агрегат – погрузчик

Fig. 23. Structural scheme of the complex structure coal seam excavation using wide stope by the set of equipment of ESh – Bulldozer and ripper unit – Wheel loader ($\alpha = 6-10^\circ$)

Технология выемки угольного пласта сложного строения включает в себя следующие виды работ, выполняемые в определенной последовательности.

Экскаватор-драглайн (ЭШ) устанавливается на развале пород и производит их отгрузку в автосамосвал, расположенный на нижней рабочей площадке последующей заходки. После уборки породы развала с помощью бульдозера производится формирование транспортной полосы вдоль внешнего откоса угольного пласта из оставшихся пород развала. Затем бульдозерно-рыхлительный агрегат последовательно производит зачистку и рыхление угольных пачек и породных прослоев с отгрузкой их погрузчиком в автосамосвал, расположенный на транспортной площадке вдоль откоса добычного уступа.

Выводы

1. Анализ карьерных полей разрезов УК «Кузбассразрезуголь» показал, что применяемая технология разработки угленасыщенных зон не обеспечивает полной реализации технологического и технического потенциалов современного выемочно-погрузочного оборудования.

2. Повышение эффективности разработки угленасыщенных зон возможно за счет применения комплекса выемочно-погрузочных машин в различном их сочетании.

3. Разработанные структурные схемы выемочно-погрузочных работ позволяют конструировать технологию с различным сочетанием горного оборудования для всех условий залегания угольных пластов в породугольном блоке.

4. При формировании выемочно-транспортных комплексов необходимо использовать методические положения по рациональному их комплектованию, в которых каждая машина



находится в технологической увязке со всем комплексом с полной реализацией рабочих параметров.

5. Анализ и обобщение опыта ведения добычных работ на разрезах УК «Кузбассразрезуголь» позволили разработать типичные для разрезов технологические схемы, охватывающие все условия залегания угольных пластов, которые могут быть основой для составления технологических карт или паспортов забоя в конкретных условиях отработки породугольного блока.

Список литературы

1. Цепилов, И.И. Технология разработки угленасыщенных зон разрезов Кузбасса / И.И. Цепилов, А.И. Корякин, С.И. Протасов. – Кемерово, КузГТУ, 1999. – 140 с.
2. Колесников, В.Ф. Технические решения по вскрытию рабочих горизонтов разрезов Кузбасса / В.Ф. Колесников, В.И. Кузнецов, А.С. Ташкинов. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 1998. – 172 с.
3. Кузнецов В.И. Управление горными работами на разрезах Кузбасса / В.И. Кузнецов. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 1997. – 164 с.
4. Колесников, В.Ф. Технология ведения выемочных работ с применением гидравлических экскаваторов / В.Ф. Колесников, А.И. Корякин, А.В. Стрельников. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2009. – 143 с.
5. Репин, Н.Я. Выемочно-погрузочные работы / Н.Я. Репин, Л.Н. Репин // М.: Горная книга, 2010. – 267 с.
6. Стрельников, А.В. Обоснование структур слоевых технологических схем разработки угленасыщенных зон разрезов Кузбасса обратными гидравлическими лопатами: дисс. ... канд. техн. наук / А.В. Стрельников. – Кемерово, 2012. – 152 с.
7. «Указания по нормированию, планированию и экономической оценке потерь угля в недрах по Кузнецкому бассейну. (Открытые работы)», Л. 1991 г.
8. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Производственные процессы. – М., Недра, 1985. – Ч.1. – 509 с.
9. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. – М., Недра, 1985. – Ч.2. – 549 с.
10. Рыбаков, Б.Н. О создании карьерных гидравлических обратных лопат // Б.Н. Рыбаков, Б.Н. Лоханов, Н.Н. Мельников / Уголь. – 1978. – №11. – С. 38-42.
11. Сатовский, Б.И. О создании карьерных гидравлических экскаваторов / Б.И. Сатовский, Н.Н. Мельников, Л.С. Скобелев, В.Н. Штейнцайг // Горный журнал. – 1977. – №5. – С. 41-45.
12. Штейнцайг, Р.М. Методика выбора рациональной технологии отработки забоя карьерным гидравлическим экскаватором: Науч. тр. / ИГД им. А.А. Скочинского. – Люберцы, 1979. – 28 с.
13. Указания по нормированию, планированию и экономической оценке потерь угля в недрах по Кузнецкому бассейну: Открытые работы: Утв. концерном «Кузбассразрезуголь» 18.12.90. – Л.: ВНИМИ, 1991. – 25 с.
14. Анистратов, К.Ю. Карьерные экскаваторы - гидравлика или канат? / Уголь. – 2010. – №6. – С. 31-35.
15. Репин Н.Я., Репин Л.Н. Выемочно-погрузочные работы: Учеб. пособие. – 2-е изд., стер. – М.: Изд-во «Горная книга», 2012. – 267 с.
16. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. Технологические процессы открытых горных работ. – М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. – 448 с.
17. Litvin O., Tyuleneva E., Kolesnikov V., Dobrov A. Coal-bearing zone transformation into a coalless one at the open pit // E3S Web of Conf., 2018. – Vol. 41. – 01020. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101020
18. Литвин, О.И. Обоснование рациональных технологических параметров производства вскрышных работ обратными гидравлическими лопатами на разрезах Кузбасса: дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2012. – 119с.
19. Тюленева, Е.А. Исследование технологии отработки угленасыщенных зон на разрезах Кузбасса простыми и сложными забоями / Е. А. Тюленева, Ю. В. Лесин, Я. О. Литвин // Техника и технология горного дела. – 2019. – № 1(4). – С. 35-50. – DOI 10.26730/2618-7434-2019-1-35-49. – EDN OIPWJP.
20. Самолазов, А.В. Основные тенденции развития экскаваторно-автомобильных комплексов / А.В. Самолазов, Н.И. Паладеева, А.А. Беликов // Горная Промышленность. – 2009. – №4. – С. 20-23.
21. Мерзляков, В.Г. Опыт применения карьерных гидравлических экскаваторов Komatsu Mining Germany на предприятиях России / В.Г. Мерзляков, Б.В. Слесарев, В.М. Штейнцайг // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – №5. – С. 15-20.



22. Подэрни, Р.Ю. Мировой рынок поставок современного выемочно-погрузочного оборудования для открытых горных работ / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №2. – С. 148-167.
23. Федотов, А.А. Некоторые результаты расчета потерь угля при отработке дизъюнктивных нарушений / А.А. Федотов, Е.А. Гарина, Д.А. Кокурин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2016. – № 6 (118). – С. 15-24.
24. Кантович Л.И., Литвин О.И., Хорешок А.А., Тюленева Е.А. Опыт и перспективы применения гидравлических экскаваторов при отработке угленасыщенных зон на разрезах Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 4. – С. 152–160.
25. Гарина, Е.А. Предпосылки к созданию методики нормирования потерь угля при отработке пластов в зонах тектонических нарушений / Е.А. Гарина, В.В. Битюков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – №4. – С. 9-14.
26. Гвоздкова, Т.Н. Обоснование структуры бестранспортных схем разработки свит из трех пологих угольных пластов / Т. Н. Гвоздкова / автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Кузбасс. гос. техн. ун-т. – 2006. – 22 с.
27. Воронков, В.Ф. Обоснование технологии инженерной разработки вскрышных надугольных горизонтов с размещением породы во внутренних отвалах на разрезах южного Кузбасса. / автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – МГИ. – Москва, 1989. – 20 с.
28. Рыбаков, Б.Н. Исследование и обоснование технико-технологических условий обеспечения полноты выемки пластов угля на карьерах Кузбасса/ Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – МГИ. – Москва, 1980. – 22 с.
29. Слесарев, Б.В. Исследование условий и параметров экскавации мощных карьерных гидравлических экскаваторов / Б.В. Слесарев, П. Булес // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № S1-2. – С. 42-51.
30. Janosevic D., Mitrev R., Andjelkovic B., Petrov P. Quantitative measures for assessment of the hydraulic excavator digging efficiency // Journal of Zhejiang University: Science A. – 2012. – Vol. 13(12). – Pp. 926–942. DOI 10.46544/AMS.v27i2.02
31. Ulewicz, R., Krstić, B. and Ingaldi, M. Mining Industry 4.0 – Opportunities and Barriers // Acta Montanistica Slovaca. – 2022. – Vol. 27(2). – pp. 291-305.
32. Özdoğan M., Özdoğan H. Cycle time segments of electric rope shovels – a case study // Scientific Mining Journal. – 2019. – Vol. 58(1). – Pp. 73–79. DOI: 10.30797/madencilik.537648
33. Mitrev R., Janošević D., Marinković D. Dynamical modelling of hydraulic excavator considered as a multibody system // Tehnicki Vjesnik. – 2017. – Vol. 24. – Pp. 327-338.
34. Frimpong S, Hu Y, Awuah-Offei K (2005) Mechanics of Cable Shovel-Formation Interactions in Surface Mining Excavations, Journal of Terramechanics, Elsevier, UK, 15–33
35. Bhaveshkumar P.P., Prajapati J.M.: Kinematics of mini hydraulic backhoe excavator, International Journal of Mechanisms and Robotic Systems, 1(4), 261-282, 2013.
36. Scott B., Ranjith P.G., Choi S.K., Manoj K.: A review on existing opencast coal mining methods within Australia, Journal of Mining Science, 46(3), 280-297, 2010.
37. Conigliaro, R.A., Kerzhner, A.A. and Paredis, C.J.J. (2009). Model-Based Optimisation of a Hydraulic Backhoe using Multi-Attribute Utility Theory. SAE International Journal of Materials and Manufacturing, 1. 0565. <https://doi.org/10.4271/2009-01-0565>
38. Moore, R. and Paredis, C.J.J. (2010). Variable Fidelity Modeling as Applied to Trajectory Optimization for a Hydraulic Backhoe. Proceedings of ASME 2009 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. August 30 –September 2 2009, San Diego. pp. 79-90. <https://doi.org/10.1115/DETC2009-87522>
39. Zhang, J.-R. Wang, A.-L., Song, S.-T. and Cui D.-M. (2011). An analysis of trajectory in hydraulic backhoe excavators. Journal of North University of China (Natural Science Edition), 2011, 2. 007
40. Nam, B.X. and Drebenstedt, C. (2009). Use of hydraulic backhoe excavator in surface mining, Innovative Entwicklung und Konzepte in der Tagebautechnik. Freiberg, TU Bergakademie. pp. 175-189.



Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2023 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Информация об авторах

Колесников Валерий Федорович, д.т.н., профессор кафедры открытых горных работ
e-mail: kvf.rmpio@kuzstu.ru

Корякин Анатолий Иванович, д.т.н., профессор кафедры открытых горных работ
e-mail: ormpi@kuzstu.ru

Ермолаев Вячеслав Андреевич, д.т.н., профессор кафедры открытых горных работ
e-mail: ormpi@kuzstu.ru

Воронков Владимир Федорович, к.т.н., доцент кафедры открытых горных работ
e-mail: ormpi@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28



CREATION OF EXCAVATION AND LOADING COMPLEXES AND TECHNOLOGICAL SCHEMES OF MINING OPERATIONS IN COAL-BEARING ZONES OF OPEN-PIT MINES

Valery F. Kolesnikov, Anatoly I. Koryakin, Vyacheslav A. Ermolaev,
Vladimir F. Voronkov

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University



Article info

Received:
27 March 2023

Revised:
15 May 2023

Accepted:
20 June 2023

Keywords: coal-bearing zone,
coal-free zone, quarry rope
shovels, hydraulic excavators,
open-pit mining, coal-and-rock
blocks, excavation and loading
operations, structural schemes

Abstract.

The quarry fields of Kuzbassrazrezugol Coal Company JSC are represented by a complex rock-coal rock massif including both purely coal-free and coal-bearing zones. The greatest technological complexity is the development of coal-bearing zones. Application of traditional classic schemes leads to significant losses and dilution of mined coal, reducing the efficiency of surface coal mining.

Peculiarity of mining of coal-bearing zones of open pit fields is the presence of complex rock-coal benches, including coal seams of simple and complex structure, different conditions of occurrence, which mining requires the use of several excavation and loading machines and auxiliary equipment.

Equipping of mines with powerful high-performance excavation and loading machinery for mining of homogeneous overburden benches is connected with the necessity of their cutting with increased height. In this regard, the mining of coal-bearing zones of quarry fields should meet these requirements with the application of a complex of excavation and loading machines in various combinations. In the technical literature, there are no methods for determining the parameters of technological schemes of mining complex rock-coal blocks by the complex of excavation and loading machines in various combinations, which determines the need to develop methodological provisions for these conditions. This paper presents methodological provisions for substantiation of the main parameters of technological schemes for mining complex rock-coal blocks by mine-loading-transporting complexes.

For citation Kolesnikov V.F., Koryakin A.I., Ermolaev V.A., Voronkov V.F. Creation of excavation and loading complexes and technological schemes of mining operations in coal-bearing zones of open-pit mines, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 2(21):26. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-2-26-58, EDN: LCAFPL

References

1. Tsepilov, I.I. Tekhnologiya razrabotki uglenasyschennykh zon razrezov Kuzbassa / I.I. Tsepilov, A.I. Koryakin, S.I. Protasov. – Kemerovo, KuzGTU, 1999. – 140 s.
2. Kolesnikov, V.F. Tekhnicheskie resheniya po vskrytiyu rabochikh gorizontov razrezov Kuzbassa / V.F. Kolesnikov, V.I. Kuznetsov, A.S. Tashkinov. – Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 1998. – 172 s.
3. Kuznetsov V.I. Upravlenie gornymi rabotami na razrezakh Kuzbassa / V.I. Kuznetsov. – Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 1997. – 164 s.
4. Kolesnikov, V.F. Tekhnologiya vedeniya vyemochnykh rabot s primeneniem gidravlicheskiy ekskavatorov / V.F. Kolesnikov, A.I. Koryakin, A.V. Strel'nikov. – Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2009. – 143 s.
5. Repin, N.Ya. Vyemochno-pogruzochnye raboty / N.Ya. Repin, L.N. Repin // M.: Gornaya kniga, 2010. – 267 s.
6. Strel'nikov, A.V. Obosnovanie struktur sloevykh tekhnologicheskikh skhem razrabotki uglenasyschennykh zon razrezov Kuzbassa obratnymi gidravlicheskimi lopatami: diss. ... kand. tekhn. nauk / A.V. Strel'nikov. – Kemerovo, 2012. – 152 s.
7. «Ukazaniya po normirovaniyu, planirovaniyu i ekonomicheskoy otsenke poter' uglya v nedrakh po Kuznetskomu basseynu. (Otkrytye raboty)», L. 1991.



8. Rzhavskiy V.V. Otkrytye gornye raboty. Proizvodstvennye protsessy. – M., Nedra, 1985. – Ch.1. – 509 s.
9. Rzhavskiy V.V. Otkrytye gornye raboty. Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya. – M., Nedra, 1985. – Ch.2. – 549 s.
10. Rybakov, B.N. O sozdaniy kar'ernykh gidravlicheskiy obratnykh lopat // B.N. Rybakov, B.N. Lokhanov, N.N. Mel'nikov / Ugol'. – 1978. – №11. – S. 38-42.
11. Satovskiy, B.I. O sozdaniy kar'ernykh gidravlicheskiy ekskavatorov / B.I. Satovskiy, N.N. Mel'nikov, L.S. Skobelev, V.N. Shteyntsayg // Gornyy zhurnal. – 1977. – №5. – S. 41-45.
12. Shteyntsayg, R.M. Metodika vybora ratsional'noy tekhnologii otrabotki zaboya kar'ernym gidravlicheskim ekskavatorom: Nauch. tr. / IGD im. A.A. Skochinskogo. – Lyubertsy, 1979. – 28 s.
13. Ukazaniya po normirovaniyu, planirovaniyu i ekonomicheskoy otsenke poter' uglya v nedrakh po Kuznetskomu basseynu: Otkrytye raboty: Utv. kontsernom «Kuzbassrazrezugol'» 18.12.90. – L.: VNIMI, 1991. – 25 s.
14. Anistratov, K.Yu. Kar'ernye ekskavatory - gidravlika ili kanat? / Ugol'. – 2010. – №6. – S. 31-35.
15. Repin N.Ya., Repin L.N. Vyemochno-pogruzochnye raboty: Ucheb. posobie. – 2-e izd., ster. – M.: Izd-vo «Gornaya kniga», 2012. – 267 s.
16. Anistratov Yu.I., Anistratov K.Yu. Tekhnologicheskie protsessy otkrytykh gornykh rabot. – M.: OOO «NTTs «Gornoe delo», 2008. – 448 s.
17. Litvin O., Tyuleneva E., Kolesnikov V., Dobrov A. Coal-bearing zone transformation into a coalless one at the open pit // E3S Web of Conf., 2018. – Vol. 41. – 01020. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101020
18. Litvin, O.I. Obosnovanie ratsional'nykh tekhnologicheskikh parametrov proizvodstva vskryshnykh rabot obratnymi gidravlicheskimi lopatami na razrezakh Kuzbassa: dis. ... kand. tekhn. nauk. – Kemerovo, 2012. – 119s.
19. Tyuleneva, E.A. Issledovanie tekhnologii otrabotki uglasysyshchennykh zon na razrezakh Kuzbassa prostymi i slozhnymi zaboyami / E. A. Tyuleneva, Yu. V. Lesin, Ya. O. Litvin // Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela. – 2019. – № 1(4). – S. 35-50. – DOI 10.26730/2618-7434-2019-1-35-49. – EDN OIPWJP.
20. Samolazov, A.V. Osnovnye tendentsii razvitiya ekskavatorno-avtomobil'nykh kompleksov / A.V. Samolazov, N.I. Paladeeva, A.A. Belikov // Gornaya Promyshlennost'. – 2009. – №4. – S. 20-23.
21. Merzlyakov, V.G. Opyt primeneniya kar'ernykh gidravlicheskiy ekskavatorov Komatsu Mining Germany na predpriyatiyakh Rossii / V.G. Merzlyakov, B.V. Slesarev, V.M. Shteyntsayg // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2013. – №5. – S. 15-20.
22. Poderni, R.Yu. Mirovoy rynek postavok sovremennogo vyemochno-pogruzochnogo oborudovaniya dlya otkrytykh gornykh rabot / Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). – 2015. – №2. – S. 148-167.
23. Fedotov, A.A. Nekotorye rezul'taty rascheta poter' uglya pri otrabotke diz'yunktivnykh narusheniy / A.A. Fedotov, E.A. Garina, D.A. Kokurin // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2016. – № 6 (118). – S. 15-24.
24. Kantovich L.I., Litvin O.I., Khoreshok A.A., Tyuleneva E.A. Opyt i perspektivy primeneniya gidravlicheskiy ekskavatorov pri otrabotke uglasysyshchennykh zon na razrezakh Kuzbassa // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2019. – No 4. – S. 152–160.
25. Garina, E.A. Predposylki k sozdaniyu metodiki normirovaniya poter' uglya pri otrabotke plastov v zonakh tektonicheskikh narusheniy / E.A. Garina, V.V. Bitukov // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2015. – №4. – C. 9-14.
26. Gvozdkova, T.N. Obosnovanie struktury bestransportnykh skhem razrabotki svit iz trekh pologikh ugol'nykh plastov / T. N. Gvozdkova / avtoref. diss. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk. – Kuzbass. gos. tekhn. un-t. – 2006. – 22 s.
27. Voronkov, V.F. Obosnovanie tekhnologii inzhenernoy razrabotki vskryshnykh nadugol'nykh gorizontov s razmeshcheniem porody vo vnutrennikh otvalakh na razrezakh yuzhnogo Kuzbassa. / avtoref. diss. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk. – MGI. – Moskva, 1989. – 20 s.
28. Rybakov, B.N. Issledovanie i obosnovanie tekhniko-tekhnologicheskikh usloviy obespecheniya polnoty vyemki plastov uglya na kar'erakh Kuzbassa/ Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. – MGI. – Moskva, 1980. – 22 s.
29. Slesarev, B.V. Issledovanie usloviy i parametrov ekskavatsii moshchnykh kar'ernykh gidravlicheskiy ekskavatorov / B.V. Slesarev, P. Bules // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). – 2015. – № S1-2. – S. 42-51.
30. Janosevic D., Mitrev R., Andjelkovic B., Petrov P. Quantitative measures for assessment of the hydraulic excavator digging efficiency // Journal of Zhejiang University: Science A. – 2012. – Vol. 13(12). – Pp. 926–942. DOI 10.46544/AMS.v27i2.02
31. Ulewicz, R., Krstić, B. and Ingaldi, M. Mining Industry 4.0 – Opportunities and Barriers // Acta Montanistica Slovaca. – 2022. – Vol. 27(2). – pp. 291-305.



32. Özdoğan M., Özdoğan H. Cycle time segments of electric rope shovels – a case study // Scientific Mining Journal. – 2019. – Vol. 58(1). – Pp. 73–79. DOI: 10.30797/madencilik.537648
33. Mitrev R., Janošević D., Marinković D. Dynamical modelling of hydraulic excavator considered as a multibody system // Tehnicki Vjesnik. – 2017. – Vol. 24. – Pp. 327–338.
34. Frimpong S, Hu Y, Awuah-Offei K (2005) Mechanics of Cable Shovel-Formation Interactions in Surface Mining Excavations, Journal of Terramechanics, Elsevier, UK, 15–33
35. Bhaveshkumar P.P., Prajapati J.M.: Kinematics of mini hydraulic backhoe excavator, International Journal of Mechanisms and Robotic Systems, 1(4), 261–282, 2013.
36. Scott B., Ranjith P.G., Choi S.K., Manoj K.: A review on existing opencast coal mining methods within Australia, Journal of Mining Science, 46(3), 280–297, 2010.
37. Conigliaro, R.A., Kerzhner, A.A. and Paredis, C.J.J. (2009). Model-Based Optimisation of a Hydraulic Backhoe using Multi-Attribute Utility Theory. SAE International Journal of Materials and Manufacturing, 1. 0565. <https://doi.org/10.4271/2009-01-0565>
38. Moore, R. and Paredis, C.J.J. (2010). Variable Fidelity Modeling as Applied to Trajectory Optimization for a Hydraulic Backhoe. Proceedings of ASME 2009 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. August 30 –September 2 2009, San Diego. pp. 79–90. <https://doi.org/10.1115/DETC2009-87522>
39. Zhang, J.-R. Wang, A.-L., Song, S.-T. and Cui D.-M. (2011). An analysis of trajectory in hydraulic backhoe excavators. Journal of North University of China (Natural Science Edition), 2011, 2. 007
40. Nam, B.X. and Drebenstedt, C. (2009). Use of hydraulic backhoe excavator in surface mining, Innovative Entwicklung und Konzepte in der Tagebautechnik. Freiberg, TU Bergakademie. pp. 175–189.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2023 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Valery F. Kolesnikov, Dr. Sc. in Engineering, Professor of the Open Pit Mining Department
e-mail: kvf.rmpio@kuzstu.ru

Anatoly I. Koryakin, Dr. Sc. in Engineering, Professor of the Open Pit Mining Department
e-mail: ormpi@kuzstu.ru

Vyacheslav A. Ermolaev, Dr. Sc. in Engineering, Professor of the Open Pit Mining Department
e-mail: ormpi@kuzstu.ru

Vladimir F. Voronkov, C. Sc. in Engineering, Associate Professor of the Open Pit Mining Department
e-mail: ormpi@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
28 Vesennyaya str., Russian Federation, Kemerovo, 650000

