

УДК 022.33:621.86.0676622.271.4



**В. А. КУЛИШ,**  
канд. техн. наук  
(ГП «Институт «УкрНИИпроект»)

## Погрузка угля в полувагоны в забоях роторными экскаваторами

*Рассмотрены технологические схемы погрузки угля в полувагоны в забоях роторными экскаваторами. Проанализирована работа двухлотковой погрузочной воронки, в результате чего созданы погрузочные устройства с перемещаемой точкой погрузки, позволяющие экскаватору работать на два забойных железнодорожных пути без снижения производительности, улучшающие качество загрузки полувагона и условия работы экскаваторов на врезках в новую заходку и нарезке новых горизонтов.*

**П**огрузка угля в полувагоны на разрезах осуществляется двумя принципиально разными способами в зависимости от технологии работ и применяемого добывающего оборудования: первый – непосредственно в забоях роторными экскаваторами (разрезы «Богатырь», «Харанорский», «Ирша-Бородинский» и др.), второй – через погрузочно-складские комплексы (все разрезы с одноковшовыми экскаваторами, а «Восточный», «Березовский», «Майкюбенский» – с роторными).

Рассмотрим основные проблемы, возникающие при погрузке угля в забоях роторными экскаваторами СРС-280; ЭРГВ-630; ЭР-1250Д; ЭР-1250ОЦ; СРС(к)-470; ЭР-1250; ЭРП-1600; ЭРП-2500; СРС(к)-2000; ЭРШРД-5000; ЭПРЕ-5250. Их техническая производительность при расчетной силе копания – соответственно 690; 690; 1250; 1250; 1430; 1250; 1650; 2500; 4500; 4500; 5250 м<sup>3</sup>/ч.

Все экскаваторы, кроме ЭРШДД-5000, оборудованы двухрукавными погрузочными устройствами на конце разгрузочной стрелы. Технология погрузки угля в забое зависит от расположения машины и железнодорожных путей. Схема погрузки угля в железнодорожные полувагоны при отработке угольного уступа экскаватором ЭР-1250Д показана на рис. 1.

Работа экскаватора по погрузке при врезке в новую заходку у закругления путей практически не отличается от работы в центральной части фронта, но значительно снижается производительность в начале, что сопряжено с частыми остановками полувагонов. При отработке торцов разреза и врезке в новую заходку в торцевой части из-за весьма ограниченного фронта погрузки, который определяется длиной разгрузочной консоли экскаватора, условия усложняются. В связи с коротким погрузочным фронтом составы (вертушки) подаются из двух полувагонов. Разгрузочная стрела экскаватора с погрузочной воронкой располагается под острым углом к железнодорожному пути, поэтому согласование скорости перемещения полувагона, колебаний производительности и интенсивности заполнения характерных объемов полувагона осуществляется тяговым агрегатом (изменением скорости перемещения)

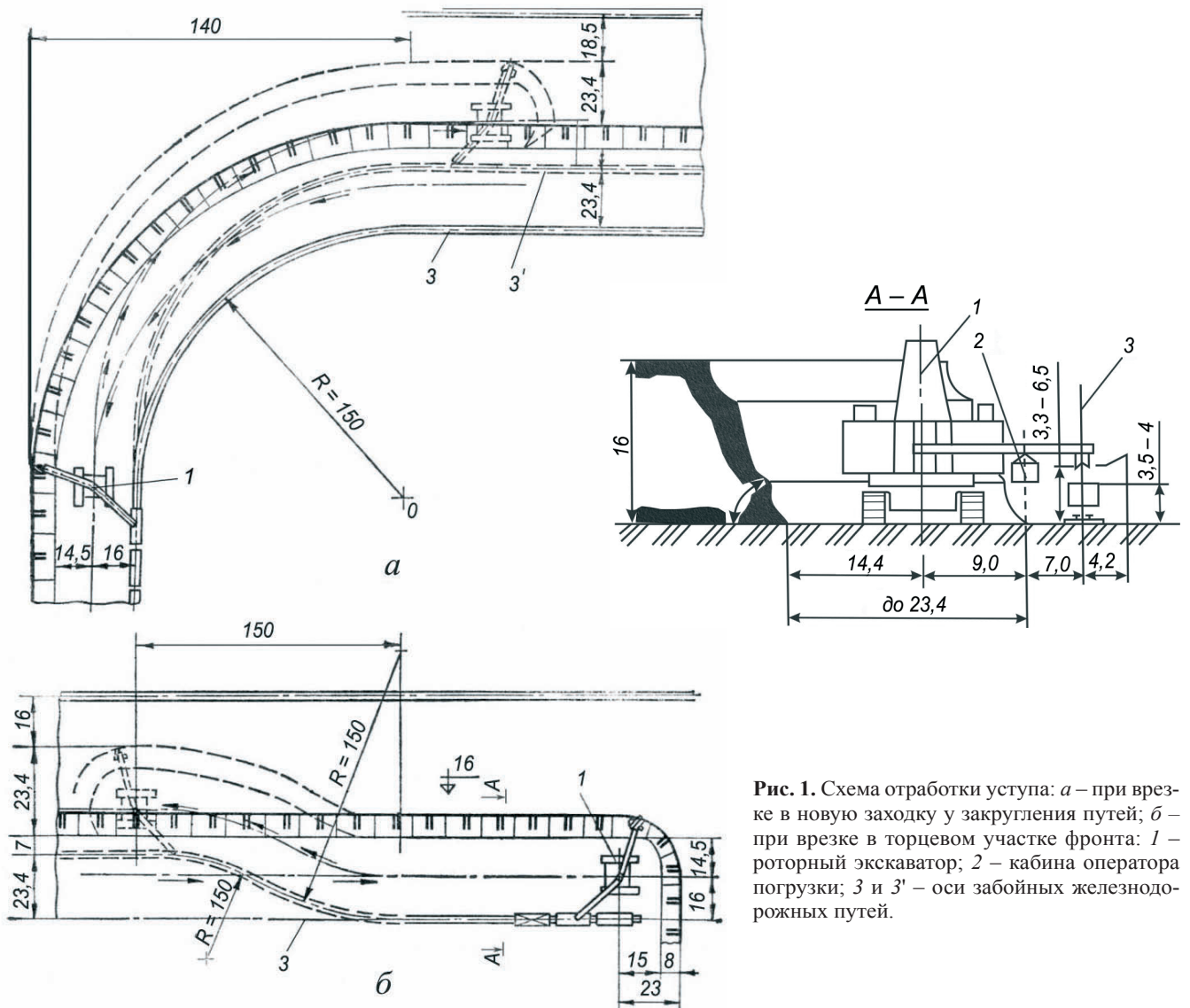


Рис. 1. Схема отработки уступа: *a* – при врезке в новую заходку у закругления путей; *б* – при врезке в торцевом участке фронта: 1 – роторный экскаватор; 2 – кабина оператора погрузки; 3 и 3' – оси забойных железнодорожных путей.

и связано с частыми его остановками, поскольку погрузочная воронка (точка погрузки) не может перемещаться вдоль полувагона из-за острого угла подхода разгрузочной консоли к железнодорожному пути.

Сравнение работы экскаватора СРс(к)-2000 при погрузке на два и один железнодорожных забойных пути показывает, что в первом случае простои из-за обмена составов в общем цикле составляют 20, а во втором – 52 %.

При снижении производительности экскаватора коэффициент его использования при погрузке на два пути уменьшается по сравнению с погрузкой на один путь.

Двухлотковая погрузочная воронка крепится на конце разгрузочной консоли с помощью поворотного круга и представляет собой лоток, раздваивающийся книзу. Механизм поворота относительно вертикальной оси установлен на разгрузочной консоли экскаватора. Раздвоение лотков предназначено для возможности прохода межвагонного промежутка при погрузке состава.

Поток переключается перекидным шибером с приводом в виде пневмоцилиндра или электровинтового толкателя. Привод обеспечивает срабатывание шибера за 0,5 – 0,7 с, что позволяет оперативно перебрасывать струю угля больших грузопотоков при переходе межвагонного промежутка. Пропуск-

ная способность такого устройства значительна. При испытаниях конвейерных весов шведской фирмы «Сиверт» на экскаваторе СРс(к)-2000 в разрезе «Богатырь» зафиксирована пиковая производительность загрузки отдельных вагонов, равная 6 тыс. т/ч.

Во время работы устройство устанавливается так, чтобы противоположно направленные лотки расположились по оси движения состава, перемещаемого непрерывно локомотивом (тяговым агрегатом), а стрела экскаватора по возможности была перпендикулярной к составу. Вагоны загружаются путем управляемых поворотов экскаваторной стрелы, вращения лотков на стреле, переброски шибера и подачи звуковых сигналов машинисту локомотива.

Поворотами стрелы по направлению или против направления движения поезда компенсируется разность его фактической и необходимой скоростей, возникающая при неизбежных колебаниях производительности экскаватора и подходе под загрузку вагонов различных типоразмеров с разной вместимостью. Вращением лотков достигается удержание струи материала на оси вагона при поворотах стрелы. При острых углах подхода стрелы к пути управление погрузкой усложняется.

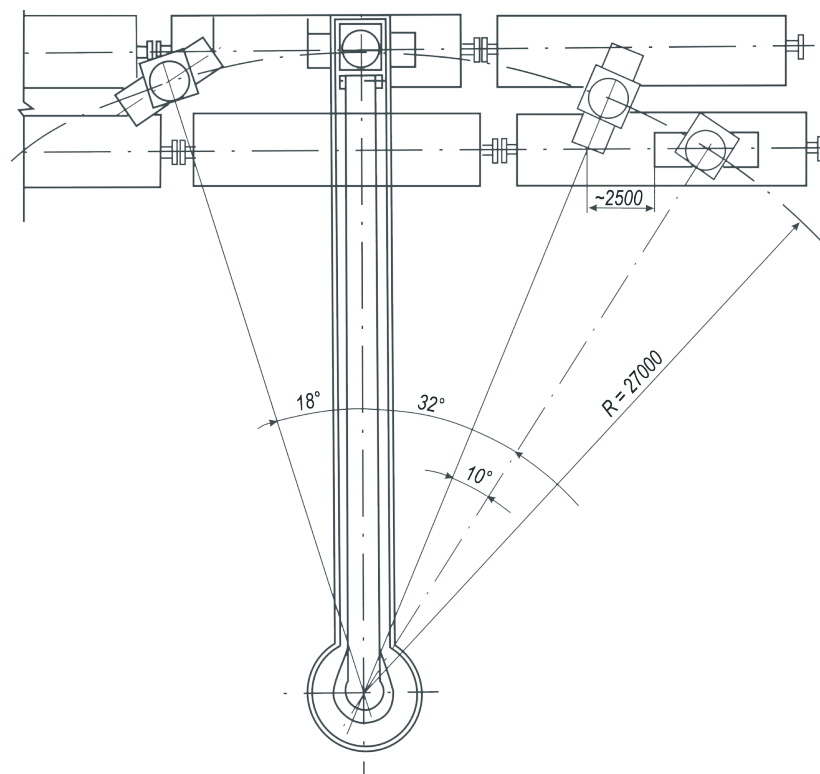
В целом по степени отработанности конструкции, надежности и производительности механическая часть двухлотковой воронки удовлетворительна. Трудности возникают при управлении на больших грузопотоках.

Интенсивность труда оператора погрузки при двухлотковой воронке описанной конструкции весьма высокая. По данным хронометража при производительности 2,5 – 3 тыс. т/ч она составляет 0,5 – 0,8 управляющего действия в 1 с (из которых 40 – 45 % приходится на движение стрелы), что требует большой сноровки оператора и приводит к сильной его утомляемости.

При загрузке полувагона можно выделить три характерные объема его заполнения: 1 – первоначальный конус, образованный передней и двумя боковыми стенками с вершиной в пересечении двух плоскостей, расположенных под углами естественного откоса материала (по литературным и экспериментальным данным этот угол для экибастузских углей равен в среднем 35°); 2 – объем с постоянной по-

гонной емкостью, образованный двумя боковыми стенками, плоскостью откоса первоначального конуса и углом естественного откоса, исходящего из точки пересечения дна и задней стенки полувагона; 3 – объем выклинивания, образованный боковыми и задней стенкой полувагона и плоскостью откоса объема 2. Вместимость всех трех объемов разная, поэтому при загрузке полувагона от передней стенки с постоянной подачей материала скорость заполнения будет разная, причем объем 1 должен заполняться из одной точки, следовательно, при постоянной производительности экскаватора для нормального заполнения полувагона необходимо изменять либо скорость протяжки состава, либо положение точки погрузки относительно полувагона.

Рассматривая технологию погрузки угля в полувагоны двухлотковой воронкой во время работы на два железнодорожных пути, необходимо отметить следующее. Погрузочная стрела может находиться по отношению к железнодорожным путям в плане как под острым, так и под тупым углом. Оптимальным во время работы на два пути считается положение, в котором стрела образует с дальним путем прямой угол (рис. 2). Для перехода на ближний путь от-



**Рис. 2.** Схема погрузки полувагонов двухлотковой погрузочной воронкой (вид в плане).

вальную стрелу необходимо повернуть в плане на  $32^\circ$ , при этом резко сокращаются возможности двухлотковой воронки по компенсации рассогласований, возникающих в результате несоответствия скорости протяжки состава, производительности роторного экскаватора и разнотипности полувагонов, подаваемых под погрузку. Связано это с тем, что, удерживая поток на продольной оси полувагона, двухлотковая воронка разворачивается так, что становится невозможным прохождение межвагонного промежутка. В этом случае для загрузки угля в полувагоны необходимо останавливать состав на каждом полувагоне, находящимся под погрузкой.

Как уже отмечалось, в процессе погрузки угля возникает несоответствие между интенсивностью заполнения полувагона и скоростью его перемещения. Оно компенсируется поворотами разгрузочной консоли. Для направления потока угля по продольной оси полувагона двухлотковая воронка поворачивается относительно разгрузочной консоли. Прохождение межвагонных промежутков обеспечивается перебросами потока материала шиберам из одного лотка в другой. Все операции выполняет оператор погрузки. Он же подачей звуковых сигналов корректирует скорость движения состава.

Для равномерного распределения угля по длине полувагона скорость перемещения точки погрузки должна быть не ниже, чем скорость передвижения полувагона. Следовательно, уменьшение скорости перемещения точки погрузки при увеличении угла подхода разгрузочной консоли ограничивает производительность роторного экскаватора.

Для большей производительности погрузки машинист локомотива по сигналу оператора погрузки уменьшает скорость передвижения состава в начале загрузки полувагона. Возврат разгрузочной консоли в исходное положение в конце загрузки возможен при условии, что средняя скорость передвижения состава соответствовала производительности погрузки. Поэтому после замедления передвижения полувагона в начале загрузки его скорость следует увеличивать.

Инерционность состава, «игра» автосцепок и постоянные колебания производительности приводят к тому, что перемещение точки погрузки в конце заполнения полувагона, как правило, больше расчетной. При этом тенденция к накоплению приводит к ситуации, в которой двухлотковая воронка при прохождении межвагонного промежутка повернута так, что поток перебрасывается за пределы следующего полувагона, в результате возникает опасность схода

полувагонов с рельсов. Таким образом, необходимость поворота разгрузочной консоли для перемещения точки погрузки при заполнении полувагона углем ограничивает производительность роторного экскаватора, особенно с увеличением угла подхода разгрузочной консоли к оси железнодорожного пути.

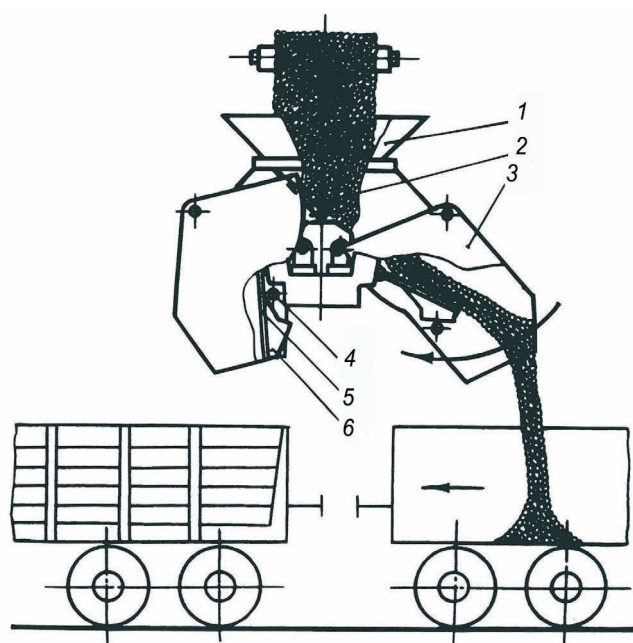
Проведенные УкрНИИпроектом исследования необходимости поворота консоли в процессе погрузки угля в полувагоны двухлотковой воронкой показали следующее: динамические напряжения в элементах корневого сечения разгрузочной консоли достигают уровня, близкого к усталостной прочности узловых соединений; тяговое оборудование локомотива находится в пускотормозном режиме; высокая напряженность оператора погрузки приводит к его быстрой утомляемости; практическую невозможность работы экскаватора на два забойных железнодорожных пути без существенного снижения производительности.

Очевидно, интенсификация процесса погрузки, увеличение производительности роторного экскаватора и улучшение условий работы оператора возможны, если создать погрузочное устройство, исключющее повороты разгрузочной консоли при заполнении полувагонов.

В УкрНИИпроекте на базе выполненных исследований для роторных экскаваторов малой и средней производительности созданы погрузочные устройства с перемещаемой точкой погрузки, включающие повороты разгрузочной стрелы при погрузке угля в полувагоны. Устройство УПЖ-4500 с поворотными лотками [1] к экскаватору СРСк-2000 состоит из приемной воронки 1 (рис. 3) с перекидным шиберам 2 и двумя рукавами, выходной конец каждого из которых снабжен поворотным в вертикальной плоскости лотком 3. В нижней части лотков установлены катки 4 и закрепленные одним концом плиты 5 с профильными дорожками 6. Привод поворота шибера пневматический, от компрессора и ресивера, установленных на экскаваторе. Производительность устройства –  $4500 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Горизонтальное перемещение точки погрузки – 6,5 м. Устройство успешно прошло приемочные испытания на разрезе «Богатырь» ПО «Экибастузуголь».

Для роторных экскаваторов СРС(к)-470 и ЭРП-1250 создано беззатворное погрузочное устройство УПБ-2500–120/1.2 (рис. 4), которое монтируется на металлоконструкции разгрузочной консоли роторного экскаватора [2]. Для размещения материала по длине полувагона погрузочный желоб поворачивается в вертикальной плоскости. Производительность





**Рис. 3.** Схема устройства УПЖ-4500.

устройства достигает  $2500 \text{ м}^3 / \text{ч}$ , перемещение точки погрузки –  $5,2 \text{ м}$ .

Применение погрузочных устройств УПЖ-4500 и УПБ-2500 позволяет улучшить качество заполнения полувагонов, снизить динамические нагрузки на разгрузочную консоль, а следовательно, повысить ее долговечность, улучшить условия работы оператора. Особенно эффективно использование этих устройств при острых углах подхода разгрузочной консоли к железнодорожному пути, что имеет место при работе экскаватора на два параллельных пути (погрузка на ближний путь), врезке в новую заходку и на криволинейных участках добычных уступов.

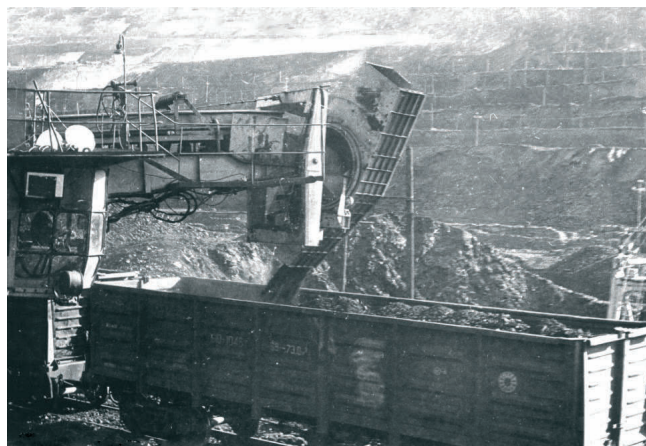
Рассматривая вопросы обеспечения нормативной точности дозирования полувагонов при погрузке роторными экскаваторами, необходимо отметить следующее. Дозировать уголь насыпной плотностью до  $0,94 \text{ т/м}^3$  целесообразно по объему, поскольку, учитывая вместимость кузова полувагона, перегруза не будет. При насыпной плотности угля более  $0,94 \text{ т/м}^3$  дозировать можно по массе конвейерными весами.

На основании исследований инерционности и времени переброса шибера двухрукавной погрузочной воронки экскаватора СРС(к)-2000, промышленных испытаний конвейерных весов, установленных на разгрузочной стреле экскаватора, определяется ожидаемая точность дозирования конвейерными весами. Точность зависит как от погрешности взвешивания, так и от стабильности работы меха-

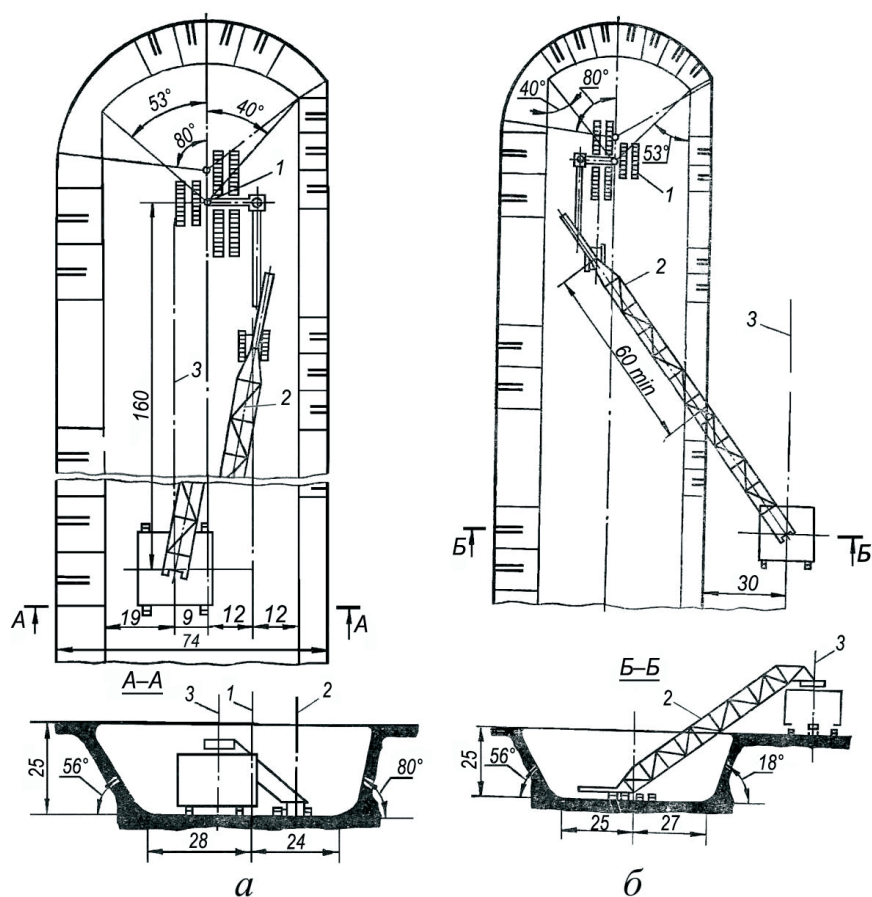
низмов, управляющих потоком, и от стабильности самого потока. Погрешность нестабильности в общем случае определяется разбросом значений времени переброса шибера и производительностью.

При испытаниях конвейерных весов на экскаваторе СРС(к)-2000 погрешность взвешивания составила  $\delta_{\text{в}} = 1,6 \text{ т}$ . Принимая во внимание, что снизить ее при установке конвейерных весов на разгрузочной консоли роторного экскаватора невозможно, погрешность дозирования  $\Delta_{\text{д}} = \sqrt{\delta_{\text{в}}^2 + \delta_{\text{ис}}^2} = 2,04 \text{ т}$ . Если считать, что погрешность дозирования будет  $\pm 2\Delta_{\text{д}}$ , то максимальная погрешность дозирования при погрузке угля в полувагоны будет  $2\Delta_{\text{д}} = 4,08 \text{ т}$ , или  $7 \%$  при массе дозы  $64 \text{ т}$ . Таким образом, при установке конвейерных весов на разгрузочной стреле роторного экскаватора точность загрузки полувагонов повышается, однако нормативная точность дозирования полувагонов ( $\pm 1 \text{ т}$ ) не достигается. Это обуславливает необходимость дозирования полувагонов на поверхности разреза, что связано с дополнительными трудозатратами и простоями полувагонов.

Все отечественные и импортные роторные экскаваторы, работающие на добыче полезных ископаемых в комплексе с железнодорожным транспортом, оборудованы относительно короткими погрузочными стрелами, что приводит к значительным потерям производительности при отработке торцов разреза и врезках на новую заходку. В мировой практике добычи полезных ископаемых используются экскаваторы с погрузочным мостом, что позволяет обрабатывать две заходки при одном положении железнодорожных путей, снижает затраты на переукладку путей и улучшает условия отработки торцов и врезки на новую заходку. Для погрузки угля на два забойных железнодорожных пути, расположенных как



**Рис. 4.** Беззатворное погрузочное устройство УПБ-2500 на экскаваторе СРС(К)-470.



**Рис. 5.** Схема проходки траншеи с размещением путей на ее дне (а) и на верхней площадке (б): 1 – роторный экскаватор; 2 – межступенное погрузочное устройство; 3 – ось забойного пути.

на уровне стояния экскаватора, так и на вышележащем горизонте, в том числе и при проходке траншеи (рис. 5), можно использовать межступенное погрузочное устройство [3].

При отработке прямолинейных участков фронта работ с размещением погрузочного устройства на горизонте перемещения экскаватора потребная ширина рабочей площадки составляет 83 м. Линейные параметры погрузочного мостового устройства МПУ-5000 (длина моста 125 м) позволяют принимать под погрузку железнодорожный состав в количестве 10 – 12 полувагонов. При отработке криволинейных участков с размещением погрузочного устройства МПУ-5000 на горизонте перемещения экскаватора схема отработки в технологическом и организационном плане более проста, чем в варианте применения МПУ-5000 с верхней погрузкой. Минимальный радиус закругления путей достигает

165 м. При меньших радиусах возможно касание фермы моста о боковой откос уступа со стороны рабочего борта. При проходке траншеи с размещением забойных путей на верхней площадке комплекс СРС(к)-2000 и МПУ-5000 позволяет погрузку полновесных вертушек, а при размещении на дне траншеи – погрузку вертушек, состоящих из девяти полувагонов.

Таким образом, применение на роторных экскаваторах погрузочных устройств с перемещаемой точкой погрузки в комплексе с мостовыми перегрузочными устройствами позволяет обрабатывать два уступа на одно положение забойных путей, осуществлять погрузку на два забойных пути, снизить простои экскаватора в связи с обменом составов, улучшить качество заполнения полувагонов, снизить динамические нагрузки на разгрузочную консоль, улучшить условия работы оператора и повысить производительность экскаватора. Использование конвейерных весов, установленных на разгрузочной стреле экскаватора, повышает точность загрузки полувагонов, однако не обеспечивает нормативную

точность дозирования полувагонов, что обуславливает необходимость их дозирования на поверхности разреза.

Погрузочные устройства с перемещаемой точкой погрузки (УПЖ-4500 и УПБ-2500) могут успешно применяться для погрузки угля в полувагоны на технологических комплексах поверхности шахт.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кулиш В. А. Совершенствование устройств для погрузки угля в железнодорожные полувагоны / В. А. Кулиш, И. Ф. Лобанов, А. Е. Зац // Технологические комплексы поверхности угольных предприятий: сб. науч. тр. – К., 1987. – С. 22–23.
2. Кулиш В. А. Беззатворное погрузочное устройство / В. А. Кулиш // Уголь Украины. – 2008. – № 7. – С. 14–17.
3. Типовые технологические схемы ведения горных работ оборудованием непрерывного действия на угольных разрезах. – К.: Техніка, 1990.