

К ВОПРОСУ УСТАНОВЛЕНИЯ НЕОБХОДИМОЙ ЕМКОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОГРУЗОЧНЫХ БУНКЕРОВ.

Доцент А. Т. Мартыненко.

Погрузочные железнодорожные бункеры, до настоящего времени, являются преобладающим средством механизации отгрузки полезного ископаемого на шахтах¹⁾, а также не исключена возможность и в будущем их применения при новом шахтном строительстве.

Существенным вопросом, при проектировании погрузочно-складского хозяйства шахт, является—правильный выбор необходимой емкости погрузочных бункеров, проведенный на основе критического анализа всех факторов, влияющих на это. К сожалению до сего времени в нашей литературе этому вопросу не уделялось достаточного внимания.

Имеющиеся в литературе методы определения полезной емкости бункеров, предложенные Харьковским шахтстроем, как нормативный материал²⁾, инж. Д. Л. Тартаковским, А. А. Лукашевым и А. Г. Фроловым не могут быть использованы практикой, в силу того, что составленные ими формулы дают настолько разноречивый результат, причем далеко не отвечающий действительным условиям, что просто работникам мест приходится решать этот вопрос по своему, исходя из конкретных условий работы ж. д. транспорта по вывозу полезного ископаемого.

Поэтому мы ставим своей задачей в данной статье установить несостоятельность формул определения полезной емкости бункеров, опубликованных в нашей литературе, и дать новый метод для установления необходимой емкости бункеров, исходя из конкретных условий организации работы ж. д. транспорта по перевозке массовых грузов.

В книге „Погрузочные железнодорожные бункеры нормы шахтстроя“ изд. 1934 г., емкость бункеров для рядового угля предлагается определять по следующему выражению:

$$W = \frac{A}{m} \cdot \frac{n_1}{n_2} K_1 K_2, \quad (1)$$

1) А. Т. Мартыненко. „Характеристика работы погрузочно-складского хозяйства шахт Кузбасса“, журнал „Уголь“, № 2 за 1940 г.

2) Погрузочные ж. д. бункеры нормы шахтстроя изд. 1934 г. Основные положения генплана механизации шахт Донецкого бассейна, изд. 1933 г.

где A — годовая добыча шахты в тоннах, проходящая через бункера;

m — число рабочих дней в году;

n_1 — число часов работы по загрузке бункера в течение суток, включая интервалы между сменами;

n_2 — число часов работы в сутки по выгрузке угля из бункеров в вагоны;

k_1 — коэффициент неравномерности суточной добычи шахты;

k_2 — коэффициент неравномерности подачи вагонов.

Таким образом, как мы видим формула не учитывает существенного фактора — веса отправительского маршрута, а организация подачи вагонов под погрузку представлена весьма смутным коэффициентом k_2 , значение которого шахтстроем рекомендуется принимать в пределах 10—25%. В нормах также указывается, что разгрузка бункера длится в течение 20 часов (n_2).

Как известно из практики, коэффициент неравномерности подачи вагонов под погрузку колеблется в очень широких пределах, т. е. по существу он является величиной переменной. Поэтому лучше всего в данном случае строить все свои выводы не из условий какого-то неизвестного коэффициента, а исходить из нормальной, т. е. вполне определенной организации подачи вагонов на шахты. При этом всякое малейшее отклонение от принятой организации должно учитываться емкостью аварийного склада, но ни в коем случае не должно отражаться на емкости бункера, хотя бы по соображениям экономического порядка.

Как уже выше было упомянуто, формула шахтстроя предусматривает разгрузку угля из бункера в течение 20 ч., т. е. фактически почти полных три смены работы шахты по выдаче полезного ископаемого.

Этими же нормами Шахтстроя интенсивность бункерной погрузки для различного типа подвижного состава, по тому времени, нужно сказать принята достаточно высокая. Так, например, для открытого подвижного парка вагонов нормами рекомендуется принимать 0,2 минуты на 1 тонну.

Таким образом, принимая 20 часов времени на разгрузку бункера, мы фактически превращаем его в погрузочную воронку для отгрузки текущей добычи шахты, а при этом емкость бункера, как таковая, теряет всякий физический смысл.

В современных условиях (на крупных шахтах Кузбасса), на погрузку тяжеловесного маршрута из бункеров отводится не свыше 2-х часов. Поэтому, при любых условиях времени на разгрузку бункера потребуется гораздо меньше, чем это предусматривается формулой Шахтстроя. При установлении данной величины нужно исходить, во-первых, из веса отправительского маршрута, принятого для данной шахты и, во-вторых, из условий интенсивности погрузки при современных методах организации погрузочных работ.

Инж. Д. Л. Тартаковский в своей книге „Погрузка руды из бункеров и складов в железнодорожные вагоны“, изд. 1936 г. (стр. 35) определяет емкость бункеров весьма просто—„Учитывая улучшение работы ж. д. транспорта, емкость погрузочных бункеров должна быть запроектирована не свыше односменной добычи шахты или рудника“, а дальше рекомендует полученную емкость погрузочного бункера на случай „возможного“ разрыва между производительностью шахты и интенсивностью погрузки руды в вагоны проверить по следующему выражению:

$$W = \frac{A}{m} K_1 K_2 \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right)^1 \quad (2)$$

где: n_1 — число часов работы подъема шахты в сутки.

По формуле Шахтстроя это время соответствует числу часов работы по загрузке бункера в течение суток, включая интервалы между сменами, т. е. фактически это есть одна и та же величина.

Таким образом, как мы видим, данная формула учитывает, по существу, те же самые факторы, что и формула Шахтстроя. Поэтому нет необходимости на ней останавливаться. Нужно только отметить, что отношение $\frac{n_1}{n_2}$ будет всегда больше единицы, а следовательно, емкость бункера будет отрицательной величиной.

А. А. Лукашев в своей книге „Транспорт на поверхности рудников“, часть 2-ая, изд. 1935 г., на стр. 88 дает эту формулу в следующем виде:²⁾

$$W = \frac{A}{m} \frac{K_2}{Z} \left(K_1 - \frac{n_1}{n_2} \right), \quad (3)$$

где z — число рабочих смен в сутки.

В данной формуле, по сравнению с вышеуказанной, коэффициент неравномерности суточной добычи внесен в скобки, благодаря чего отрицательное значение емкости получается при 18 часах работы бункера по разгрузке. А так как на разгрузку бункера в течение суток потребуется гораздо меньше времени, то и значение емкости всегда будет отрицательной величиной.

Не останавливаясь на анализе данной формулы, т. к. по существу она не включает в себя новых факторов, перейдем прямо к численному примеру, по всем вышерассмотренным формулам.

Найдем полезную емкость бункера для одинаковых условий при следующих принятых данных.

$A_1 = 500$ тыс. тонн; $m = 300$; $Z = 3$; $K_1 = 1,1$; $K_2 = 1,25$;
 $n_1 = 21$; $n_2 = 20$.

¹⁾ Для того, чтобы не повторяться, в формуле емкости инж. Тартаковского и Лукашева буквенные обозначения заменены.

²⁾ Данная формула приведена в книге „Основные положения генерального плана механизации шахт Донецкого бассейна“, изд. 1933 г.

По формуле Шахтстроля

$$W = \frac{500000}{300} \cdot \frac{21}{20} \cdot 1,1 \cdot 1,25 = \sim 2400 \text{ тн.}$$

По формуле инж. Тартаковского

$$W = \frac{500000}{300} \cdot 1,1 \cdot 1,25 \left(1 - \frac{21}{20} \right) = \sim -114 \text{ тн.}$$

По формуле инж. Лукашева.

$$W = \frac{500000}{300} \cdot \frac{1,25}{3} \left(1,1 - \frac{21}{20} \right) = 34,7 \text{ тонн.}$$

Таким образом, как видно из приведенного примера, предложенные формулы для определения полезной емкости бункеров, дают весьма разноречивые результаты, причем абсолютное значение которых далеко не соответствует действительным условиям практики. Поэтому мы считаем, что факт опубликованных данных формул в нашей учебной литературе есть досадная ошибка, которая должна быть исправлена общими усилиями инженерно-техническими и научными работниками данной области.

А. Г. Фролов в своей книге „Устройство поверхности рудников“, изд. 1938 г. дает приближенный метод определения емкости ж. д. погрузочных бункеров, по следующей формуле:

$$W = Q_1 + Q_2,$$

где Q_1 — представляет собой частичную емкость бункера, выраженную полуторачасовым или 2-х часовым запасом нормальной добычи шахты, в зависимости от системы подъема, с прибавлением некоторой емкости на защиту днища бункера, причем неизвестной даже автору книги.

Под величиной Q_2 — подразумевается емкость бункера, необходимая для ускорения процесса погрузки ж. д. вагонов.

Аналитическое выражение Q_2 автором представляется в следующем виде:

$$Q_2 = \frac{Q_{\text{сост}} [nr (1 + R) - tp]}{nr} \text{ тн.,}$$

где $Q_{\text{сост}}$ — вес отправленного маршрута в тн;

n — число одновременно погруженных вагонов под бункерами;

r — емкость одного вагона в тн;

$(1 + R)$ — это есть фактически уже известный нам коэффициент (K_2) неравномерности подачи вагонов под погрузку, в среднем принимаемый автором 1,25;

t — время погрузки одного вагона в часах (рекомендуется принимать по фактическим данным);

p — среднечасовое поступление ископаемого в ж. д. бункер в т/ч.

Таким образом, как мы видим, в дополнение к вышесказанному, данная формула учитывает вес отправительского маршрута, но не учитывает организации подачи вагонов, вернее, автор предоставляет этот фактор учитывать уже известным нам коэф. K_2 . Кроме этого данная формула неизвестно почему должна учитывать интенсивность и фронт погрузочных работ. Нам представляется, что эти два последних фактора являются функцией организации работы ж. д. транспорта по вывозу полезного ископаемого, а коль скоро автором принята заведомо неправильная организация (которая учитывается коэф. $(1 + R) = K_2$), то и расчетная формула в целом вызывает сомнение.

Для подтверждения вышесказанного проведем численный пример для шахты им. С. М. Кирова треста Ленинуголь, Кузбасскомбината.

Шахта имеет годовую добычу 1500 тыс. тонн. Примем 345 раб. дней в году. Вес отправительского маршрута для данной шахты—1450 тн. нетто. Ископаемое отгружается в 60 тн. хопера. Примем время погрузки одного вагона 10 мин. Шахта имеет 3 погрузочных пути и одновременно грузится по одному вагону на каждом пути. Тогда необходимая емкость бункера по второй части уравнения должна быть:

$$Q_2 = 1450 \frac{3 \cdot 60 \cdot 1,25 - \frac{1}{6} \cdot 200}{60 \cdot 3} = 1540 \text{ тн.}$$

При 2-х погрузочных путях, емкость бункера получается ~ 1400 тн.; при 5-ти погрузочных путях ~ 1650.

Исходя из конкретных условий работы шахты им. Кирова, по формуле Фролова для данной шахты вес отправительского маршрута должен быть 700 тн. нетто, при существующей емкости бункера 750 тн; хотя нам известно, что данная шахта отправляет тяжеловесные маршруты без излишнего простоя вагонов под погрузкой.

Таким образом 2-ая часть формулы инж. Фролова дает емкость бункера примерно соответственно емкости принятого маршрута, что конечно далеко не соответствует действительности, и напрасно автор простые вещи облек в высшей степени в запутанное алгебраическое выражение.

Что касается первой части формулы емкости бункера Q_1 , то она дает совершенно не обоснованное увеличение и так не нужно завышенные результаты, полученные по второй части уравнения.

В заключение проведенного нами краткого критического обзора, необходимо отметить полную несостоятельность предложенных методов определения емкости бункеров. По всем рассмотренным формулам результаты получаются настолько разноречивы, что трудно даже рекомендовать какую-либо из них, как $n^{\text{ю}}$ степень приближения в решении данного вопроса. Поэ-

тому мы ниже предлагаем свой метод определения необходимой емкости бункеров.

Доцент С. И. Козловский еще в 1932 г. при обследовании бункерной и складской погрузки на рудниках Донбасса¹⁾ в своей работе дал в основном совершенно правильный метод определения емкости рудничных погрузочных бункеров, где он свои выводы строил на существующей организации работы ж. д. транспорта по вывозу полезного ископаемого. Приходится сожалеть, что С. И. Козловский ограничился построением графика, не дав математической зависимости. Правда, в настоящих условиях организации работы ж. д. транспорта, предложенным графиком воспользоваться невозможно, т. к. за этот период времени произошло очень резкое изменение в соотношении всех факторов, влияющих на емкость погрузочных бункеров. Поэтому мы свои выводы строим исходя из совершенно новых установок.

Метод определения необходимой емкости ж. д. погрузочных бункеров.

При установлении необходимой емкости бункеров мы исходим из следующих основных условий:

1. Существующей организации подачи вагонов под погрузку.
2. Принятого веса отправительского маршрута.
3. Мощности шахты.
4. Наличия аварийного склада и его оборудования.
5. Типа подвижного состава.
6. Организации погрузочных работ.

Все вышеперечисленные факторы, прямо или косвенно, будут влиять соответственно на емкость бункерных устройств.

В настоящее время организация работы ж. д. транспорта по вывозу полезного ископаемого предусматривает подачу вагонов на шахты по расписанию или уведомлению. Как в том, так и в другом случае принятая система организации будет являться заведомо устойчивой. Изменение может претерпеть только интервал времени на уведомление. Поэтому все свои выводы мы строим на совершенно четкой, заведомо известной, организации работы ж. д. транспорта.

Вес отправительского маршрута в каждом отдельном случае вообще говоря определяется из условий мощности шахты и других предвходящих обстоятельств (профиля пути, типа паровоза, организации ж. д. перевозок и т. п.). Т. е., короче говоря, вес отправительского маршрута есть величина заданная, если же эти условия не ограничивают, то лучше и правильнее всего, вес отправительского маршрута, в каждом отдельном случае, в конкретных условиях шахты, определять в комплексе с оборудованием погрузочно-складского хозяйства шахты.

¹⁾ Бюллетень научно-исследовательских работ Днепропетровского филиала Угольного института № 1—2 за 1932 г.

Существенное влияние на емкость бункеров будет оказывать наличие аварийного склада и его транспортное оборудование. Основываясь на опыте работы существующих шахт, мы приходим к заключению, что складское хозяйство по существу является действующим звеном. Поэтому емкость бункеров нужно определять в комплексе с аварийным хозяйством шахты. В конце концов, даже при условии четкой работы ж. д. транспорта по вывозу полезного ископаемого, шахта должна иметь запасный и аварийный склады, как имеющие оборонное значение, а также на случай стихийных бедствий (заносов, разливов рек).

Аварийный склад современной шахты должен быть безусловно механизированным. Производительность транспортного оборудования по обратной выдаче угля со склада, при наличии возможно минимальной емкости бункерного хозяйства, должна определяться из условий веса отправительского маршрута и принятой организации работы ж. д. транспорта по подаче вагонов.

Тип подаваемых вагонов непосредственно на емкость бункера влиять не будет, данный фактор должен учитываться конструкцией погрузочного бункера и организацией погрузочных работ. Иначе говоря, тип подвижного состава ж. д. вагонов должен быть учтен интенсивностью погрузки, которая в пределах заданного габарита времени на погрузку установит необходимый фронт погрузочных работ.

Поэтому последних 2 фактора наших условий должны давать проверку принятой организации подачи вагонов под погрузку.

Рассмотрим сначала организацию подачи вагонов на шахты по расписанию.

Примем обозначения:

W — емкость бункера в тн.

Q — суточная добыча шахты в тн.

G — вес отправительского маршрута в тн.

n — число часов работы шахты по выдаче угля в сутки.

q — часовая добыча шахты в тн.

p — часовая производительность транспортного оборудования по обратной выдаче угля со склада.

t — норма времени простоя маршрута под погрузкой.

Практически мы всегда имеем следующее условие:

$$Q > W \text{ и } G > W.$$

Если шахта должна принимать маршруты по расписанию, то, прежде всего, исходя из условий производительности шахты и транспортного оборудования складского хозяйства, нужно составить расписание приема маршрутов.

В этом случае необходимо первый маршрут подать к моменту подготовленного шахтой достаточного количества угля из текущей добычи накопленного в бункерах и складе для отгрузки в маршрут. Здесь мы должны различать два возможных случая:

1. Когда на складе имеется уголь, то первый маршрут может быть принят на шахту через T час. от начала работы шахты по выдаче угля, которое будет равно:

$$T = \frac{W}{q} \text{ час.}$$

2. Когда на складе нет угля, тогда первый маршрут должен

$$\text{быть принят через } T = \frac{W}{q} + \frac{pt}{q} \text{ час.}$$

Таким образом, как в том, так и другом случае шахта готова будет к приему порожняка через время T часов.

За время простоя маршрута под подгрузкой возможно дополнительно, в порядке использования текущей добычи шахты, погрузить в вагоны через бункера, как воронки H_T тонн.

$$H_T = qt \text{ тн.}$$

Одновременно за это же время со склада шахты должно быть отгружено в маршрут C тн. $C = pt$ тонн.

Следующий состав порожняка можно принять олять через промежуток времени нового накопления угля, необходимого для отгрузки маршрута.

Следовательно для получения возможной минимальной емкости бункерных устройств, подача порожняка должна производиться, считая от начала работы шахты по выдаче угля, в следующем порядке:

- первая подача—через T часов,
- вторая подача—через $2T + t$ часов,
- третья подача—через $3T + 2t$ часов,
- третья подача—через $mT + (m - 1)t$ часов.

При этих условиях необходимая минимальная емкость бункеров должна определиться по следующему выражению:

$$W = G - t(q + p) \text{ тн. I.}$$

Рассмотрим теперь случай организации подачи вагонов на шахту по уведомлению.

Пусть t_0 —будет интервал времени уведомления до момента подачи порожняка на шахту.

Здесь мы должны рассмотреть два случая:

1) Шахта имеет складское хозяйство, связанное с бункерами единой транспортной ветвью, т. е. обратная выдача угля со склада проходит через бункер (бункер со скреперным складом).

В данном случае необходимая емкость бункера должна определиться из следующего выражения:

$$W = t_0(q + p) \text{ II.}$$

При этом наивыгоднейший вес отправительского маршрута, по принятой организации подачи вагонов на шахту, должен удовлетворять следующему условию:

$$G \geq (t + t_0)(q + p) \text{ тн.}$$

2) Складское хозяйство шахты является самостоятельно действующим звеном, т. е. обратная выдача угля со склада производится непосредственно прямо в ж. д. вагоны.

В этом случае емкость бункера определится по следующему выражению:

$$W = t_0 q \text{ тн., III,}$$

а наивыгоднейший вес отправительского маршрута в данном случае должен иметь следующее значение:

$$G \geq t_0 q + t(q + p) \text{ тн.}$$

Таким образом, при организации подачи вагонов на шахту по уведомлению, емкость бункера непосредственно не зависит от веса отправительского маршрута. В этом случае, как раз емкость бункера и наивыгоднейший вес маршрута решаются в комплексе в зависимости от режима работы ж. д. транспорта по вывозу полезного ископаемого и оборудования складского хозяйства шахты.

Далее нужно провести проверку фронта погрузочных работ — в зависимости от типа подвижного состава вагонов, подаваемых на шахту и организации погрузочных работ.

В данном случае наиболее напряженная работа будет иметь место, когда шахта имеет складское хозяйство, связанное с бункерами в своей работе по выдаче угля со склада, особенно если погрузочные пути являются общими как при погрузке из бункеров, так и со склада.

Примем: m — число вагонов в отправительском маршруте.

Z — число одновременно загружаемых под бункерами вагонов.

ψ — необходимое время на полную обработку одного вагона под бункерами (погрузка, передвижение).

Время на полную обработку одного вагона будет зависеть от типа поданных вагонов в маршруте маневровых средств, применяемых для передвижения вагонов под погрузочными точками, конструкции выпускных люков и затворов бункера и организации погрузочных работ, имеющих место внутри погрузочных бригад.

Поэтому данную величину времени нужно принимать на основе практических данных, т. е. в каждом отдельном случае тщательно изучить путем постановки хронометражных наблюдений на шахтах, имеющих аналогичные условия с проектируемой.

Пользуясь случаем, мы высказываем пожелание о необходимости проведения широких хронометражных наблюдений по

основным угольным районам Союза, с тем, чтобы данный материал лег в основу составления новых норм. Старые нормы Шахтостроя, как известно, далеко не отвечают действительным условиям работы в силу их отсталости, а поэтому пользоваться ими мы не рекомендуем.

Таким образом необходимый фронт работ, исходя из вышесказанного должен проверяться по следующему выражению:

$$\frac{m}{z} \psi \leq t \dots \dots \dots \text{IV.}$$

Пример.

Возьмем шахту им. Кирова при следующих данных:

$G = 1450$ тн.; $t = 2$ ч.; $t_0 = 2$ ч.; $q = 200$ тн.; $p = 120$ тн.
 $m = 24$ ваг. 60 тн. хоппера; $Z = 3$; $\psi = 15$ мин. (условно).

Шахта имеет хозяйство, связанное с бункерами, т. е. обратная выдача угля со склада передается скип-лифтами в бункера.

По формуле I.

$$W = 1450 - 2(200 + 120) = 810 \text{ тн.}$$

По формуле II.

$$W = 2(200 + 120) = 640 \text{ тн.}$$

При этом вес маршрута по данным условиям должен быть:
 $G = (2 + 2)(200 + 120) = 1280$ тн.

Для того, чтобы сохранить вес маршрута (1450 тн.), при условии подачи вагонов по уведомлению, необходимо время на простой вагонов под погрузкой запроектировать 2,5 часа, при емкости бункера 640 тн. Или же увеличить интервал времени на уведомления по выражению:

$$t_0 = \frac{G - t(q + p)}{q + p}, \text{ тогда}$$

емкость бункера должна возрасти. Конкретно к нашему примеру она получается 810 тн., т. е. соответствует случаю организации подачи вагонов по расписанию.

Проведем проверку фронта погрузочных работ.

$$\frac{24}{3} \cdot 15 = 120 \text{ мин., т. е. как раз соответствует времени про-$$

стоя вагонов под погрузкой. Если же мы выйдем из пределов габарита времени, отведенного на простой, то нужно увеличить число погрузочных путей.

В заключение необходимо отметить следующее:

1) Оборудование погрузочного комплекса шахты бункерным хозяйством, по экономическим соображениям, рекомендуем принимать только при условии известной организации работы ж. д. транспорта по вывозу полезного ископаемого.

2) При наличии собственного подвижного состава или закрепленного ж. д. за шахтой, при условии, сравнительно, небольших расстояний до потребителя углей шахты во всех случаях рекомендуем бункерное хозяйство.

3) Если железная дорога не может гарантировать какой либо определенной организации подачи вагонов на шахту, то рекомендуем применять безбункерное погрузочно-складское хозяйство.
