

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

УДК 620.9.008

С. Н. Березовский, канд. техн. наук, доц.

УСРЕДНИТЕЛЬНЫЕ СКЛАДЫ – НЕОБХОДИМОЕ ЗВЕНО В СИСТЕМЕ «КАРЬЕР – ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЙ ЗАВОД»

В статье рассматриваются рациональные подходы по переработке нерудных строительных материалов, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение. В частности, рассматривается необходимость устройства на предприятиях нерудной промышленности нашей страны усреднительных складов, на которых добываются содержания гравия в валунно-гравийно-песчаной смеси в диапазоне 40...50 %. Подавя на переработку сырье после усреднительного склада с таким содержанием гравия, можно достичь минимальной себестоимости переработки 1 м³ валунно-гравийно-песчаной смеси и снижения удельных приведенных затрат, а также повысить коэффициент загрузки дробильно-сортировочного оборудования и уменьшить износ дробилок за счет равномерности их загрузки.

Горные породы неоднородны по своим характеристикам. Содержание полезных и «пустых» компонентов не остается постоянным ни по площади, ни по толщине залежи месторождения. Для дробильно-сортировочных заводов (ДСЗ) очень важным фактором являются характеристики поступающего минерального сырья, в частности, их отличие от проектных. Установлено, что если перерабатываемая гравийно-песчаная смесь (ГПС) содержит на 10 % больше или меньше гравия, чем предусмотрено в проекте, производительность ДСЗ уменьшается значительно больше, чем на 10 %. При поставке минерального сырья, качество которого не соответствует технологическому регламенту, не только уменьшается производительность оборудования, но ухудшается и качество разных видов продукции, повышается удельный расход сырья, увеличиваются затраты на переработку. Следовательно, состав минерального сырья, доставляемого из карьера на переработку, нужно регулировать. То есть нужна система управления качеством по всем процессам производства как в карьере, так и на перерабатывающем комплексе.

Одним из приемов, создающих условия для поставки горной массы заданного состава, является селективная выемка разноразмерного сырья и его усреднение. Селективная выемка применяется на некоторых карьерах нашей страны, а усреднение ГПС в карьерах не применяется вообще. Такое положение сложилось из-за стремления экономить средства за счет строительства усреднительных сооружений. На карьерах в зарубежье усреднительные склады между отделениями первичного и вторичного дробления получили распространение еще 50 лет назад. Это способствовало увеличению чистого времени работы, поскольку разрывалась жесткая связь между карьером и ДСЗ и образовывалась гибкая связь «карьер – усреднительный склад – дробильно-сортировочный завод».

Среди поставленных на учет и эксплуатируемых месторождений нашей страны средняя мощность вскрыши и коэффициент вскрыши в последнее время несколько возрастают, сокращается количество месторождений с высоким качеством сырья. В связи с тем, что, как правило, характеристики полезного ископаемого в пределах конту-

ра запасов изменяются в широких пределах по площади и мощности залежи, для большинства карьеров актуальна проблема поставки на ДСЗ сырья с заданными характеристиками. Нами выполнены расчеты по определению загрузки перерабатывающего оборудования при поступлении на ДСЗ «Крапужино» Минской области и ДСЗ «Дубровка» Могилевской области сырья различного качества. Выполненные по полученным данным экономические расчеты, отражающие влияние содержания гравия и

валунов, позволили установить приближение величины себестоимости переработки и удельных приведенных затрат, (рис. 1 и 2). Из зависимостей видно, что наименьшая себестоимость переработки и наименьшие приведенные затраты обеспечиваются при переработке сырья с содержанием гравия и валунов в диапазоне 40...50 %. Это подтверждает необходимость устройства усреднительных складов с целью поставки на ДСЗ сырья с таким диапазоном содержания гравия и валунов.

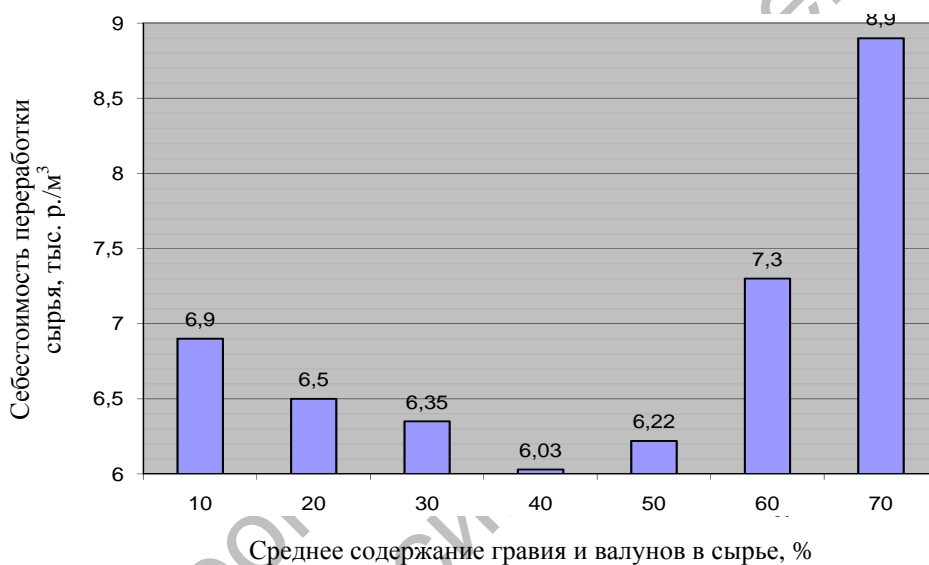


Рис. 1. Зависимость себестоимости переработки сырья от среднего содержания фракций гравия и валунов по ДСЗ «Дубровка» Могилевской области

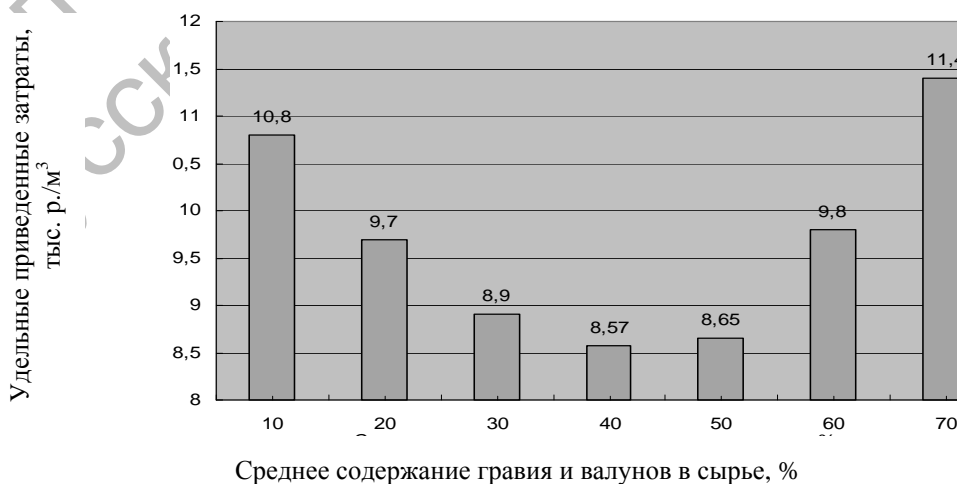


Рис. 2. Зависимость удельных приведенных затрат от среднего содержания фракций гравия и валунов по ДСЗ «Дубровка» Могилевской области

Из рис. 1 видно, что, подавая на переработку материал с содержанием гравия 40...50 %, а не 30 или 60 %, предприятие экономит на 1 м³ сырья до 1 тыс. р. При годовой производительности предприятия 500 тыс. м³ экономия составит до 500 млн р.

Одним из проявлений организационно-технологических взаимосвязей функционирования добычного комплекса горнотранспортного оборудования и ДСЗ является взаимосвязь структуры их рабочего времени. Отсутствие промежуточного склада обуславливает жесткую взаимосвязь их функционирования во времени, при которой проявляется полное взаимное влияние простоев. Особенно существенно это влияние при использовании конвейерного транспорта, поскольку с увеличением расстояния транспортирования резко возрастают простои комплекса оборудования. Это искусственно ограничивает область использования конвейерного транспорта. Прогнозные оценки и выполненные расчеты показывают, что организация промежуточных складов может увеличить мощность действующих ДСЗ на 11...25 %. На важность и несомненную целесообразность организации промскладов на предприятиях нерудной промышленности указывают многие ученые. Ими отмечается, что примерно половина простоев предприятия происходит из-за неполадок в горных цехах, на транспорте, доставляющем горную массу, и в узлах первичного дробления. По подсчетам, для построенных в последний период 53-х ДСЗ в России общей производительностью 30 млн м³ увеличение производительности составило бы более 6 млн м³ щебня в год. При этом в 3...4 раза уменьшаются капитальные затраты. В случае создания промскладов на предприятиях мощностью свыше 400 тыс. м³/г. капитальные затраты на 1 м³ прироста выпуска продукции составят около 25 % уровня удельных капиталовложений, принимаемых в настоящее время для вновь строящихся предприятий.

Организация промежуточного склада может увеличить мощность и экономичность работы предприятия за счет увеличения чистого времени работы комплекса добычного оборудования и ДСЗ, обеспечения равномерной и, по возможности, максимальной загрузки технологического оборудования ДСЗ, возможности усреднения качества поставляемого на ДСЗ сырья (должно быть 40...50 % гравия и валунов в сырье), концентрации горных работ во времени, введения двухсменного, а в ряде случаев односменного режима работ в карьере с увеличением единичной мощности горнотранспортного оборудования. На целесообразность организации промежуточных складов указывает опыт российских и зарубежных предприятий нерудной промышленности, а также смежных отраслей горнодобывающей промышленности. Вместимость и тип промежуточного склада зависят от производительности ДСЗ. Наиболее простыми в конструктивном отношении являются склады конусного типа. Считают, что промежуточные склады конусного типа целесообразно создавать вместимостью до 5000 м³, при большей вместимости следует применять склады штабельного типа. По зарубежным источникам, применение радиальноповоротных штабелеукладчиков позволяет образовывать промежуточные склады вместимостью до 10 тыс. м³. На предприятиях, осуществляющих переработку песчано-гравийных пород, возможно различное размещение промежуточного склада. В случае отсутствия в полезной толще валунов крупнее 300 мм промежуточные склады могут быть расположены перед узлом первичного дробления. Примером оригинального решения при размещении промежуточного склада перед узлом первичного дробления может служить схема Чеховского ДСЗ в России. Сырье на склад поступает после предварительного грохочения и промывки. Склад вместимостью 1000 м³ обеспечивает работу ДСЗ в течение су-

ток. Организация промежуточного склада позволила увеличить коэффициент использования технологического оборудования от 0,58 до 0,76. В Эйвалекском карьероуправлении, которое осуществляет эксплуатацию месторождений, относящихся к четвертой группе, промежуточный склад размещен после первой стадии дробления. Промежуточный склад конусного типа имеет общую вместимость 12250 м³. Рабочая вместимость склада составляет 3680 м³, т. е. 30 % от всей вместимости склада, что обеспечивает работу завода в течение 13 ч.

Промежуточный склад можно рассматривать как некоторую емкость, которая подразделяет цепочку оборудования, состоящую из добычного горно-транспортного комплекса и ДСЗ, на входящий и выходящий потоки. Цепочка оборудования, размещаемая перед промежуточным складом, характеризует входящий грузопоток, цепочка оборудования, на которую материал поступает после промсклада, характеризует выходящий грузопоток. Входящий грузопоток в основном формируется комплексом карьерного оборудования. Основу выходящего грузопотока составляет транспортное и перерабатывающее оборудование ДСЗ. Входящий и выходящий потоки имеют переменную интенсивность, подчиненную определенному вероятностному закону. Построение модели и ее решение должно отвечать правильному определению основных параметров, характеризующих надежность работы системы во времени. Большинство известных моделей применительно к определению вместимости промежуточного склада, с учетом введения оценок использования комплекса оборудования карьерного грузопотока и грузопотока ДСЗ во времени по коэффициентам простоя, представляются малопримлемыми. Во многих из них отсутствуют характеристики надежности либо входящего, либо выходящего грузопотока, а также выражение

четкой взаимосвязи объема промежуточной вместимости и производительности системы. Математические модели по определению вместимости промежуточного склада применительно к условиям предприятий нерудной промышленности в настоящее время практически отсутствуют (в особенности при разработке гравийно-песчаных пород). В такой модели промежуточный склад должен рассматриваться в качестве звена, повышающего надежность функционирования входящего и выходящего грузопотока. В связи с этим результирующее выражение, позволяющее определять конкретные значения вместимости промежуточного склада, должно учитывать определяющие характеристики надежности функционирования входящего и выходящего грузопотоков. Кроме того, поскольку рассматривается система «карьер – ДСЗ», целесообразно введение характеристик, отражающих надежность функционирования промежуточного склада и раскрывающих обратную взаимосвязь промсклада и грузопотоков.

Вместимость промежуточного склада сырья при использовании его как усреднительного должна корректироваться исходя из условия обеспечения требуемой степени усреднения сырья. Необходимость в применении усреднительного склада возникает при разработке месторождений с очень высокой изменчивостью содержания гравия и валунов, а также при разработке полезной толщи одним забоем. Последнее для рассматриваемых месторождений и при использовании конвейерного транспорта представляется типичным. При отработке полезного ископаемого одним забоем формирование усреднительного склада должно осуществляться при складировании сырья слоями на одну и ту же площадь склада из различных выемочных блоков. Количество выемочных блоков, участвующих в формировании качественного сырья на складе, определяется необходимой степенью усреднения сырья и не должно превы-

шать четырех. При этом эффективность усреднения сырья на складе будет соответствовать способу усреднения, заключающемуся в выборе очередности обработки выемочных блоков, и рассчитываться по тем же выражениям. В соответствии с показателями этого способа будет уменьшаться и необходимый коэффициент резервирования производительности перерабатывающего оборудования.

При расчете вместимости промежуточного склада необходимо принимать следующие допущения и предположения: длительность непрерывной работы и длительность простоев комплексов добычного оборудования (КДО) распределены по экспоненциальному закону; последовательные интервалы времени, в течение которых КДО работает и простаивает, независимы; в период работы комплекса перерабатывающего оборудования (ДСЗ) при полном заполнении промсклада КДО работает с производительностью, соответствующей производительности ДСЗ, т. е. с производительностью несколько ниже уровня своей максимальной мощности. Предполагается, что

$$Q_{\text{кдо}} > Q_{\text{дсз}}$$

где $Q_{\text{кдо}}$, $Q_{\text{дсз}}$ – техническая производительность КДО и ДСЗ соответственно, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Правильность предположения об экспоненциальном распределении длительности простоев КДО подтверждена данными хронометражных наблюдений. Экспоненциальность распределения длительности периодов непрерывной работы КДО обуславливается тем, что отказы оборудования КДО происходят в случайные моменты времени и распределены по закону Пуассона. Обычное применение распределения Пуассона состоит в предсказании количества событий, происходящих за определенное время, например, количества машин, появляющихся на площади за 1 мин. В нашем случае определяется вероятность пустого склада P_0 в момент окончания перерыва в работе и вероятность того, что в течение какого-то времени склад полон при известных интенсивности расходования и поступления сырья (μ и λ соответственно) на промсклад и объеме сырья V на промскладе:

$$P_0 = \frac{(\mu - \lambda)e^{-\lambda V}}{\mu e^{\mu V} \lambda e^{\lambda V}}. \quad (1)$$

Результаты расчета вместимости промежуточного склада сырья при мощности ДСЗ от 400 до 1000 тыс. $\text{м}^3/\text{г}$., при содержании гравия и валунов до 60 % приведены в табл. 1, при содержании гравия и валунов свыше 60 % – в табл. 2.

Табл. 1. Вместимость промежуточного склада сырья при содержании гравийно-валунных фракций в сырье до 60 %

Мощность ДСЗ, тыс. $\text{м}^3/\text{г}$.	Расстояние транспортирования сырья, км	Коэффициент использования оборудования завода	Полезный объем склада		Общая вместимость склада, тыс. м^3
			ч	тыс. м^3	
400	1,5	0,88/0,93	4,3/4,6	0,4/0,6	1,0/1,5
400	3	0,88/0,93	5,9/6,3	0,5/0,8	1,4/2,1
700	1,5	0,85/0,90	4,3/4,6	0,7/1,1	1,7/2,6
700	3	0,88/0,93	5,9/5,3	0,9/1,4	2,3/3,6
1000	1,5	0,82/0,87	4,1/4,4	1,0/1,4	2,5/3,6
1000	3	0,83/0,88	5,8/6,1	1,4/2,0	3,4/5,1
1000	4,4	0,85/0,90	7,4/7,8	1,7/2,6	4,4/6,4

Примечание – В числителе – при трехсменном режиме работы комплекса добычного оборудования, в знаменателе – при двухсменном

Табл. 2. Вместимость промежуточного склада сырья при содержании гравийно-валунных фракций в сырье более 60 %

Мощность ДСЗ, тыс. м ³ /г.	Расстояние транспортирования сырья, км	Коэффициент использования оборудования завода	Полезный объем склада		Общая вместимость склада, тыс. м ³
			ч	тыс. м ³	
400	1,5	0,85/0,90	5,5/5,9	0,5/0,8	1,3/2,0
400	3	0,85/0,90	7,7/8,1	0,7/1,1	1,8/2,8
700	1,5	0,82/0,87	5,5/5,9	0,9/1,4	2,3/2,5
700	3	0,85/0,90	7,7/8,1	1,3/1,9	3,2/4,8
1000	1,5	0,76/0,81	5,3/5,7	1,3/1,9	3,2/4,8
1000	3	0,77/0,82	7,4/7,8	1,8/2,7	4,5/5,8
1000	4,4	0,79/0,84	9,4/10,0	2,9/3,4	5,7/8,5

Примечание – В числителе – при трехсменном режиме работы комплекса добычного оборудования, в знаменателе – при двухсменном

Данные таблиц показывают, что при содержании гравия и валунов до 60 % и трехсменном режиме работы добычного комплекса полезный объем (объем рабочей зоны) промежуточного склада находится в пределах от 4,1 до 7,4, при двухсменном режиме работы – от 4,4 до 7,8 объема часового потребления сырья ДСЗ. При содержании гравия и валунов свыше 60 % и трехсменном режиме работы добычного комплекса полезный объем промежуточного склада находится в пределах от 5,3 до 9,4, а при двухсменном режиме работы – от 5,7 до 10,0 объема часового потребления сырья ДСЗ. Так, если производи-

тельность ДСЗ 500 м³/ч, то вместимость склада должна быть до 5000 м³.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов. – Л. : Стройиздат, 1977. – 352 с.
2. Временная инструкция по формированию структур комплексной механизации горных работ (применительно к условиям циклично-поточной технологии разработки связанных и раздельно-зернистых пород на карьерах по добыче нерудных строительных материалов). – М. : М-во промышленности строительных материалов, 1979. – 50 с.
3. Буянов, Ю. Д. Разработка гравийно-песчаных месторождений / Ю. Д. Буянов. – М. : Недра, 1988. – 208 с.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 30.12.2009

S. N. Berezovsky
Mix averaging warehouses – a necessary link in system «an open-cast mine – crush and sorting factory»

In article rational approaches on processing of the nonmetallic building materials providing energy and resource reserve are considered. In particular, necessity of the device at the enterprises of the nonmetallic industry of our country mix averaging warehouses on which the gravel maintenance in a boulder and gravel and sand mix at a rate of 40...50 % achieve is considered. Submitting for processing raw materials after mix averaging a warehouse with such maintenance of gravel, can reach the minimum cost price of processing 1 м³ a boulder and gravel and sand mix and decrease in the specific resulted expenses, and also to raise factor of loading of the crush and sorting equipment and to reduce deterioration of crushers at the expense of uniformity of their loading.