

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

УДК 691.1/6

С. Н. Березовский, С. Д. Семенюк, О. М. Старолавинова

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВНУТРИКАРЬЕРНЫХ УСРЕДНИТЕЛЬНЫХ СКЛАДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НАШЕЙ СТРАНЫ

UDC 691.1/6

S. N. Beresovsky, S. D. Semenyuk, O. M. Starolavnikova

OPTIMUM PARAMETERS OF INTRAQUARRY HOMOGENIZING STOREHOUSES AT PIT AND QUARRY ENTERPRISES OF OUR COUNTRY

Аннотация

Рассматриваются рациональные подходы к переработке нерудных строительных материалов, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение. В частности, рассматривается необходимость устройства на предприятиях нерудной промышленности нашей страны усреднительных складов сырья с содержанием гравия в валунно-гравийно-песчаной смеси в диапазоне 40...50 %. Подавая на переработку с усреднительного склада сырье 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. Полученное при помощи математического планирования эксперимента уравнение регрессии позволяет установить оптимальные параметры усреднительного склада нерудных стройматериалов и направление разгрузки автосамосвалов на складе, сформировать штабель на складе.

Ключевые слова:

дробильно-сортировочные заводы, внутрикарьерные усреднительные склады, энерго- и ресурсосбережение, нерудные стройматериалы, математическое планирование эксперимента, уравнение регрессии, оптимальные параметры.

Abstract

The paper deals with rational approaches to processing non-metallic minerals used in construction which ensure energy- and resource-saving. In particular, it considers the necessity of establishing homogenizing storehouses at enterprises of the pit and quarry industry of our country which will provide the gravel content in the boulder-gravel-sand mix ranging from 40 to 50 %. Processing raw materials with such gravel content, it is possible to achieve minimal self-cost of processing of a 1 m³ boulder-gravel-sand mix and to reduce costs per unit, and also to raise the coefficient of loading of crushing and screening equipment and to decrease disintegrators wear due to the evenness of their loading. The regression equation received by mathematical planning of the experiment enables determining optimal parameters of a homogenizing storehouse of non-metallic construction minerals, the formation of stock pile in the storehouse and routing of dump trucks unloading inside the storehouse.

Key words:

crushing and screening equipment plants, intraquarry homogenizing storehouses, energy- and resource-saving, non-metallic minerals, mathematical planning of the experiment, equation of regression, optimum parameters.

Введение

Для дробильно-сортировочных заводов (ДСЗ) очень важным фактором являются характеристики поступающего минерального сырья, в частности, насколько они отличаются от проектных. Установлено, что если перерабатываемая гравийно-песчаная смесь (ГПС) содержит на 10 % больше или меньше гравия, чем предусмотрено в проекте, производительность ДСЗ значительно уменьшается (больше чем на 10 %). При поставке минерального сырья, качество которого не соответствует технологическому регламенту, не только уменьшается производительность оборудования, но и ухудшается 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 [1].

Важными приемами, создающими условия для поставки горной массы заданного состава, являются селективная выемка разноразмерного сырья и усреднение состава. 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, хотя затраты на их устройство не такие уж и большие, особенно на склады полузакрытого типа. На зарубежных карьерах 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 и коэффициент вскрыши в последнее время несколько возрастают, сокращается количество месторождений с высоким качеством сырья. В связи с этим характеристики полезного ископаемого в пределах контура запасов изменяются в широких пределах по площади и мощности залежи и для большинства карьеров актуальна проблема поставки на дробильно-сортировочные заводы сырья с заданными характеристиками.

Оптимальные параметры внутрикарьерных усреднительных складов

Авторами 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 позволили установить приближение величины себестоимости переработки и удельных приведенных затрат, отражающие влияние содержания гравия и валунов (рис. 1 и 2). Из зависимостей видно, что наименьшая себестоимость переработки и наименьшие приведенные затраты обеспечиваются при переработке валунно-гравийно-песчаной смеси 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.

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

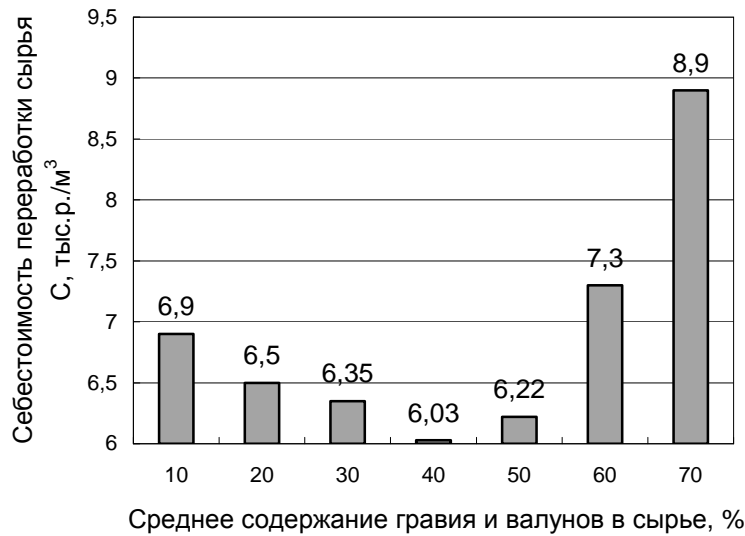


Рис. 1. Зависимость себестоимости переработки сырья от среднего содержания фракций гравия и валунов по ДСЗ «Дубровка» Могилевской области

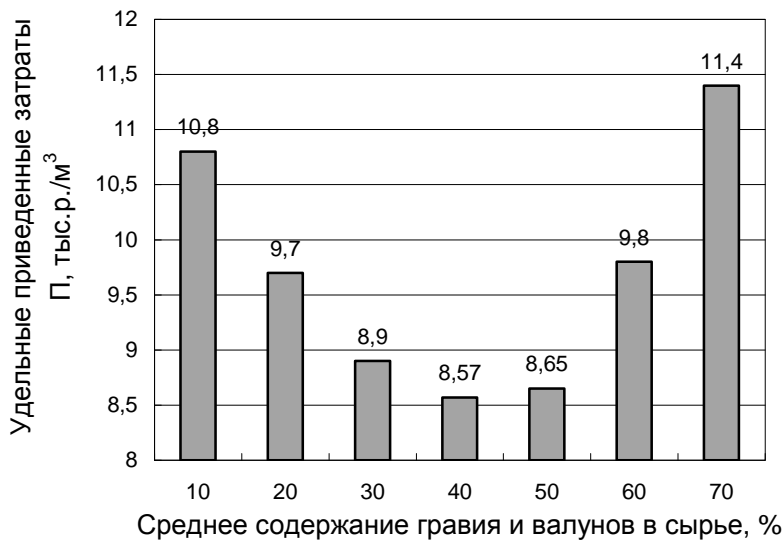


Рис. 2. Зависимость удельных приведенных затрат от среднего содержания фракций гравия и валунов по ДСЗ «Дубровка» Могилевской области

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, усреднения качества поставляемого на ДСЗ сырья (должно быть 40...50 % гра-

вия и валунов в сырье), концентрации горных работ во времени, введения двухсменного, а в ряде случаев односменного режима работ в карьере с увеличением единичной мощности горно-транспортного 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 [2].

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 $Q_{\text{кдо}}$ и $Q_{\text{дсз}}$ – технические производительности КДО и ДСЗ соответственно, м³/ч.

Правильность предположения об экспоненциальном распределении длительности простоев КДО подтверждена

данными хронометражных наблюдений. Экспоненциальность распределения длительности периодов непрерывной работы КДО обусловливается 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, количество машин, появляющихся на площади за 1 мин. В данном 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 объема 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. м³/г. с содержанием 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. 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	0,88/0,93	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 производительность ДСЗ 500 м³/ч, то вместимость склада должна быть до 5000 м³.

Для решения задач управления потоком нерудного сырья и оптимизации параметров внутрикарьерных складов авторами были разработаны две модели: М₁ и М₂. Модель склада М₁ предназначена для решения задачи управления качеством валунно-гравийно-песчаной смеси, проходящей усреднительный склад, модель М₂ – для определения оптимальных параметров самого склада. Задача управления потоком требует решения в реальном времени, тогда как задача оптимизации па-

раметров склада относится к классу инженерно-расчетных и не имеет жесткой временной увязки. Структура программного модуля «Усреднительный склад» представлена на рис. 3.

Блок 1 представляет собой набор процедур, формирующих из исходных данных последовательность выемочных блоков, обрабатываемых одновременно несколькими экскаваторами, находящимися в состоянии добычи в моделируемом периоде.

Блок 2 представляет собой совокупность процедур, осуществляющих формирование непрерывной последовательности поступления автосамосвалов на усреднительный склад.

Блок 3 включает процедуры, моделирующие формирование усреднительного штабеля. Содержание блока различно для моделей М₁ и М₂. В модели М₁ штабель представлен трехмерным массивом, состоящим из элементов, представляющих порцию валунно-гравийно-песчаной смеси объемом 0,1 м³.

Каждому элементу массива присваивается идентификатор блока смеси одного из работающих добычных экскаваторов, выгруженной из автосамосвала на склад.



Рис. 3. Структура программного модуля «Модель усреднительного склада»

Идентификаторы блоков извлекаются из последовательности поступления автосамосвалов на склад, сформированной процедурами блока 2. Размерность массива $M-N-P$, характеризующего усреднительный штабель, определяется как

$$M = L / d; N = b / d; P = h / d, \quad (2)$$

где L – длина штабеля, м; b – ширина штабеля, $b < 30$ м; h – высота штабеля, $h = 7$ м; d – размеры порции смеси, принимаемой за элементарный объем (элемент массива) с постоянным качеством, $d = 0,1$ м.

В модели M_2 , предназначенной для оптимизации параметров склада, штабель

представлен матрицей, где каждый элемент характеризуется объемом и качеством порции смеси, доставленной автосамосвалом от добычного экскаватора, а каждый столбец – объемом и качеством смеси в отгружаемом со склада автосамосвале.

Блок 4 объединяет набор процедур, осуществляющих расчет контролируемых выходных параметров вектора Y .

Блок 5 включает процедуры отображения последовательности поступления автосамосвалов на входе склада, сформированного штабеля в сечениях, функции качества по длине склада.

Таким образом, разработанные модели M_1 и M_2 , представляют собой

инструмент для постановки активного эксперимента с целью исследования закономерностей процесса штабельного усреднения и установления зависимости качественных характеристик подаваемой на переработку валунно-гравийно-песчаной смеси. Это позволяет оперативно управлять потоком нерудного сырья в зависимости от проектных параметров внутрикарьерных усреднительных складов.

Далее произведена оценка корректности моделей, планирование и постановка эксперимента по определению рациональных параметров внутрикарьерных усреднительных складов для условий разработки месторождений валунно-гравийно-песчаной смеси Крупжино Логойского района Минской области и Дубровка Шкловского района Могилевской области.

Постановка задачи, решаемой моделью M_1 (управление потоком), выглядит следующим образом: имеются геологические данные об объемах и качестве планируемых к добыче выемочных блоков (недельно-суточный график) и объем формируемого штабеля (длина штабеля). Необходимо определить общее содержание гравия в штабеле, его ситовые характеристики и дисперсию качества в отгружаемых порциях за период моделирования. В качестве исходных данных для моделирования, характеризующих параметры потока на входе склада, использован массив геологических показателей за полгода: с 1 января по 1 июля 2009 г. В результате экспериментов установлено, что модель M_1 , используемая в задачах управления потоком, адекватна технологическому процессу и имеет высокую точность. Ошибка при подсчете объемов составляет $(0,37...0,5) \cdot 10^{-2}$ %, ошибка при подсчете гравия общего содержания, второго и третьего сит – соответственно $(0,25...0,7) \cdot 10^{-3}$ %, $0,02...0,12$ % и $(0,12...0,3) \cdot 10^{-3}$ % при доверительной вероятности 95 %.

Постановка задачи, решаемой моделью M_2 (обоснование рациональных параметров внутрикарьерных усреднительных складов), выглядит следующим образом: имеются геологические данные об объемах и качестве планируемых к добыче выемочных блоков (недельно-суточный график). Необходимо определить объем формируемых штабелей для обеспечения дисперсии качественных характеристик гравия в отгружаемых порциях относительно среднего (при оптимальном среднем значении содержания гравия в смеси 45 %) не более 10 %. Для проверки адекватности модели M_2 в качестве контролируемого параметра принято общее содержание гравия в смеси как основной качественной характеристики. На вход модели подавались геологические данные, полученные результаты сопоставлялись с лабораторными показателями. Погрешность результатов моделирования относительно лабораторных показателей составила $5,2 \cdot 10^{-3}$ %, при этом ошибка геологических относительно лабораторных данных – $5,0 \cdot 10^{-3}$ % с доверительной вероятностью 95 %. Следовательно, точность модели M_2 достаточна для решения задачи оптимизации параметров усреднительных складов.

В качестве управляемых параметров при планировании эксперимента с использованием модели M_2 были приняты: X_1 – длина усреднительного штабеля L ; X_2 – режим поступления автосамосвалов на склад; X_3 – направление перемещения фронта разгрузки автосамосвалов. Эффективность усреднения на внутрикарьерных складах определяется общей дисперсией качества валунно-гравийно-песчаной смеси в отгружаемых со склада порциях смеси σ^2 . Таким образом, целевая функция (критерий оптимальности) Y при постановке эксперимента имеет вид:

$$\sigma^2 \rightarrow \min . \quad (3)$$

Задача решалась при помощи математического планирования экспери-

мента [3, 4]. Полный трехфакторный эксперимент проводился в окрестностях точки факторного пространства с координатами $X_{01} = 120$ м. Условия проведения полного факторного эксперимента

приведены в табл. 3.

Матрица планирования для полного трехфакторного эксперимента представлена в табл. 4.

Табл. 3. Характеристика плана эксперимента по определению оптимальных параметров внутри-карьерного усреднительного склада

Характеристика	Длина штабеля, м	Режим поступления автосамосвалов	Направление заполнения штабеля
	X1	X2	X3
Основной уровень	120	–	–
Интервал варьирования	80	–	–
Верхний уровень +1	200	Равномерное	Параллельно
Нижний уровень –1	40	Случайное	Перпендикулярно

Табл. 4. Матрица планирования для полного трехфакторного эксперимента

Номер опыта или эксперимента	Порядок реализации экспериментов	Фактор X1	Фактор X2	Фактор X3	Параметр оптимизации Y_{cp} (σ – общая дисперсия качества смеси)
1	4	+1	+1	+1	0,18
2	3	–1	+1	+1	0,50
3	8	+1	–1	+1	0,25
4	5	–1	–1	+1	0,56
5	7	+1	+1	–1	0,55
6	2	–1	+1	–1	0,60
7	1	+1	–1	–1	0,54
8	6	–1	–1	–1	0,78
Итого					3,76

Для исключения систематических ошибок эксперименты, предусмотренные матрицей, проводили в случайной последовательности. Порядок проведения выбирали по таблице случайных чисел. Опыты не дублировали.

Для определения дисперсии параметра оптимизации было проведено три эксперимента на основных уровнях при длине штабеля 120 м. Полученные значения параметра оптимизации y_u , его

среднее значение y_{cp} , отклонения значений параметра оптимизации от его среднего значения ($y_u - y_{cp}$) и квадраты этих отклонений приведены в табл. 5.

Дисперсия параметра оптимизации s_y^2 определена по формуле

$$s_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - y_{cp})^2}{n_0 - 1} = \frac{0,0008}{3 - 1} = 0,0004. \quad (4)$$

Табл. 5. Данные для расчета дисперсии параметра оптимизации s_y^2

Номер эксперимента на основном уровне p_0	y_u	y_{cp}	$y_u - y_{cp}$	$(y_u - y_{cp})^2$
1	0,50	$\sum_{u=1}^3 y_u = 0,5$ 3	0	0
2	0,52		0,02	0,0004
3	0,48		-0,02	0,0004
Сумма				0,0008

Коэффициенты регрессии b_i вычисляются по формулам:

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^N y_{jcp}}{N} = \frac{3,76}{8} = 0,47; \quad (5)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{1j} y_{jcp}}{N} = \frac{-0,92}{8} = -0,115; \quad (6)$$

$$b_2 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{2j} y_{jcp}}{N} = \frac{-0,296}{8} = -0,037; \quad (7)$$

$$b_3 = \frac{\sum_{j=1}^N x_{3j} y_{jcp}}{N} = \frac{-0,98}{8} = -0,123. \quad (8)$$

Средняя квадратичная ошибка в определении коэффициентов регрессии

$$s\{b_i\} = \sqrt{\frac{s_y^2}{N}} = \sqrt{\frac{0,0004}{8}} = 0,007. \quad (9)$$

Доверительный интервал коэффициентов регрессии вычисляется по формуле

$$\Delta b_i = \pm t_T s\{b_i\},$$

где t_T – критерий Стьюдента.

При 5-процентном уровне значимости и числе степеней свободы $f = n_0 - 1 = 2$ табличное значение критерия $t_T = 4,3$. Следовательно, доверительный интервал коэффициентов

$$\Delta b_i = \pm(4,3 \cdot 0,007) = \pm 0,03.$$

Все коэффициенты регрессии по абсолютной величине больше доверительного интервала, поэтому их можно признать статистически значимыми. Для вычисления дисперсии адекватности составлена вспомогательная табл. 6.

Табл. 6. Данные для расчета дисперсии адекватности $s_{ад}^2$

Номер опыта	Значения u_{jcp}	Значения $u_{расч,j}$	$u_{jcp} - u_{расч,j}$	$(u_{jcp} - u_{расч,j})^2$
1	0,18	0,22	-0,04	0,0016
2	0,50	0,48	0,02	0,0004
3	0,25	0,27	-0,02	0,0004
4	0,56	0,59	-0,03	0,0009
5	0,55	0,53	0,02	0,0004
6	0,60	0,62	-0,02	0,0004
7	0,54	0,51	0,03	0,0009
8	0,78	0,72	0,04	0,0016
Сумма				0,0066

Дисперсия адекватности определяется по формуле

$$s_{ад}^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (y_{jcp} - y_{расч,j})^2}{N - (k + 1)} = \frac{0,0066}{4} = 0,0017.$$

Проверка адекватности модели производится по F-критерию Фишера:

$$F_p = \frac{s_{ад}^2}{s_y^2} = \frac{0,0017}{0,0004} = 4,25.$$

Табличное значение F_m -критерия при 5-процентном уровне значимости и числах степеней свободы для числителя 4 и знаменателя 2 равно 19,3, значит $F_p < F_m$, и можно сделать вывод об адекватности модели. В результате эксперимента установлено, что требуемое технологией переработки значение общей дисперсии в отгружаемых порциях смеси (при оптимальном среднем значении содержания гравия в смеси 45 %) достигается при длине склада 180...195 м ($\sigma^2 = 0,23$) при направлении разгрузки автосамосвалов параллельно оси штабеля вне зависимости от режима поступления автосамосвалов.

Уравнение регрессионной зависимости общей дисперсии в отгружаемых порциях валунно-гравийно-песчаной смеси от исследуемых факторов имеет вид:

$$Y = 0,47 - 0,115 X_1 - 0,037 X_2 - 0,123 X_3. \quad (10)$$

Таким образом, наибольшее влияние на критерий оптимизации, судя по величине коэффициентов регрессии, оказывает фактор X_3 – направление разгрузки автосамосвалов и заполнение штабеля ($b_3 = -0,123$). Фактор X_1 – длина штабеля – также имеет существенное влияние на качество усреднения ($b_1 = -0,115$). С увеличением длины штабеля общая дисперсия качества смеси уменьшается. Значимость коэффициента фактора X_2 находится на границе допустимого значения, следовательно, режим поступления автосамосвалов практически не влияет на качество усреднения смеси. Изменения средней общей дисперсии σ^2 качества валунно-гравийно-песчаной смеси в зависимости от длины штабеля в отгружаемых со склада порциях смеси приведены на рис. 4.

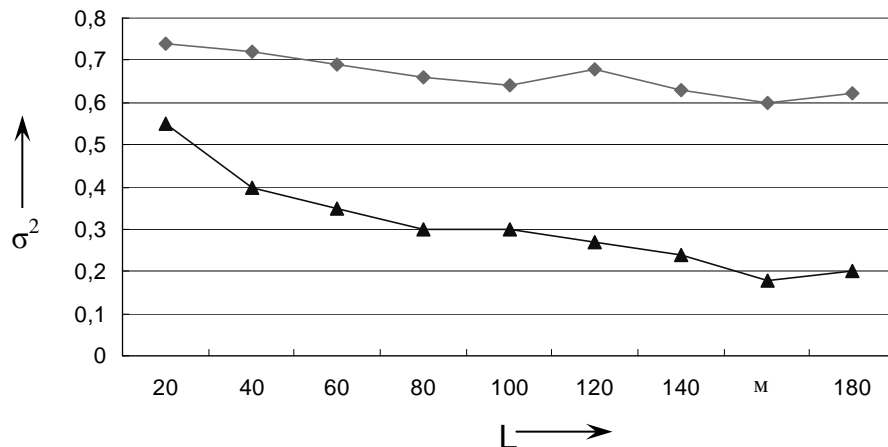


Рис. 4. Зависимость средней общей дисперсии качества σ^2 валунно-гравийно-песчаной смеси от длины штабеля L в отгружаемых со склада порциях смеси: ▲ – наилучшие показатели, которые наблюдаются при равномерном поступлении автосамосвалов на склад и разгрузке смеси параллельно фронту; ◊ – наихудшие показатели, которые наблюдаются при случайном поступлении автосамосвалов на склад и разгрузке смеси перпендикулярно фронту

Выводы

Рассмотрены рациональные подходы к переработке нерудных строительных материалов, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение. В частности, рассмотрена необходимость устройства на предприятиях нерудной промышленности нашей страны усреднительных складов, на которых можно добиться содержания гравия в валунно-гравийно-песчаной смеси в размере 40...50 %. Подача на переработку сырья после усреднительного склада с таким содержанием гравия позволяет получить минимальную себестоимость переработки 1 м³ валунно-гравийно-песчаной смеси и минимальные удельные приведенные затраты, также повысить коэффициент загрузки дробильно-сортировочного оборудования и уменьшить износ дробилок за счет равномерности их загрузки. Изложены обоснованные результаты по оптимизации

проектных параметров внутрикарьерных усреднительных складов, использование которых обеспечивает решение актуальной прикладной проблемы управления качеством подаваемой на переработку валунно-гравийно-песчаной смеси. Также исследован процесс усреднения на внутрикарьерных складах с позиций информационного преобразователя потока нерудного сырья – подсистемы в общей системе взаимодействия карьера и дробильно-сортировочного завода. Установлено, что оптимальной является схема разгрузки автосамосвалов на складе параллельно фронту формирования штабеля, при этом последовательность их поступления на качество усреднения существенного влияния не оказывает. Из штабелей песчано-гравийная смесь должна отгружаться погрузчиками вкrest слоев, в результате чего происходит ее оптимальное перемешивание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временная инструкция по формированию структур комплексной механизации горных работ (применительно к условиям циклично-поточной технологии разработки связных и раздельно-зернистых пород на карьерах по добыче нерудных строительных материалов). – М. : М-во промышленности строительных материалов, 1979. – 50 с.
2. Буянов, Ю. Д. Разработка гравийно-песчаных месторождений / Ю. Д. Буянов. – М. : Недра, 1988. – 208 с.
3. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Граковский. – М. : Наука, 1976. – 279 с.
4. Хартман, К. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шеффер. – М. : Мир, 1977. – 552 с.

Статья сдана в редакцию 30 сентября 2011 года

Сергей Николаевич Березовский, канд. техн. наук, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-256-65-92-40.

Славик Денисович Семенюк, д-р техн. наук, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-297-43-38-72.

Ольга Максимовна Старолавникова, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет.

Sergey Nikolayevich Beresovsky, PhD, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-256-65-92-40.

Slavik Denisovich Semenyuk, DSc, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-297-43-38-72.

Olga Maksimovna Starolavnikova, senior lecturer, Belarusian-Russian University.