2. Дударовская О.Г. Модели интенсифицированного тепломассообмена и смешения сред в каналах с хаотичными насадочными слоями: дис. ... канд. техн. наук. – Казань, 2016. – 202 с.
3. Рамм В.М. Абсорбция газов / В.М. Рамм. М.: Химия, 1976. 656 с.
4. Скобло А.И. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / А.И. Скобло, И.А. Трегубова, Н.Н. Егоров. – М.: Гостоптехиздат, 1962. – 652 с.
5. Михеев М.А. Основы теплопередачи. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 237 с.
6. Кузнецов А.А. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности / А.А. Кузнецов, С.М. Кагерман, Е.Н. Судаков. – Л.: Химия, 1974. – 344 с.

Жариков И.Ф.

Элементы карьерной дробильной установки в схемах ЦПТ

*Институт проблем комплексного освоения недр РАН
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-187

idsp: 000001:lj-10-2018-187

Аннотация.

Рассматривается наиболее эффективная циклично-поточная технология добычи угля на глубоких карьерах при полной конвейеризации транспорта с использованием самоходных дробильных агрегатов. На основе анализа эксплуатации карьерных дробильных установок предлагается метод определения оптимальной вместимости приемного бункера, которая должна быть достаточной для «сглаживания» неравномерности поступления автосамосвалов на разгрузку.

Ключевые слова; циклично-поточная технология, грузоподъемность самосвала, объем ковша, гранулометрический состав, взорванная горная масса, вместимость, бункер.

Рост объемов добычи полезных ископаемых открытым способом и связанные с этой тенденцией задачи дальнейшей интенсификации горных работ, увеличения глубины карьеров и повышения производительности труда определили актуальность создания и внедрения в горное производство дробильно-конвейерного оборудования для схем циклично-поточной технологии разработки скальных пород. При полной конвейеризации транспорта производительность современных самоходных дробильных агрегатов, работающих в паре с одно ковшовым экскаватором, должна соответствовать перспективным моделям карьерных экскаваторов-мехлопат с ковшом вместимостью 20-35 м³. В условиях разработки полускальных вскрышных пород IV категории, характерных для угольных месторождений, при расчетной плотности экскавируемых пород 2500 кг/м³, коэффициенте разрыхления 1,5 и коэффициенте заполнения ковша 0,9 производительность экскаватора ЭКГ-20 с ковшом вместимостью 20 м³ составляет 3870 т/ч. Производительность конвейерной линии и дробильной установки должна приниматься не менее чем на 10% выше производительности экскаватора ЭКГ-20 [1]. В этом случае производительность соответствующего самоходного дробильного агрегата должна составлять около 4300 т/ч. Однотипная передвижная карьерная дробильно-перегрузочная установка, предназначенная для использования в схемах с комбинированным автомобильно-конвейерным транспортом, также имеет производительность 4300 т/м³ и должна обеспечивать прием горной массы от автотранспорта грузоподъемностью 75-100 т.

Дробильно-перегрузочная установка, являясь связующим звеном между автомобильным и конвейерным видами транспорта, обеспечивает подготовку горной массы к конвейерному перемещению. Приемный бункер установки выполняет роль демпфирующего элемента системы, преобразующего дискретный поток горной массы, подвозимой автосамосвалами, в непрерывный поток. Вместимость приемного бункера

должна быть достаточной для «сглаживания» неравномерности поступления автосамосвалов на разгрузку. В тоже время чрезмерное увеличение вместимости бункера ведет к неоправданным затратам и усложняет создание мобильных передвижных дробильных установок, периодически перемещаемых вслед за горными работами.

Опыт создания и эксплуатации карьерных дробильных установок показывает, что на практике вместимость приемного бункера, как правило, в 2-3 раза превышает вместимость разгружающегося в них транспортного средства или ковша экскаватора [2]. В соответствии с этим условием при объеме горной массы в кузове автосамосвала грузоподъемностью 180 т, равном $107,8 \text{ м}^3$, вместимость приемного бункера дробильной установки должна составить 220-320 м^3 . Неопределенность подобной рекомендации свидетельствует о необходимости поиска путей более обоснованного выбора вместимости приемного бункера.

Отличительной особенностью функционирования комплексов оборудования, включающих в себя передвижные дробильные установки или полустационарные дробильно-перегрузочные пункты и комбинированный автомобильно-конвейерный транспорт, является вероятностный (случайный) характер поступления на разгрузку автосамосвалов, используемых в качестве забойного транспортного звена. Случайный характер поступления автосамосвалов определяет в свою очередь и случайный характер заполнения приемного бункера дробильной установки. Таким образом, следуя природе данного процесса, для его анализа необходимо использовать методы теории массового обслуживания [1].

При исследовании систем с комбинированным автомобильно-конвейерным транспортом методами теории массового обслуживания принимаются допущения, что система разомкнута, а поток поступающих требований (порций горной массы) простейший. Данные системы могут рассматриваться как разомкнутые, так как поток транспортных средств, выходящий с разгрузочной площадки, нивелируется при перемещении по разрезу и его характеристики практически не оказывают влияние на характеристики входящего транспортного потока груженных автосамосвалов. Условием существования разомкнутых систем является также допущение о том, что источник, питающий систему, располагает бесконечным числом требований на обслуживание. Это допущение достаточно близко к реальным условиям при определении усредненных характеристик перегрузочного пункта и достаточной вместимости бункера. Простейший поток требований характеризуется такими свойствами, как стационарность, ординарность и отсутствие последствия. Действительно, поток автосамосвалов, поступающих на разгрузочную площадку, характеризуется данными свойствами:

стационарностью – вероятность поступления определенного количества автосамосвалов в течение некоторого отрезка времени зависит не от времени начала отсчета, а только от продолжительности выбранного промежутка;

ординарностью – вероятность поступления под разгрузку нескольких автосамосвалов в бесконечно малый промежуток времени практически равна нулю;

отсутствием последствия – состояние системы в какой-либо определенный момент времени зависит только от предшествующего состояния и не зависит от более раннего.

При простейшем потоке требования, поступающие в систему, описываются пуассоновским законом распределения, а длительность интервалов между поступающими требованиями описывается другим – экспоненциальным законом. Методы теории массового обслуживания иногда применялись рядом авторов для исследования систем «автосамосвалы – приемный бункер перегрузочного узла». Однако, в известных работах при исследовании этого вопроса сохранялось классическое допущение о том, что минимальный интервал между поступающими

требованиями равен нулю. Это приводило к значительному завышению расчетной вместимости приемного бункера. В действительности минимальное время смены автосамосвалов на постах разгрузки является конечной величиной, соизмеримой со средней продолжительностью интервала между разгрузками.

Для учета влияния на параметры системы минимального интервала между разгрузками материала в выражение для расчета вместимости бункера следует ввести поправочный коэффициент [2].

$$k = 1 - \lambda a$$

где λ – интенсивность разгрузок; a – минимальный интервал между разгрузками.

С увеличением минимального интервала между разгрузками автосамосвалов при неизменном его среднем значении, равном $1/\lambda$, уменьшается возможный диапазон случайных колебаний продолжительности интервала между разгрузками автосамосвалов. При этом улучшаются условия функционирования приемного бункера благодаря повышению стабильности поступления материала, но возрастает вероятность простоев автосамосвалов в ожидании разгрузки. В пределе при $a = 1/\lambda$ интервал между разгрузками становится величиной постоянной, поток автосамосвалов в идеале должен лишиться своей вероятностной природы, и при равномерном поступлении автосамосвалов под разгрузку отпадает необходимость в создании бункера, демпфирующего колебания потока материала. При изменении значения a от нуля до $1/\lambda$ значение k изменяется от единицы до нуля. При классическом потоке требований (в нашем случае порций горной массы, поступающей в бункер при разгрузках автосамосвалов) $k = 1$, а при равных интервалах между разгрузками автосамосвалов $k = 0$, т.е. проверка граничных условий четко свидетельствует о правомерности поправочного коэффициента для расчета вместимости бункера.

При использовании дробильных установок для подготовки горной массы к конвейерному перемещению и конвейерного транспорта в качестве вторичного транспортного звена интенсивность обслуживания в дробильной установке и на конвейере может быть принята постоянной.

Введение в расчетную формулу поправочного коэффициента позволяет получить следующее выражение для определения вместимости бункера:

$$W = \frac{(1 - \lambda a)\psi^2 q}{2(1 - \psi)},$$

где $\psi = \lambda/\mu$ – коэффициент использования системы; μ – интенсивность прохождения порций материала через дробильную установку; q – объем единичной порции материала, поступающего в бункер.

При 10%-ном запасе производительности дробильной установки коэффициент использования транспортной системы ψ равен 0,9. При выборе вместимости приемного бункера передвижной дробильной установки производительностью 4300 т/ч производительность автотранспортного звена принята равной 3870 т/ч, тогда $\psi = 0,9$. Максимальный интервал между разгрузками автосамосвалов грузоподъемностью 75, 110 и 180 т определен по их техническим характеристикам. Интенсивность поступлений породы в приемный бункер установки зависит от грузоподъемности применяемых автосамосвалов. Рассмотрена возможность оборудования приемного бункера одним и двумя постами разгрузки автосамосвалов, так как при заданной производительности автотранспорта средний интервал между поступлениями автосамосвалов грузоподъемностью 75 т на разгрузочную площадку меньше технически возможного минимального интервала между разгрузками автосамосвалов данной грузоподъемности с одного поста. Результаты расчета вместимости приемного бункера дробильной установки приведены в таблице.

Параметры	Грузоподъемность автосамосвала, т (объем горной массы в кузове, м ³)					
	75	(44,9)	110	(65,9)	180	(107,8)
Число постов разгрузки у бункера	1	2	1	2	1	2
Средний интервал между поступлениями автосамосвалов на пост, мин.	1,10	2,32	1,69	3,38	2,78	5,56
Интенсивность разгрузок, мин.	0,86	0,43	0,59	0,295	0,36	0,18
Минимальный интервал между разгрузками, мин.	1,32	1,32	1,58	1,58	1,7	1,7
Расчетная вместимость бункера, м ³	-	78,6	18,1	142,5	169,4	303

Анализ данных, приведенных в таблице, показал, что использование автосамосвалов грузоподъемностью 75 т возможно только при оборудовании бункера двумя постами разгрузки. При наличии одного поста автосамосвалы данной грузоподъемности не обеспечивают требуемую производительность комплекса. При двух постах разгрузки вместимость бункера должна превышать в 1,75 раза объем горной массы в кузове автосамосвала. В то же время при двух постах возможна практически одновременная разгрузка двух автосамосвалов. При этом вместимость бункера должна не менее чем в два раза превышать объем горной массы в кузове автосамосвала, т.е. быть 90 м³.

При использовании автосамосвалов грузоподъемностью 110 т и наличии одного поста разгрузки расчетная вместимость приемного бункера составляет 18,1 м³. Такая вместимость не соответствует условию беспрепятственной разгрузки автосамосвала. Поэтому для этих автосамосвалов вместимость бункера при наличии одного поста должна приниматься равной не менее 66 м³. Минимальное расчетное значение вместимости бункера (18,1 м³) свидетельствует прежде всего о том, что при данной производительности среднее значение интервала между разгрузками автосамосвалов лишь незначительно превышает минимальное значение. Это условие накладывает крайне жесткие требования на работу автотранспорта, т. к. для его выполнения необходимо практически равномерное поступление автосамосвалов на разгрузочную площадку, что в реальных условиях горного производства не представляется возможным. Таким образом, при использовании автосамосвалов грузоподъемностью 110 т также необходимо иметь два поста разгрузки. При наличии двух постов для разгрузки автосамосвалов жесткость требования к равномерности подачи автосамосвалов снижается, но расчетная вместимость бункера увеличивается до 143 м³, что почти в 2,2 раза превышает объем горной массы в кузове автосамосвалов данной грузоподъемности. При такой вместимости бункера возможна одновременная разгрузка в него двух автосамосвалов.

В случае применения автосамосвалов грузоподъемностью 180 т и при наличии одного поста разгрузки вместимость бункера должна в 1,6 раза превышать объем материала в кузове автосамосвала, а при двух постах разгрузки – почти в три раза. В последнем случае обеспечиваются наиболее простые условия эксплуатации автотранспорта, но неоправданно завышается вместимость бункера дробильной установки.

Таким образом, при создании передвижной дробильной установки с её часовой производительностью 4300 т/ч, загружаемой автосамосвалами грузоподъемностью 75 110 т, её необходимо оборудовать двумя постами разгрузки. При применении автосамосвалов грузоподъемностью 180 т уже достаточно одного поста разгрузки. По условию прохождения материала через приемный бункер его вместимость должна составлять около 179 м³, что в 1,6 раза превышает объем материала в кузове автосамосвалов грузоподъемностью 180 т и в 2,6 раза – объем материала в кузове автосамосвалов грузоподъемностью 110 т.

Для сравнения следует отметить следующее. Расчет вместимости приемного бункера дробильной установки с использованием методов теории массового обслуживания без предлагаемого поправочного коэффициента, учитывающего технические характеристики применяемых автосамосвалов, приводит к ошибочному выводу, что при применении автосамосвалов любой грузоподъемности вместимость бункера должна более чем в четыре раза превышать объем породы в кузове автосамосвала независимо от числа постов разгрузки и возможностей автотранспорта по обеспечению заданной производительности комплекса.

Таким образом, вместимость приемного бункера карьерной дробильной установки и число постов разгрузки должны выбираться с учетом технических характеристик используемых автосамосвалов в конкретных условиях их применения.

1. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание. Теория и приложения. // М., Мир, 1985, с. 185.
2. Фадеев В.В., Чапурин Н.А. Дробильные установки на карьерах// М., Недра, 1981, с. 168.

Зикий А.Н., Волощук А.Ю., Швецов М.С.
Широкополосный малошумящий усилитель

*Инженерно-технологическая академия Южного федерального университета
(Россия, Таганрог)*

doi: 10.18411/lj-10-2018-188

idsp: 000001:lj-10-2018-188

Аннотация

Проведено экспериментальное исследование малошумящего усилителя с диапазоном рабочих частот от 10 до 145 МГц. Представлены функциональная и принципиальная схемы, описание конструкции и методика эксперимента. Результатом эксперимента являются амплитудная и амплитудно-частотные характеристики усилителя, подтверждающие заданные параметры.

Ключевые слова: усилитель, амплитудно-частотная характеристика, амплитудная характеристика, точка компрессии, отрицательная обратная связь.

Введение

Малошумящие усилители нашли широкое применение во входных каскадах радиоприемных устройств, а также в качестве усилителей промежуточной частоты приемника СВЧ. Они являются определяющими в обеспечении коэффициента шума и чувствительности приемника, поэтому их совершенствование является актуальным [1-4].

К усилителю предъявляются следующие требования:

- Полоса пропускания по уровню минус 3 дБ от максимума от 10 МГц до 145 МГц.
- Максимальный коэффициент усиления слабых сигналов не менее 20дБ.
- Верхняя граница линейности амплитудной характеристики по входу при компрессии в 1 дБ не менее 5 мВ.
- Входное и выходное сопротивление 50 Ом.
- Питание +18 В.

Перечисленные выше требования можно выполнить как в усилителе на транзисторах, так и на микросхемах. В данной работе будет исследован усилитель на транзисторах.

Схема и конструкция

Функциональная схема усилителя приведена на рисунке 1. Усилитель состоит из двух широкополосных каскадов с коррекцией АЧХ в области верхних частот на