Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXXXVII, 1981 г.

УДК 622.232.75

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА НАГРУЗОК ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ

В.В.ГАБОВ, В.П.ОКОЛОКУЛАК

В систематическом контроле ресурса и его использовании в расчетах хозяйственной деятельности технических служб шахт заложен значительный резерв повышения эффективности эксплуатации очистных комбайнов. В частности, появляется возможность эксплуатировать машины по их „техническому состоянию" [I].

Начальный ресурс комбайнов зависит от совершенства их конструкции и качества изготовления и может оцениваться определительными неразрушающими стендовыми испытаниями на заводе-изготовителе, а восстановленный ресурс - аналогичными испытаниями на ремонтных заводах [2, 6]. Методики стендовых испытаний должны учитывать особенности и продолжительность нагрузок комбайнов при эксплуатации.

Остаточный ресурс зависит от горно-геологических условий, времени и режима работы и может оцениваться на основе показаний измерительных приборов, контролирующих нагрузки и время работы комбайнов [4, 5].

Для систематического контроля ресурса комбайнов необходимо решить следующие задачи:

I) создать промышленные образцы приборов контроля времени и режимов работы комбайнов, позволяющих учитывать расходуемый ресурс;

2) создать стенды и разработать методики определительных и контрольных испытаний комбайнов, позволяющих оценить начальный и восстановленный ресурс с учетом предполагаемых условий эксплуатации;

3) накопить представительный „банк" эталонов нагрузок по типам комбайнов и условиям их эксплуатации на основе шахтных замеров нагрузок и разработать соответствующие типовые эквивалентные нагрузки.

В плане решения третьей задачи Воркутинский механический завод совместно с ЛГИ проводил замеры нагрузок очистных комбайнов на шахтах Воркутинского бассейна. Осциллографировались текущие значения активной мощности P_1, потребляемой двигателем комбайна из сети, тока I, напряжения U, скорости $V_П$ и усилия подачи $F_П$. При оценке характера нагрузок текущие значения контролируемых параметров во времени рассматривали как случайный

процесс, зависящий от большого числа факторов: крепости угля, количества твердых включений, отжима и угла падения пласта, состояния резцов, режима работы машины, текущие значения которых трудно или вообще невозможно учесть. Известно, что такой процесс можно считать стационарным эргодическим за достаточно продолжительный период по сравнению с интервалом корреляции (например, межремонтным периодом) [3].

Однако необходимость учета наивысших частот и техника измерений не позволяют производить достаточно продолжительные записи процесса. Это потребовало постановки следующей методики эксперимента: очистной забой делили по длине на участки с постоянными, по внешним признакам, условиями, на каждом участке задавали фиксированные скорости подачи на нескольких уровнях и осциллографировали текущие значения основных параметров процесса. Условия, определяющие нагрузку на коротком участке лавы (2-3 м), не имеют видимых изменений, причем скорость подачи постоянна, поэтому процесс принимался за стационарный эргодический по физической картине разрушения массива. Проверочный анализ реализации с различными точками отсчета показал, что средневыборочное значение $M(P)$ и дисперсия $Д$ практически не изменялись.

Путем сравнения вероятностных оценок процесса каждого участка при различных значениях скорости подачи (величине нагрузки), а также различных участков лавы и типов комбайнов предполагается выявить определенные общие и частные особенности формирования нагрузок комбайнов. Длительность отдельных реализаций принималась от 3 до 12 с в зависимости от скорости подачи комбайна на участке лавы 2-3 м.

Осциллограммы по параметру активной мощности преобразовывали в цифровую форму. Для рассматриваемых комбайнов (КШ-1КГ, 2К-52, КШ-3М) верхняя граничная частота нагрузок по выходной активной мощности не превышает f_0 = = 12,5 Гц, поэтому интервал дискретизации процесса по времени

$$\Delta \leqslant \frac{1}{2f_0} = \frac{1}{2 \cdot 12{,}5} = 0{,}04 \text{ с}.$$

Массивы, представленные к анализу, содержали от 300 до 600 значений. Частота 50 Гц при записи напряжения и тока четко разделяет по времени процесс на интервалы 0,02 и 0,04 с, что упрощает обработку осциллограмм. Для контроля влияния на результат величины интервала Δ были выполнены расчеты по одной и той же реализации по массивам, полученным при Δ = 0,01; 0,02 и 0,04 с. За основную величину массива принято N = 600 значений.

Порядок вычислений следующий. Случайная величина X_p приводилась к размерности через масштаб K_p = 3,0 кВт/мм:

$$X_i = X_p K_p .$$

Средневыборочное значение

$$M(P) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} X_i ,$$

где i - порядковый номер числа в массиве.

Отклонение случайной величины от среднего

$$\overset{\circ}{X}_i = X_i - M(P).$$

Дисперсия и среднеквадратичное отклонение

$$Д = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\overset{\circ}{X}_i^2 \; ; \quad \sigma = \sqrt{Д}.$$

Выборочные значения нормированной автокорреляционной функции

$$\rho(\tau) = \frac{1}{(N-r)Д}\sum_{i=1}^{N-r}\overset{\circ}{X}_i\overset{\circ}{X}_{i+r},$$

где r - порядковый номер разности (шага), $r = 0, 1, \ldots, N/2$.

Сглаженная оценка спектральной плотности гармоники порядка $K = 0, 1, 2, \ldots, m$ реализации $X(t)$ стационарного случайного процесса определялась по формуле

$$q_K = q_X(f) = q_X\left(\frac{kf_0}{m}\right) = 2\Delta\left(1 + \sum_{r=1}^{m-1} Д_r\,\rho(\tau)\cos\frac{\pi rK}{m}\right),$$

где $0 \leqslant f \leqslant f_0$; на $(m+1)$-й частоте $f = K f_0/m$; $m = 0{,}5\,N$ - максимальное число шагов.

При $\Delta = 0{,}02$ с

$$q_X(f) = 0{,}04 + 0{,}08\sum_{r=1}^{m-1} Д_r\,\rho(\tau)\cos\frac{6{,}3rK}{N},$$

где корреляционная весовая функция

$$Д_r = Д(r\Delta) = \begin{cases} \frac{1}{2}\left(1 + \cos\frac{\pi r}{m}\right) & \text{при } r = 0, 1, 2, \ldots, m \\ 0 & \text{при } r > m \end{cases},$$

причем $Д_0 = 1$ и $Д_m = 0$.

Расчеты для трех типов комбайнов проводились на ЭВМ типа ЕС-2 Воркутинского вычислительного центра. Полученные статистические характеристики (математическое ожидание, дисперсия, нормированные автокорреляционная функция и спектральная плотность) позволили провести сравнительный анализ реализаций и выяснить некоторые их особенности.

Процесс нагрузок очистных комбайнов в общем случае нельзя считать стационарным, так как средний уровень нагрузок комбайнов может быть устойчивым и различным для разных забоев и шахт. Дисперсия и спектральная плотность существенно изменяются с увеличением средней нагрузки.

Общей особенностью нагрузок комбайнов является наличие в процессе двух сравнительно узких полос частот (рис.1), преобладающих по общему вкладу в дисперсию, независимо от уровня нагрузки, горно-геологических условий и типа комбайна, т.е. всем типам рассмотренных в работе комбайнов свойственно преобладание двух зон частот колебаний нагрузок. Верхние частоты в процессе не превышают 8-9 Гц (см.таблицу).

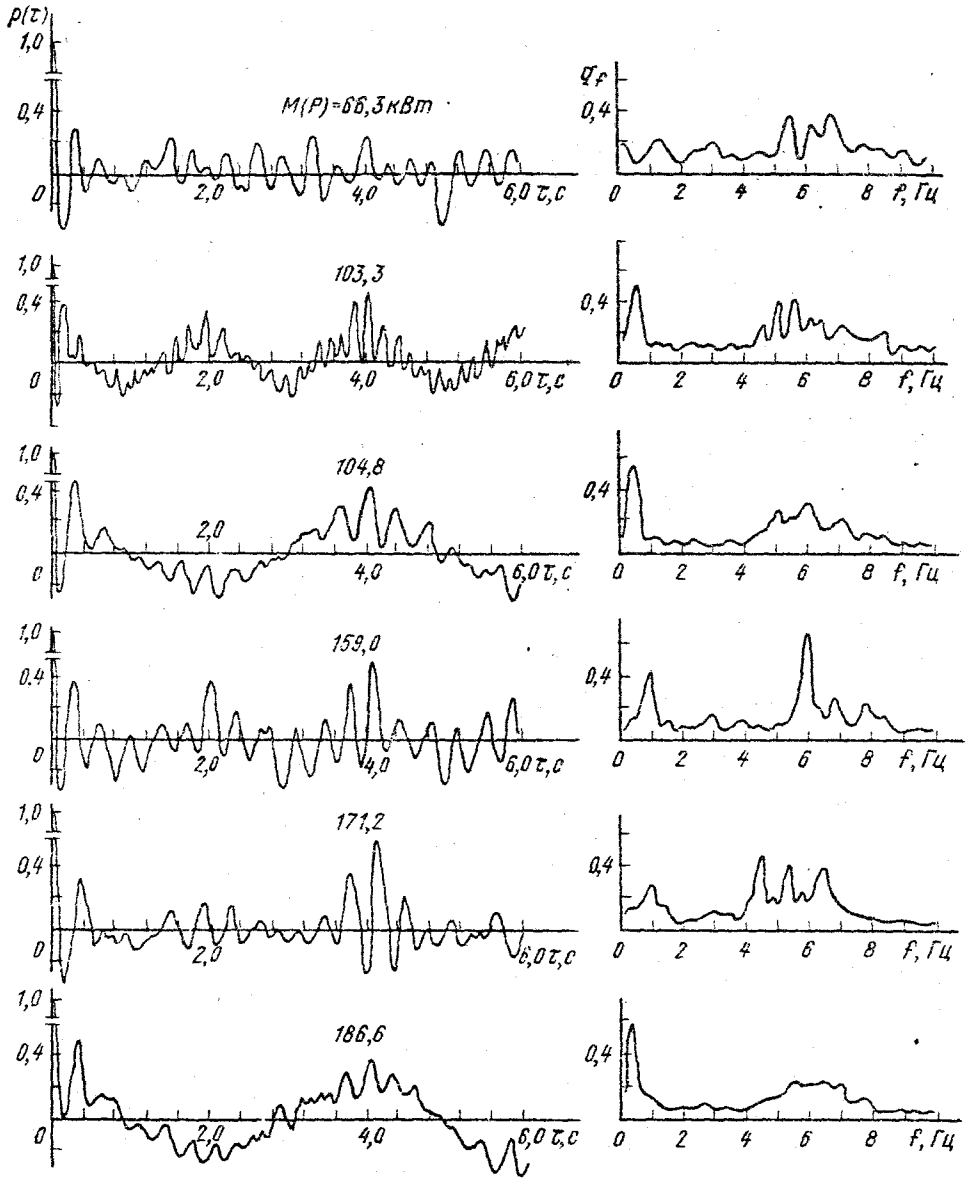


Рис.1. Нормированные автокорреляционные функции комбайна КШ-3М шахты „Полысаевская" при различных средневыборочных значениях (а) и соответствующие им спектральные плотности (б)

Максимальные значения спектральной плотности в 2-5 раз и часто на порядок выше средней по частотам $0 \leq f \leq 10$ Гц.

Установлено, что с увеличением нагрузки $M(P)$ дисперсия (комбайны КШ-3М, КШ-1КГ) возрастает (рис.2), а при перегрузках начинает снижаться. Причем значения спектральной плотности процесса снижаются при расширении

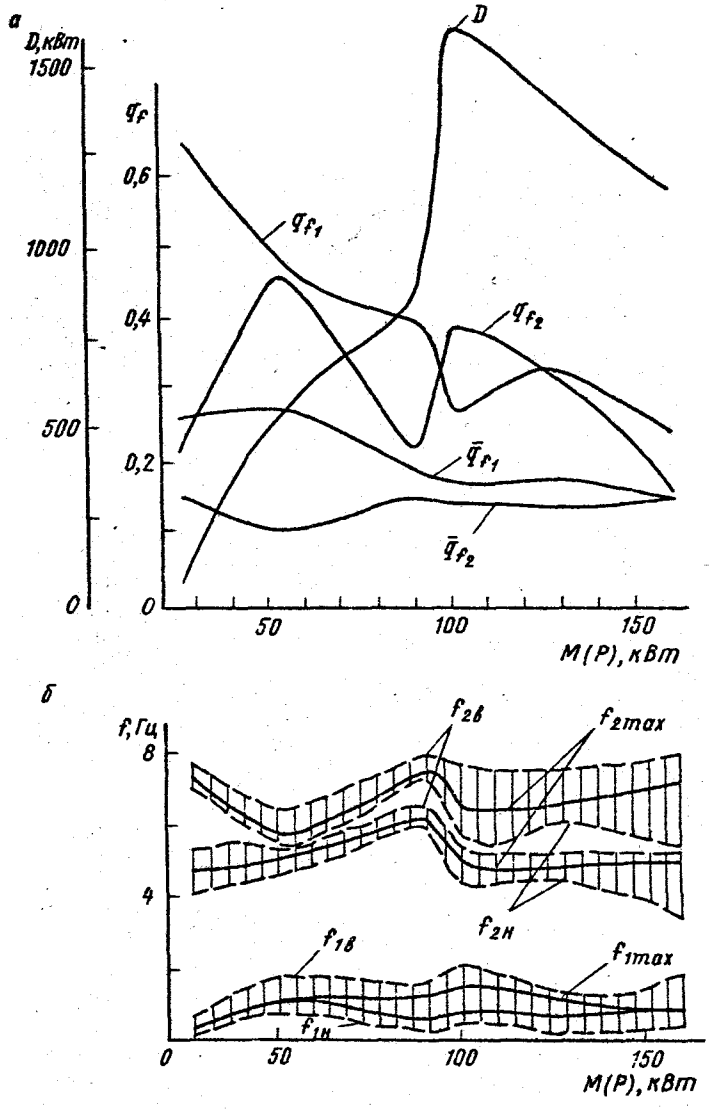


Рис.2. Основные статистические характеристики нагрузок комбайна КШ-1КГ шахты „Воргашорская" в зависимости от средневыборочного значения

зоны частот и появлении второго максимума, для комбайна КШ-3М спектральная плотность увеличивается за счет сужения зоны частот с существенным вкладом в дисперсию.

Низкие частоты (f_1) с уровнем спектральной плотности выше средней ($\bar{q}_{f_1}$) для комбайна КШ-1КГ составляют 0,1-2,2 Гц, а при максимальной плотности ($q_{f_1 max}$= 0,24-0,65) зона частот уменьшается до значений $f_{1\,max}$ = = 0,2-1,6 Гц.

Основные оценки по реализациям нагрузок комбайна КШ-3М подсчитывались по массивам, образованным с интервалом дискретизации Δ = 0,01; 0,02 с.

Основные параметры оценок, характеризующих нагрузки комбайна КШ-1КГ (шахта „Воргашорская")

Оценка	Номер осциллограммы и кадра					
	1В 2-35	2В 2-39	3В 2-34	4В 1-8	5В 1-23	6В 2-26
$M(P)$, кВт	26	52	91	99	125	160
$Д$, кВт^2	67	534	838	1620	1445	1171
σ, кВт	8	23	29	40	38	34
f_{1H}, Гц	0,1	0,8	0,2	0,5	0,2	0,3
f_{1B}, Гц	0,5	1,9	1,6	2,2	1,4	2,0
f_{1max}, Гц	0,2	1,2	0,5; 1,2	1,3; 1,6	0,8; 1,2	1,0
f_{2H}, Гц	7,1; 4,0	4,6	5,8; 7,0	4,2; 5,3	4,4; 6,0	3,0; 5,0
f_{2B}, Гц	7,6; 5,2	7,0	6,4; 7,8	5,3; 7,6	5,2; 7,5	5,4; 8,0
f_{2max}, Гц	7,3; 4,7	4,9	6,2; 7,5	4,8; 6,3	4,8; 6,2	4,8; 7,1
q_{f_2max} -	0,22	0,46	0,22	0,39	0,32	0,15
q_{f_1max} -	0,65	0,48	0,40	0,27	0,34	0,24
$\bar{q}_{f_1}$ -	0,16	0,10	0,16	0,15	0,15	0,16

Примечание. f_{1H}, f_{2H}, f_{1B}, f_{2B} - значения частот начала и конца зоны, где уровень спектральной плотности переходит границу среднего по значения; f_{1max} и f_{2max} - значения частот, которым соответствуют максимальные значения спектральной плотности q_{f_1max} и q_{f_2max}; $\bar{q}_{f_1}$ - средний уровень спектральной плотности („равномерного" спектра по частотам).

Получены близкие значения. На графиках спектральных плотностей не появлялось лишних значимых (ложных) пиков.

На высоких частотах вклад в общую дисперсию для комбайна КШ-1КГ увеличивается за счет расширения зоны частот ($f_{2B} - f_{2H}$). При максимальных значениях плотности (q_{f_1max}, q_{f_2max}) частоты довольно устойчивы и изменяются от 4,8 до 7,4 Гц. Аналогичные выводы можно сделать и для комбайна КШ-3М.

Особенно четко выделяются частоты нагрузок с высокой амплитудой на комбайне 2К-52 (шахта „Заполярная"), причем спектральная плотность процесса резко возрастает на частоте f_2 и несколько снижается на частоте f_1.

Ограниченность исследований как по типам комбайнов, так и по условиям эксплуатации не позволяет делать широких обобщений. Необходимо продолжить замеры нагрузок комбайнов с целью набора дополнительных данных для установления осредненных численных значений основных параметров, характеризующих динамику нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биргер А.И. Техническая диагностика. М., Машиностроение, 1978.

2. ГОСТ 11986-73. Комбайны очистные узкозахватные. Введен с 1.07.75. 1973.

3. Докукин А.В., Красников Ю.Д., Хургин З.Я. Корреляционный анализ нагрузок выемочных машин. М., Наука, 1976.

4. ИГД им. А.А.Скочинского. Временная методика сбора и обработки информации о ресурсе очистных комбайнов хемотронными концентраторами информации. М., 1977.

5. Разработка методики и создание стенда для испытания после ремонта комбайнов для условий объединения „Воркутауголь". Отчет по х/д 743/ЛГИ. Руководитель работы М.Д.Коломийцов. № ГР 76083580. Л., 1977.

6. Семенча П.В., Гольдбухт Е.Е., Зислин Ю.А. и др. Совершенствование стендовых испытаний горношахтного оборудования. Обзор. М., изд.ЦНИЭИуголь, 1977.