Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XXXIX, вып. 1, 1959 г.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЛЕБАНИЯ НАГРУЗКИ ДВИГАТЕЛЯ ЧЕРПАКОВОЙ ЦЕПИ ДРАГИ

И. Я. Эпштейн

Несмотря на то, что дражный способ разработки россыпных месторождений применяется уже в течение довольно значительного времени, имеющаяся литература по дражному делу очень бедна. Подавляющая часть монографий и журнальных статей, посвященных этому вопросу, а также смежному с ним — применению землечерпалок, носит описательный характер и лишь незначительная часть в той или иной мере приближается к вопросам теории резания грунтов.

Наиболее важным этапом при определении нагрузки, преодолеваемой двигателем черпаковой цепи, является установление значения суммарного сопротивления копания грунта, причин, вызывающих колебания нагрузки, и величины этих колебаний.

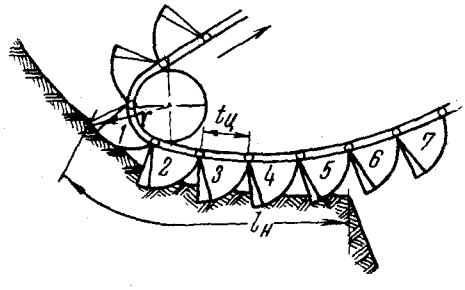


Рис. 1. Схема работы черпаковой цепи

Л. Ф. Шклярский впервые научно обосновал эти вопросы [5]. Но наряду с бесспорными выводами, полученными при анализе процессов отделения грунта от массива черпаками драги и определения суммарного сопротивления копания грунта, в работе есть некоторая неточность.

Л. Ф. Шклярский полагает, что сила трения черпака о грунт

$$F_ч = fG\frac{t}{t_ш}, \qquad (1)$$

где f — коэффициент трения черпака о грунт;
G — вес черпака;
t — текущее время;
$t_ш$ — время, в течение которого черпак проходит путь, равный по величине шагу цепи $t_ц$ (рис. 1).

При этом $F_ч$ достигает максимума при $t = t_ш$ и остается постоянным до того времени, пока черпак не начнет входить на нижний барабан, а затем начнет убывать.

В действительности дело обстоит не совсем так. Вес черпака G складывается из двух частей: веса пустого черпака G_0 и веса грунта,

находящегося в черпаке $G_{гр}$. Поскольку все пустого черпака $G_0 = \text{const}$, а вес грунта изменяется пропорционально пути (времени) наполнения, то

$$F_ч = fG_0 + fG_{гр}\frac{t}{t_н}, \qquad (2)$$

где $t_н$ — время наполнения черпака (время нахождения черпака в контакте с грунтом).

Величина $F_ч$ может достигнуть максимума в течение времени $t_ш$ лишь в том случае, если объем $Ft_ц$ будет равен емкости черпака q. Такой режим возможен только при очень мягких грунтах, когда можно (вследствие малых значений удельного сопротивления грунта) задаваться значительной толщиной снимаемой стружки. Этот случай не только не типичен, но и вреден, так как, работая на стружках, обеспечивающих наполнение черпака на весьма незначительном пути, нельзя обеспечить повышение фактической производительности драги, а можно увеличить лишь кажущуюся производительность за счет сталкивания части грунта с участка $l_н - t_ц$ в отработанное пространство.

Если в отработанное пространство сталкивается пустая порода торфа, то некоторая ее часть, попадая на металлосодержащие пески, разубоживает их. При сталкивании же песков теряется значительная часть ископаемого. Следовательно, такой режим работы недопустим.

Касаясь уменьшения величины $F_ч$ с момента входа черпака на нижний барабан, можно отметить следующее. Поскольку время наполнения черпака $t_н$ определяется величиной пути наполнения $l_н$, часть которого располагается на нижнем черпаковом барабане (см. рис. 1), и для снятия стружки определенной толщины требуется соответствующее «нажатие» черпака, нет оснований предполагать, что на этом участке пути произойдет уменьшение величины $F_ч$, т. е. величина $F_ч$ на всем пути наполнения изменяется по выражению (2), достигая максимума при $t = t_н$, а затем обращаясь в нуль. Это подтверждается и данными испытаний скреперов и драглайнов [2, 4].

Для выбора зависимостей, наиболее соответствующих действительному процессу копания грунта при драгировании, и для анализа сопротивления копания грунта $P_к$ нами изучены различные положения теории резания грунтов.

Формула В. П. Горячкина [1] сочтена наиболее приемлемой

$$P_к = F_ч + kF, \qquad (3)$$

где k — коэффициент удельного сопротивления грунта, учитывающий все сопротивления, преодолеваемые в процессе резания грунта;
F — площадь снимаемой стружки грунта.

Применяя метод Л. Ф. Шклярского для установления закономерности изменения сопротивления копанию, коэффициент удельного сопротивления грунта k в формуле (3) можно разбить на две части

$$k = k_1 + k_2, \qquad (4)$$

где k_1 — составляющая, характеризующая процесс „чистого резания“ и не зависящая от месторасположения черпака на пути заполнения;
k_2 — составляющая, учитывающая все дополнительные удельные усилия, преодолеваемые черпаком в течение $t_н$ (заполнение ковша, призма волочения), и являющаяся функцией пройденного пути, а следовательно, при постоянной скорости черпака и функцией времени.

Таким образом,

$$k = k_1 + k_2 \frac{t}{t_н}. \qquad (5)$$

Подставляя формулы (2) и (5) в выражение (3) приходим к уравнению прямой линии

$$P_к = A_к + B_к \frac{t}{t_н}. \qquad (6)$$

При $k = \text{const}$ и $F = \text{const}$:

$$A_к = fG_0 + k_1 F = \text{const};$$
$$B_к = fG_{гр} + k_2 F = \text{const}.$$

Анализ графиков сопротивления копания (рис. 2), вычисленных по формуле (6), приводит к следующим выводам.

1. Во время работы черпаковой цепи суммарное сопротивление копанию $P_{к\Sigma}$ при прочих равных условиях претерпевает не-

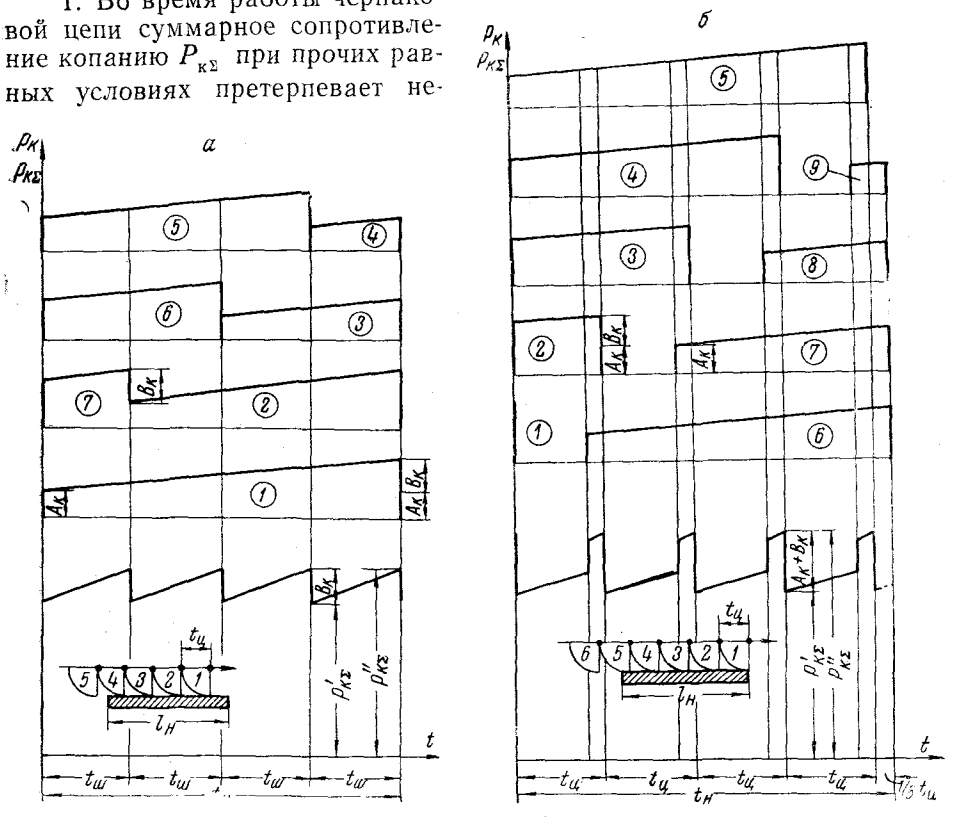


Рис. 2. Сопротивления копанию при $n_к$, выраженном:
а — целым числом; *б* — дробным числом

прерывное изменение, достигая экстремальных значений в течение времени $t_ш$ от $P'_{к\Sigma}$ до $P''_{к\Sigma}$. Колебания нагрузки при целом $n_к$ (числе черпаков, находящихся в контакте)

$$\Delta = P''_{к\Sigma} - P'_{к\Sigma} = B_к \qquad (7)$$

и при дробном

$$\Delta = A_к + B_к. \qquad (8)$$

2. Число пик мощности в единицу времени точно соответствует числу черпаков, проходящих в минуту через верхний барабан. Это подтверждается записями регистрирующего ваттметра.

Л. Е. Зубриловым установлено [3], что путь наполнения $l_н$ и коэффициент наполнения $k_н$ черпака при отработке забоя изменяются пропорционально косинусу угла поворота драги β относительно продольной оси разреза:

$$l_н = \underset{\beta=0}{l_{н\,max}} \cos\beta, \tag{9}$$

где $\underset{\beta=0}{l_{н\,max}}$ — путь наполнения черпаков при $\beta = 0$;

$$k_н = \psi(\beta) = \underset{\beta=0}{k_{н\,max}} \cos\beta. \tag{10}$$

Так как число черпаков, находящихся в контакте,

$$n_к = \frac{\underset{\beta=0}{l_{н\,max}} \cos\beta}{t_ц}, \tag{11}$$

а время наполнения пропорционально пути наполнения, то и суммарное усилие копанию при прочих равных условиях пропорционально косинусу угла поворота драги

$$P_{к\Sigma} = \underset{\beta=0}{P_{к\Sigma\,max}} \cos\beta. \tag{12}$$

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Горячкин В. П. Соч., т. III. ОГИЗ — Сельхозгиз, 1937.
2. Зеленин А. Н. Физические основы теории резания грунтов. Изд-во АН СССР, 1950.
3. Зубрилов Л. Е. Основы дражного дела. Металлургиздат, 1948.
4. Петерс Б. Р. Основы теории одноковшовых экскаваторов. Машгиз, 1955.
5. Шклярский Л. Ф. Нагрузочные диаграммы и выбор мощности главного электропривода многочерпаковых драг. Зап. ЛГИ, 1957, т. XXXV, вып. 1.