*Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXIII, вып. 1, 1972 г.*

# ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭКСКАВАТОРОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПОЛЯРЬЯ

*Б. А. Егин*

Климатические условия оказывают серьезное влияние на производительность карьерного оборудования и давно делаются попытки учесть это влияние различными поправочными коэффициентами. Так, для условий Севера рекомендуется [7] вводить поправочные коэффициенты плановой производительности по месяцам:

| Месяц | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Коэффициент | 0,7—0,8 | 0,7—0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,75—0,8 | 0,7—0,8 |

В нормах выработки и нормах технологического проектирования [3, 6] предлагается разбить районы на климатические зоны и вводить поправочные коэффициенты к нормам выработки по месяцам:

| Зона | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Январь | Февраль | Март | Апрель |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | — | — | — | 0,95 | 0,95 | — | — |
| II | — | — | 0,94 | 0,92 | 0,92 | 0,95 | — |
| III | — | 0,94 | 0,92 | 0,88 | 0,88 | 0,92 | — |
| IV | — | 0,92 | 0,91 | 0,86 | 0,86 | 0,91 | — |
| V | — | 0,91 | 0,89 | 0,85 | 0,85 | 0,89 | — |
| VI | 0,93 | 0,85 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,85 | 0,93 |

Район Кольского полуострова, например, относится к V зоне, Норильска — к VI зоне. Если зона неизвестна, то рекомендуется пользоваться поправочным коэффициентом в зависимости от отрицательной температуры воздуха (в градусах Цельсия):

| | От 0 до —10 | —(10÷20) | —(21÷30) | —(31÷40) | Ниже —40 |
|---|---|---|---|---|---|
| Коэффициент | 0,91 | 0,85 | 0,80 | 0,74 | 0,67 |

Кроме того, по данным институтов «Гипроруда» и «Центрогипрошахт» [3, 6], территория СССР разбита на три основные зоны: северную (от 60-й параллели), среднюю (центральная область, Средний Урал, средняя часть Сибири и т. д.) и южную (Украина, Казахстан, Средняя Азия). Для каждой из этих зон на основании практики работы карьеров проектировщиками устанавливается количество машино-смен чистой работы погрузочного оборудования — экскаваторов ЭКГ-3,2; ЭКГ-4,6; ЭКГ-5; ЭКГ-6; ЭКГ-8 (8и) (см. таблицу).

Деление районов СССР на климатические зоны весьма условно, так как на производительность оборудования влияют не только отрица-

**Приведенные коэффициенты снижения производительности в зависимости от числа планируемых рабочих машино-смен по климатическим зонам**

| Климатические зоны | Двухсменная работа | | Трехсменная работа | |
|---|---|---|---|---|
| | Число машино-смен | Приведенные коэффициенты | Число машино-смен | Приведенные коэффициенты |
| Северная | 510 / 480 | 0,945 / 0,965 | 725 / 720 | 0,927 / 0,967 |
| Средняя | 530 / 488 | 0,980 / 0,985 | 760 / 732 | 0,975 / 0,980 |
| Южная | 540 / 496 | 1,0 / 1,0 | 780 / 744 | 1,0 / 1,0 |

*Примечание.* В числителе — данные института «Гипроруда», в знаменателе — института «Центрогипрошахт».

тельная температура, но и скорость ветра, видимость, проходимость дорог и другие факторы, характеризующие жесткость погоды. Пока еще не предложен универсальный показатель жесткости погоды, а из всех известных наибольшим распространением пользуется критерий Бодмана [4], учитывающий температуру воздуха и скорость ветра.

Из климатологии известно [2, 4, 8], что температура воздуха изменяется в течение года по закону гармонических колебаний. В различные годы амплитуда колебаний не одинакова. При проверке этой гипотезы применительно к жесткости погоды были получены графики (рис. 1),

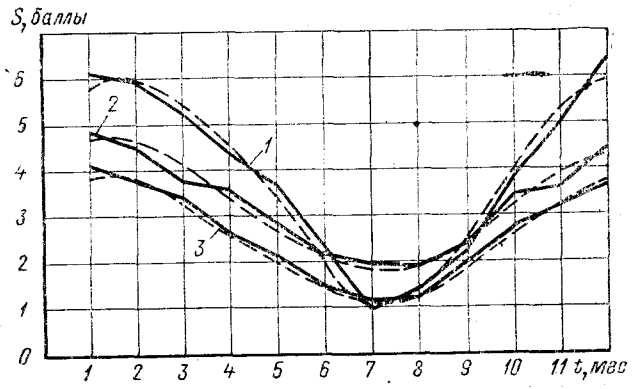



Рис. 1. Изменение жесткости погоды (по Бодману) на карьерах

*1* — «Медвежий ручей» Норильского ГМК; *2* — «Центральный» комбината «Апатит»; *3* — «Центральный» Ждановского ГОК. Сплошной линией показаны фактические данные, штриховой — расчетные

анализ которых позволяет предположить, что жесткость погоды $S$ изменяется по косинусоиде (рис. 2) вида

$$S = A \cos x + a, \qquad (1)$$

где $x$ — время года по месяцам, выраженное через фазу косинусоиды, *рад*; $A$, $a$ — коэффициенты, зависящие от района Заполярья.

Функциональную связь $x = f(t)$ можно описать линейным законом

$$x = \alpha t + \beta, \qquad (2)$$

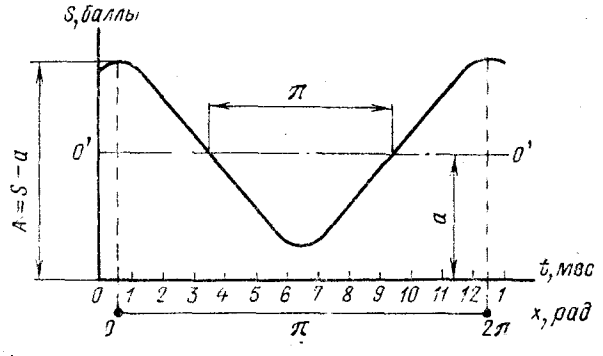



Рис. 2. График гипотезы изменения жесткости погоды

где $t$ — порядковый номер месяца; $\alpha$ — угловой коэффициент; $\beta$ — свободный член.

На основании рис. 2 находим, что

$$x = \frac{\pi}{6}(t - 0{,}5). \tag{3}$$

Тогда уравнение жесткости погоды в общем виде выразится

$$S = A \cos \frac{\pi}{6}(t - 0{,}5) + a. \tag{4}$$

Сравнение расчетных и фактических данных (см. рис. 1) показывает довольно хорошую сходимость и позволяет получить значения коэффициентов для района: г. Норильска $A=2{,}27$; $a=4{,}03$; г. Кировска (карьер «Центральный») $A=1{,}65$; $a=3{,}25$; г. Заполярного $A=1{,}47$; $a=2{,}63$.

Как показали исследования [1, 5], жесткость погоды (по Бодману) оказывает на производительность экскаваторов заметное влияние, которое может быть учтено коэффициентом снижения производительности экскаваторов

$$Q = C - BS, \tag{5}$$

где $C$, $B$ — постоянные коэффициенты для каждого района Заполярья. Для г. Норильска $C=1{,}183$, $B=0{,}045$; для г. Кировска $C=1{,}513$; $B=0{,}158$; для г. Заполярного $C=1{,}160$, $B=0{,}061$.

Подставив в формулу (5) взятые из выражения (4) значения жесткости погоды, получим значение коэффициента изменения производительности экскаваторов в зависимости от времени года в общем виде:

$$Q = C - B\left[A \cos \frac{\pi}{6}(t - 0{,}5) + a\right]. \tag{6}$$

Для определения производительности экскаваторов с учетом климатических факторов воспользуемся общеизвестной формулой

$$P = QP_{\text{р}}, \tag{7}$$

где $P_{\text{р}}$ — расчетная производительность экскаваторов для районов юга, $м^3$/мес.

Эту формулу можно представить в интегральном виде для расчета производительности экскаваторов за любой промежуток времени года:

$$P_t = \int_{t_1}^{t_2} QP_p dt, \qquad (8)$$

где $t$ — порядковый номер месяца; $t_1$ — начальный месяц отсчета; $t_2$ — конечный месяц отсчета.

Для районов юга $P_p$=const и зависит только от типа экскаватора и качества дробления горной массы. Следовательно, формулу (8) с учетом выражения (6) можно представить в виде

$$P_t = P_p \left[ (C - Ba) \int_{t_1}^{t_2} dt - BA \int_{t_1}^{t_2} \cos \frac{\pi}{6} (t - 0{,}5)\, dt \right]. \qquad (9)$$

Это уравнение дает возможность определять производительность экскаваторов для районов Заполярья за любой промежуток времени.

Чтобы получить окончательные формулы для расчета производительности экскаваторов в исследуемых районах, подставим значения коэффициентов $C$, $B$ и жесткости погоды $S$ по каждому району в формулу (9). Решив полученные зависимости относительно периода $t=t_2-t_1$, найдем окончательные уравнения вида:

для района г. Норильска

$$P_t = P_p \left[ 0{,}847 (t_2 - t_1) - 0{,}158 \sin \frac{\pi}{6} (t_2 - t_1) + 0{,}041 \cos \frac{\pi}{6} (t_2 - t_1) \right]; \qquad (10)$$

для района г. Заполярного

$$P_t = P_p \left[ 0{,}86 (t_2 - t_1) - 0{,}141 \sin \frac{\pi}{6} (t_2 - t_1) + 0{,}036 \cos \frac{\pi}{6} (t_2 - t_1) \right]; \qquad (11)$$

для района г. Кировска

$$P_t = P_p \left[ 0{,}66 (t_2 - t_1) - 0{,}314 \sin \frac{\pi}{6} (t_2 - t_1) + 0{,}082 \cos \frac{\pi}{6} (t_2 - t_1) \right]. \qquad (12)$$

Эти зависимости справедливы при целочисленных значениях $t_1$ и $t_2$ от 0 до 12.

Полученные зависимости могут быть использованы для планирования производительности экскаваторов на любой месяц или период года. Рассчитанные по формуле (9) значения поправочных коэффициентов к годовой производительности экскаваторов ЭКГ-4 (4,6) и ЭКГ-8 (8и) (при $t_2=12$, $t_1=0$) равны[1]: для г. Норильска 85,4 **; для г. Заполярного 86,5 **; для г. Кировска (плато Расвумчорр) 67,4*. Средняя величина поправочных коэффициентов по другим источникам составляет: по данным институтов «Гипроруда» 92,7, «Центрогипрошахт» 96,7; по В. В. Ржевскому 85,0; по Единым нормам выработки открытых горных работ 91,0. Как видим, расхождения заметные. Причем предложенная методика позволяет более гибко учитывать климатические особенности каждого района. Появляется также возможность успешно пользоваться при планировании прогнозами погоды. Для этого необходимо только с наибольшей тщательностью определять значения коэффициентов в формуле (9).

---

[1] Коэффициенты, помеченные одной звездочкой, учитывают работу экскаваторов, обслуживающих автомобильный транспорт, двумя — железнодорожный.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Арсентьев А. И. и др. Особенности работы горнотранспортного оборудования в условиях Заполярья. В сб. «Физика процессов, технология и техника разработки недр». Недра, 1970.

2. Берг Л. С. Климат и жизнь. Географиздат, 1947.

3. Единые нормы выработки на открытые горные работы для предприятий горнодобывающей промышленности ЦБПН по труду. Госгортехиздат, 1962.

4. Завьялова И. Н. Некоторые сведения о суровости погоды в Арктике. В сб. «Климатология и радиационный режим Арктики». Тр. Арктич. и Антарктич. ин-та, т. 273, 1966.

5. Михайлов Г. С., Жуков А. В., Егин Б. А. Влияние климатических факторов на работу карьерного оборудования. В сб. «Проблемы работы карьеров Севера». Изд. ЛГИ, 1968.

6. Нормы технологического проектирования горнорудных предприятий черной металлургии с открытым способом разработки. Изд. ин-та «Гипроруда», 1966.

7. Ржевский В. В. и др. Открытые горные работы в сложных условиях. Недра, 1967.

8. Яковлев Б. А. Климат Мурманской области. Мурманское книжн. изд-во, 1961.