

Виходячи з цього, отримуємо, що загальний характер коливань на робочому органі при його роботі визначається:

- основною частотою ν_1 , що визначається коливанням від входу-виходу модуля робочого органу;
- додатковою частотою ν_2 , що визначається коливанням від входу-виходу лінії різальних елементів робочого органу;
- випадковою складовою, що визначається варіацією сил різання.

Визначення повного спектру частот коливання на робочому органі, дозволяє утворювати відповідне загальне навантаження $Q(t)$, що в свою чергу обумовлює проведення силового та міцнісного розрахунків землерийної машини з урахуванням адаптивних властивостей її робочого органу до робочого середовища.

Література

1. Ветров Ю.О., Власов В.В. Машини для земляних робіт. Приклади розрахунку. К.: ІСДО, 1995. – 304 с.
2. Баладинский В., Смирнов В., Фомин А., Доу М., Спектор М., Вольф Л. Теория разрушения рабочих сред. – К.: Техніка будівництва, 1999. – 230 с.
3. Минцер О.П., Угаров Б.Н., Власов В.В. Методы обработки медицинской информации. – К.: Вища школа, 1991. – 272 с.

УДК 624.132.3

*М.К. Сукач, д-р техн. наук, профессор КНУСА,
С.А. Никитенок (КНУСА)*

ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ ОПТИМИЗАЦИИ СЕЛЕКТИВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА

Введение

Совершенствование подводных землеройных машин возможно путем оптимизации рабочих органов за счет установления их рациональных параметров. В соответствии с принципами оптимизации землеройных машин, предложенными Е.Н.Кудрявцевым [1], В.П.Станевским [2] и др., для установления рациональных параметров рабочих органов необходимо определить целевую функцию, варьируемые параметры, параметрические и функциональные ограничения. Обычно в качестве целевых функций принимают энергоемкость разработки грунта (отношение мощности машины к ее производительности $\mathcal{E} = M/P$), максимальную или удельную силу сопротивления на рабочем органе.

Если производительность традиционных землеройных машин определяют по объему разработанного грунта, то для агрегатов сбора донных полезных ископаемых производительность находят по весу собранных конкреций, количество которых существенно зависит от величины просоров

$$P = P_T K_{np},$$

где P_T - теоретическая производительность; K_{np} - коэффициент учета просора конкреций. Для рабочих органов, содержащих селективный отвал и устройство принудительной отгрузки, просор определяется потерями конкреций, которые проходят между режущими элементами отвала K_S и в углублениях микрорельефа дна K_h :

$$K_{np} = K_S K_h.$$

Изложение основного материала

Железомарганцевые конкреции, залегающие на океаническом дне, представляют собой тела сфероидальной и эллипсоидальной формы. В качестве определяющего размера d выбирают среднее арифметическое линейных размеров тела по трем взаимно перпендикулярным осям. На рис. 1 представлена гистограмма распределения валового веса по размерам океанических конкреций.

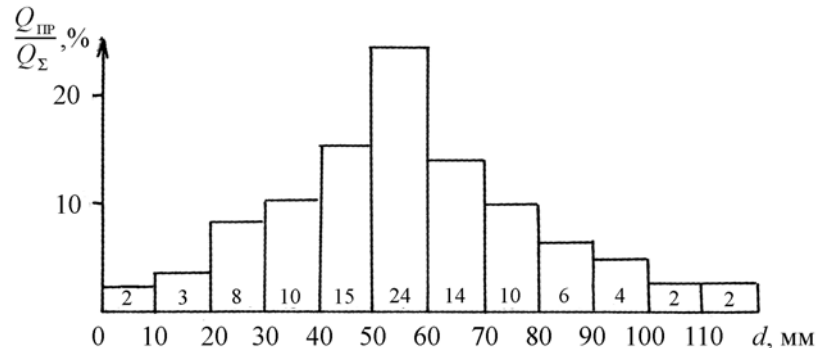


Рис. 1. Распределение веса конкреций по размерам

Числовыми характеристиками этого статистического распределения являются математическое ожидание \bar{d} и дисперсия $D(d)$. Проверка по критерию Пирсона [3] показала, что в данном случае может быть принята гипотеза о нормальном законе распределения. Вероятность того, что встреченный размер конкреций d окажется меньше расстояния между режущими элементами S , определяется по формуле:

$$\Phi(d < S) = \frac{1}{D(d)\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^S e^{-\frac{(d-\bar{d})^2}{2D(d)^2}} \partial d. \quad (1)$$

После интерполирования табличных значений вероятности (1) в пределах изменения величины d от 0 до 40 мм, получена приближенная зависимость

$$\Phi(d < S) = 2,31 \cdot 10^{-4} S^2. \quad (2)$$

Так как рассматриваемое распределение построено по значениям валового веса конкреций, вероятность (2) определяет долю потерянных конкреций по отношению к весу залегающих на дне конкреций, $Q_{пр}/Q_{\Sigma}$. Поэтому коэффициент K_S может быть записан в виде

$$K_S = 1 - \Phi(d < S) = 1 - 2,31 \cdot 10^{-4} S^2.$$

Для оценки потерь конкреций в углублениях микрорельефа использовано статистическое моделирование на ЭВМ. Сечение микрорельефа задавали, исходя из известных допущений [4], в виде гармонического ряда со случайными коэффициентами [5]

$$Z_i = \sum_{j=1}^n a_{1j} \sin(ja_{2j} + a_{3j}),$$

где Z_i - ордината рельефа; a_{1j} - случайный коэффициент, отражающий амплитуду рельефа и имеющий нормальное распределение $a_{1j} \in N(0, \sigma/j)$; a_{2j} - случайный коэффициент, отражающий горизонтальный размер неровностей и имеющий нормальное распределение $a_{2j} \in N(\pi, \sigma)$; a_{3j} - случайный коэффициент, обеспечивающий смещение гармоник и распределенный по нормальному закону $a_{3j} \in \text{Rav}(0, 2\pi)$.

При генерации случайного сечения рельефа (6) определено положение движителей землеройной машины $Z(0)$, $Z(L)$ и отклонение рельефа от линии, проведенной между этими точками (рис. 2),

$$Z'_i = \frac{Z(L) - Z(0)}{L} X_i + Z_i.$$

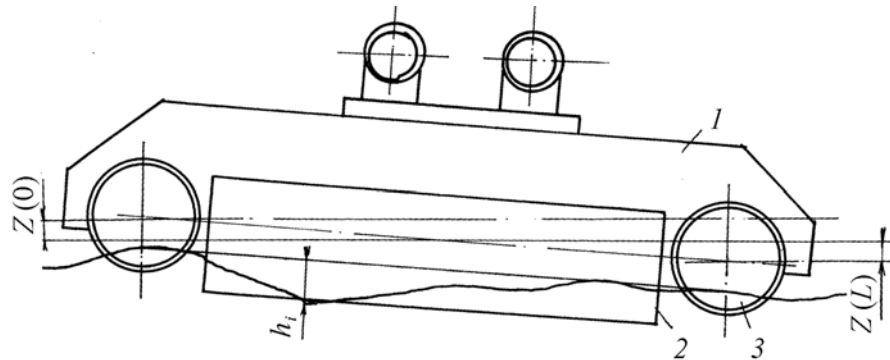


Рис. 2. Подводная землеройная машина на рельефе (вид спереди):
1 – корпус; 2 – рабочий орган; 3 – двигатель

Отсчитывая определенное количество шагов программы l , для которых отклонение рельефа больше глубины разработки $Z'_i > h$, определяли текущее значение коэффициента потерь конкреций в углублениях рельефа.

$$K_{hij} = \frac{1 - l_i}{L}.$$

Статистическая обработка данных позволила вычислить значение K_{hj} для каждого значения переменной h_j . Интерполируя полученные значения смещенной гиперболической функцией, получена приближенная зависимость:

$$K_h = \left(1 - \frac{40}{h + 150}\right).$$

Алгоритм программы, реализующей статистический эксперимент, представлен на рис.3. Учитывая вышесказанное, можно определить производительность Π , являющуюся функцией глубины разработки h и расстояния между режущими элементами S :

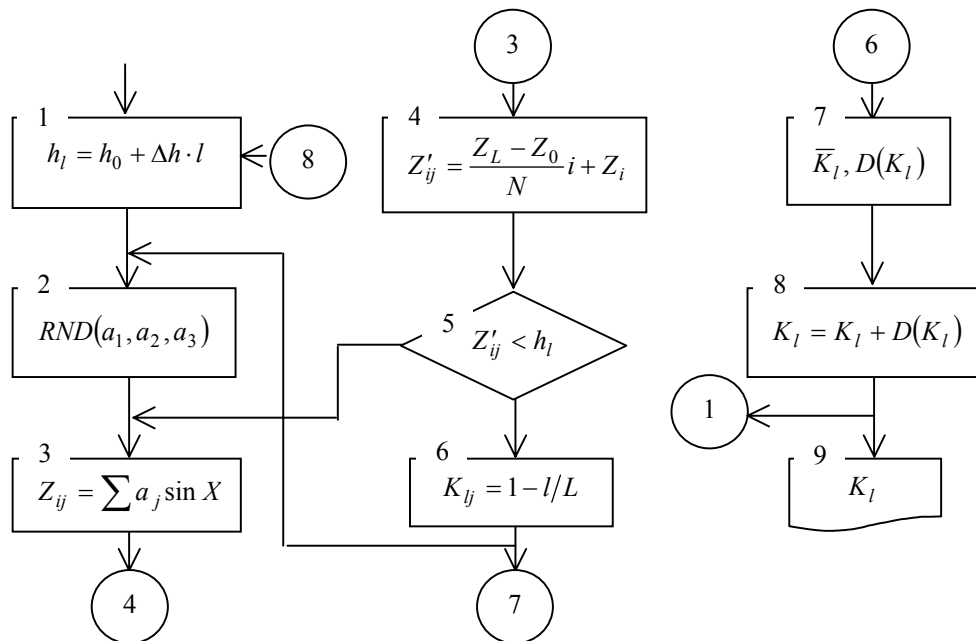


Рис. 3. Алгоритм программы, моделирующей рельеф грунта



$$\Pi = f(h, S)\Pi_r = (1 - 2,31 \cdot 10^{-4} S^2) \left(1 - \frac{40}{h + 150}\right) \Pi_r.$$

Мощность, затрачиваемая на разработку грунта с включениями конкреций, которая необходима для определения энергоёмкости процесса, определяется произведением скорости передвижения машины v на рабочую нагрузку P . В исследованиях Н.Г.Домбровского, Ю.А.Ветрова, А.Н.Зеленина, В.И.Баловнева, Л.А.Хмары и др. установлено, что основной составляющей нагрузки землеройных машин является сопротивление резанию грунта, определяющие факторы которого – глубина разработки h , ширина ножа b , угол резания α . Нагрузка на составной рабочий орган зависит также от расстояния между единичными режущими элементами S . Поэтому энергоёмкость резания, как целевая функция совершенствования селективного рабочего органа, может быть представлена в виде функциональной зависимости от его параметров

$$\Theta = \frac{Pv}{\Pi} = \left[\frac{f(h, S)\Pi_r}{\varphi(h, b, \alpha, S)v} \right]^{-1} \rightarrow \min.$$

Выводы

Проектирование рациональных параметров рабочих органов, функционирующих в условиях селективной выемки, должно предусматривать снижение энергоёмкости и рабочих нагрузок землеройных машин при обеспечении достаточно высокой производительности по конкрециям, исключении просоров и забутовки перед отвалом.

Этого можно достичь путем:

- анализа взаимодействия селективных рабочих органов с грунтом и экспериментального определения функциональных ограничений параметров рабочего органа в зависимости от режимов его взаимодействия с грунтом;
- установления зависимостей эксплуатационной нагрузки от параметров рабочего органа;
- оптимизации параметров рабочего органа по минимуму энергозатрат;
- проверки полученных функциональных ограничений и зависимостей при модельных испытаниях рабочего органа.

Литература

1. Кудрявцев Е.М. Научные основы синтеза и оптимизации параметров систем машин для земляных работ. – Автореферат дис. д-ра техн. наук: 05.05.04. – М., 1979. – 52 с.
2. Станевский В.П. Совершенствование рабочего процесса землеройных машин. – К.: Высшая школа, 1984. – 128 с.
3. Уитл П. Вероятность // Пер. с англ. – М.: Наука, 1982. – 288 с.
4. Шалыгин А.С., Палагин Ю.И. Прикладные методы статистического моделирования. – Л.: Машиностроение, 1986. – 320 с.