

УДК 621.879.34(07)

**ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СКРЕПЕРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТРАЕКТОРИЯХ
КОПАНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУНТА**

Ничке В.В., Ермакова Е.А., Мельник О.А.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Введение. Разработка новых эффективных, ресурсосберегающих технологий проведения земляных работ требует совершенствования рабочих органов землеройно-транспортных машин, повышения их надежности на основе системного подхода, т.е. строгого системного характера анализа и синтеза объекта. Системный анализ заключается в том, что исследование объекта проводится не однофакторно, а системно, т.е. корректный результат может быть достигнут лишь при многофакторном подходе.

Повышение эффективности механизации строительства достигается совершенствованием как средств производства, так и системы их использования. Основной путь повышения эффективности скреперов, как и других технологических машин, повышение их производительности и надежности. Две основные характеристики машины, определяющие ее эффективность, это технический и производственный потенциалы; первый из них определяется надежностью машины, второй – производительностью.

Вопросы повышения надежности интенсификацией рабочего процесса машины рассматривались в работах [1, 2], здесь мы остановимся на возможностях повышения производительности.

Цель работы. Определение рациональных параметров траекторий копания и транспортировки грунта на основе анализа усилий копания при наборе и последующих транспортных операциях.

Результаты исследований. При копании грунта скреперами применяются различные схемы резания: со стружкой постоянной толщины, с клиновой схемой и схемой последовательных заглаблений – выглаблений. Время наполнения ковша скрепера определяется на основе следующих зависимостей:

$$\begin{aligned}
 t_k &= l_k / V_k ; \\
 l_k &= q_k k_n / k_p B h_{npus} ; \\
 h_{npus} &= h - h_{min} (1 - B_c / B) ; \\
 B h_{npus} &= (P_k - W_n) / k_k ; \\
 P_k &= T - G_{c+z} (f \pm i) ; \\
 T &= G_{cu} j ; \quad G_{cu} = G_T k_{cu} ; \\
 V_k &= V_m (1 - d_k) ; \quad V_m = a_N N_{\delta\delta} / T ; \\
 N_{\delta\delta} &= N_{\delta} h_T ; \quad V_c = q_k k_n / k_p + \Delta q_k ; \\
 \Delta q_k &= k_{II} l_k
 \end{aligned}$$

где l_k и V_k - путь и средняя скорость наполнения ковша вместимостью q_k ; h_{npus} , h , h_{min} , - приведенное, текущее и минимальное значение глубины

копания грунта; B , B_c , - соответственно ширина копания и ширина среднего ножа скрепера; P_k - усилие копания; W_n - сопротивление наполнению ковша скрепера с учетом сопротивления призмы волочения; K_k - удельное сопротивление копанию; T - тяговое усилие трактора; G_{c+z} - сила тяжести скрепера с грунтом; f , i - сопротивление перемещению и величина уклона; G_{cu} и G_T - сцепная и полная сила тяжести тягача; k_{cu} и j - коэффициенты использования веса и сцепления движителей с грунтом; V_k , V_m - действительная и теоретическая скорости машины при копании; d_k - коэффициент буксования при копании; $N_{\delta\delta}$ и N_{δ} - мощность на движителях и мощность двигателя; $a_N = 102$ - коэффициент пересчета мощности; h_T - коэффициент полезного действия трансмиссии; V_c - вырезанный объем грунта; k_n и k_p - коэффициенты наполнения ковша и разрыхления грунта; Δq_k - объем потерь грунта в боковые валики; k_{II} - коэффициент потерь грунта.

При резании стружкой постоянной толщины уравнение тягового баланса представляется в виде

$$T = \Sigma W = k_k B h_{npus} + q_k k_n g_p x \left[\frac{y m_1 + x}{a} + k_q + (f \pm i) \right] + G_c \cdot (f \pm i) \quad (1)$$

Отсюда следует

$$h_{npus} = \frac{G_T k_{cu} j - q_k k_n g_p \cdot \left[\frac{y m_1 + x}{a} + k_q + (f \pm i) \right] - G_c \cdot (f \pm i)}{B \cdot k_k} \quad (2)$$

Здесь $g_p = g / k_p$ - плотность рыхлого грунта; γ - неразрыхленного; y - коэффициент связи между объемом призмы и объемом грунта в ковше; μ - коэффициент трения грунта по грунту; $x = \sin 2r / 2$ - коэффициент, учитывающий сопротивление трению при перемещении потока грунта о грунт в ковше; a - соотношение между длиной и высотой ковша; k_q - коэффициент, учитывающий соотношение между объемом движущегося потока грунта в ковше и объемом наполнения ковша; G_c - сила тяжести скрепера; ρ - угол внутреннего трения грунта.

Тогда время наполнения ковша

$$t_k = (q_k \cdot k_n \cdot k_k \cdot G_T \cdot k_{cu} \cdot j \cdot k_n) / \left(a_N N_{\delta\delta} (1 - d_k) \{ G_T k_{cu} j - q_k k_n g_p \cdot \left[\frac{y m_1}{a} + k_q + f \pm i \right] - G_c (f \pm i) \} \right) \quad (3)$$

С учетом квалификации оператора $t_{кв} = t_k k_{кв}$.

В случае клиновой схемы копания внедрения ножа производится на максимальную глубину h_{max}

$$h_{max} = [T - G_c (f \pm i)] / B k_n .$$

Далее производится выглубление с изменением глубины, которое может быть описано на основе анализа уравнения тягового баланса при постоянном тяговом усилии

$$T = \Sigma W - k_k B h + \frac{g_p q_c [(y m_1 + x/a + k_q + f \pm i)]}{k_H [1 + k_{np} \cdot (1 + k_n)] - k_3} + G_c \cdot (f \pm i) \quad (4)$$

где кроме вышеуказанных обозначений q_c – объем вырезанного грунта; k_3 – коэффициент, учитывающий объем грунта $q_{z \max}$ поступившего в ковш при заглублении до h_{\max} ; k_{np} – коэффициент, учитывающий объем грунта q_{np} поступившего в призму волочения.

Так как величина

$$A_{ci} = g_p [(y m_1 + x)/a + k_q + f \pm i] / \{k_{Hi} [1 + k_{np} (1 + k_n)] - k_{zi}\}$$

для конкретных условий работы машины является постоянной

$$k_k B h + A_c \int_0^{t_n} B h V_k dt + G_c (f \pm i) = const \quad (5)$$

Здесь k_{Hi} – коэффициент наполнения ковша после i -го выглубления; k_3 – коэффициент наполнения ковша после i -го заглубления; n – число заглублений – выглублений.

После дифференцирования получим

$$k_k B dh + A_c B h V_k dt = 0 \quad (6)$$

При $T=const$ глубина копания в функции времени

$$h = h_{\max} \cdot e^{-\frac{A_c \cdot V_k}{k_k} \cdot t}, \quad (7)$$

а время выглубления от h_{\max} до h_{\min}

$$t_g = [k_k / A_c V_M] \ln(h_{\max} / h_{\min}) \quad (8)$$

Время заглубления

$$t_3 = a_N \cdot N_o \cdot h_T \cdot [1 - \frac{G_c}{G_T \cdot j} \cdot (f \pm i)] \cdot x(1 - d_k) / (k_y k_1 k_k B) \quad (9)$$

Суммарное время наполнение ковша

$$t_k = (t_3 + t_g) \cdot k_{ке} \quad (10)$$

При наполнении ковша по гребенчатой схеме для определения времени копания рассмотрим последовательные выглубления – заглубления

$$t_{кз} = \left[\frac{h_{\max}}{k_y \cdot k_i} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{h_{\max} - h_{\min}}{k_y \cdot k_1} \right] \cdot V_k + \sum_{i=1}^n \frac{k_k \cdot \ln(h_{\max} / h_{\min})}{A_{ci} \cdot V_k} \cdot k_{ке} \quad (11)$$

Время рабочего цикла скрепера определяется в виде

$$t_u = t_k + \left\{ \sum_{i=1}^{n1} \frac{L_{1i}}{V_{1i} \cdot k_{V_{1i}}} + \sum_{i=1}^{n2} \frac{L_{2i}}{V_{2i} \cdot k_{V_{2i}}} + \frac{q_k \cdot k_H}{B \cdot h_{омс} \cdot V_{омс}} + t_o \right\} k_{ке} \quad (12)$$

где L_{1i} и V_{1i} – длина участка транспортировки

грунта с i -той величиной сопротивления и скорость движения скрепера на этом участке; L_{2i} и V_{2i} – то же при транспортировке порожнего скрепера; n_1 и n_2 – число участков с постоянным сопротивлением при груженом и порожнем скрепере; $k_{V_{1i}}$ и $k_{V_{2i}}$ – коэффициенты уменьшения скорости; $h_{омс}$ – высота слоя отсыпки; $V_{омс}$ – скорость движения при отсыпке грунта; t_o – продолжительность останова скрепера, связанных с переключением передач, поворотом машины.

Тогда техническая Π_T производительность определится выражением

$$\Pi_T = \frac{3600}{t_u} \cdot \frac{q \cdot k_H}{k_p} \quad (13)$$

Проведенный анализ позволяет не только более точно определять производительность, но и получить временные характеристики режима нагружения машины при различных схемах копания и транспортировки.

Значительное влияние на производительность скрепера оказывает наличие интенсификаторов в ковше машины. К ним относятся направляющие потоков грунта (ГНА), элеваторная загрузка, подгребающие заслонки и др. [3]. В значительной мере производительность скреперов определяется схемой работы скреперов, наличием толкачей.

В последнее время для повышения производительности скреперов интенсифицируется разгрузка ковша скрепера элеватором, выгружающим грунт в кузов самосвала, т.е. скрепер выполняет функции грейдера-элеватора. Рабочий процесс из циклического превращается в непрерывный, производительность резко возрастает, правда количество машин в отряде увеличивается, надежность комплекса снижается.

Выводы. 1. Рассмотренная математическая модель рабочего процесса скрепера определяет зависимость производительности машины от условий эксплуатации и параметров скрепера. 2. Для повышения производительности применяются интенсификаторы процесса копания, транспортировки и разгрузки грунта, специальные схемы копания и транспортировки. Для решения этой задачи необходимо экономическое описание затрат и выгод предлагаемых вариантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Недорезов И.А. Интенсификация рабочих процессов землеройно-транспортных машин совершенствованием рабочих органов. В кн. "Исследование машин для земляных работ" сб. научных трудов ВНИИС, 1984 г. 5-11 с.

2. Ничке В.В. Исследование процессов копания связанных грунтов землеройно-транспортными машинами. Сб. "Горные, строительные и дорожные машины" изд. Техника, вып. 8, с. 43-49.

3. Наукові основи створення високоефективних землеройно-транспортних машин. /Л.Г. Кириченко, Л.В. Назаров, В.В. Нічке та інші, - Харків, ХНАДУ, 2003. -588с.

Статья поступила 28.10.2005г.
Рекомендовано к печати д.т.н., проф.
Назаровым Л.В.