

**Снижение удельной энергоёмкости технологических процессов устройства и укрепления обочин автомобильных дорог посредством определения машинокомплектов с энергоэффективными параметрами**

Довидович А.А.

Белорусский национальный технический университет

На настоящий момент при устройстве и укреплении обочин автомобильных дорог широкое применение получило специализированное высокопроизводительное оборудование, агрегируемое с тракторами и универсальными погрузчиками, образуя машинокомплект

Однако вскрыта проблема формирования машинокомплектов с энергоэффективными параметрами, которые в свою очередь должны снижать удельную энергоёмкость технологических процессов устройства и укрепления обочин автомобильных дорог.

В целях решения данной проблемы раскрыта связь между известными техническими фактами (эксплуатационная производительность, мощность, удельная энергоёмкость), а также разработана математическая зависимость эксплуатационной производительности машинокомплекта от технологических параметров (ширина распределения строительного материала, высота распределения слоя строительного материала) процессов устройства и укрепления обочин, физико-механических свойств регламентированных строительных материалов (плотность, коэффициент трения разрыхленного строительного материала по грунту, коэффициент трения разрыхленного строительного материала по отвалу), технических параметров составных единиц машинокомплекта (скорость базового транспортного средства, грузоподъёмность автомобиля-самосвала). Разработана методика, определяющая состав машинокомплектов с энергоэффективными параметрами для выполнения данного технологического цикла [1].

Основным критерием, определяющим уровень энергоэффективности машинокомплектов, является удельная энергоёмкость, которая характеризует затраты энергии на единицу производительности.

Следует закономерность, чем меньше значение удельной энергоёмкости, тем выше уровень энергоэффективности оборудования. Эксплуатационная производительность в свою очередь является показателем, который формирует удельную энергоёмкость.

Эксплуатационная производительность [2] комплекса навесного оборудования определяется по следующей формуле (1):

$$\Pi_3 = \Pi_T \times k_B, \quad (1)$$

где  $\Pi_T$  – техническая производительность навесного оборудования для устройства и укрепления обочин с базовым шасси;

$k_B$  – коэффициент эффективности процессов устройства и укрепления обочин.

Техническая производительность рассчитывается по следующей формуле (2):

$$\Pi_T = L \times h \times v \times \rho, \quad (2)$$

где  $L$  – ширина укладываемого материала, м;

$h$  – средняя высота укладываемого слоя при устройстве или укреплении обочины автомобильной дороги, м;

$v$  – технологическая скорость планирования дорожно-строительного материала, м/ч;

$\rho$  – плотность дорожно-строительного материала, т/м<sup>3</sup>.

Эксплуатационную производительность найдем с учетом коэффициента эффективности процессов устройства и укрепления обочин  $k_B$  по формуле (3).

$$k_B = 1 - \frac{n(t_n + t_o)}{3600}, \quad (3)$$

где  $t_n$  – время подъезда и подготовки к выгрузке материала из кузова автомобиля-самосвала в приемный бункер навесного оборудования, с;

$t_o$  – время отъезда автомобиля-самосвала от навесного оборудования, с;

$n$  – теоретическое количество подъездов - отъездов автомобилей-самосвалов за 1 час, которое определяется по формуле (4);

$$n = \frac{\Pi_r}{Q_r}, (4)$$

где  $Q_r$  – грузоподъемность автомобиля-самосвала, т;

В развернутом виде эксплуатационная производительность выразится формулой (5), как функция (6) с условиями (7) и (8).

$$\Pi_3 = L \times h \times v \times \rho - (0,008 \times L^2 \times h^2 \times v^2 \times \rho^2 / Q_r) \quad (5)$$

$$\Pi_3 = f(L, h, v, \rho, Q_r), \quad (6)$$

$$\Pi_3 \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$\Pi_3 > 0; \quad (8)$$

Производительность ленточно-цепного конвейера [3] приемного бункера – составной части машинокомплекта определяется по формуле (9):

$$\Pi_k = 3,6 \times F \times \rho \times v \quad (9)$$

где  $F$  – площадь сечения материала,  $m^2$ ;

$v$  – скорость ленточно-цепного конвейера,  $m/c$ .

Производительность ленточно-цепного конвейера приемного бункера должна быть согласована с эксплуатационной производительностью всего машинокомплекта:

$$\Pi_r = \Pi_k, \quad (10)$$

В развернутом виде потребляемая мощность машинокомплекта при выполнении технологического цикла выражается по формуле (11), как функция (12) с условиями (13):

$$N = ((P_a + (0,94 + 1,68 \times \rho)) + (0,0007 \times m_{ш} + 0,44) +$$

$$+ \mu_1 \times \rho \times L \times (0,94 + 0,54 \times \mu_2) \times v / 3240) + 0,006 \times L \times \times h \times v \times (0,96 \times \rho + 0,011 + 2,76 \times \rho), \quad (11)$$

$$N = f(P_a, m_{ш}, L, h, v, \rho, \mu_1, \mu_2), \quad (12)$$

$$0 < N \leq N_{бш}; \quad (13)$$

где  $P_a$  – сопротивление качению автомобиля-самосвала при толкании его перед навесным оборудованием, Н;

$N_{бш}$  – мощность, затрачиваемая на перемещение базового шасси, кВт;

$m_{ш}$  – полная масса шасси со смонтированными на него рамой и гидросистемой, кг;

$\mu_1$  – коэффициент трения материала о поверхность отвала;

$\mu_2$  – коэффициент трения материала о грунт;

Необходимо выполнение условия по сцеплению (14).

$$P_a + (0,94 + 1,68 \times \rho) + \mu_1 \times \rho \times L \times \times (0,94 + 0,54 \times \mu_2) \leq 4,905 \times m_{ш} \quad (14)$$

Удельная энергоёмкость определяется по формуле (15), как функция (16) с условием (17):

$$E_{\Pi} = N / \Pi_3, E_{\Pi} = \frac{N_{дв}}{\Pi_3}, \quad (15)$$

$$E_{\Pi} = f(P_a, m_{ш}, L, h, v, \rho, \mu_1, \mu_2, Q_{Г}), \quad (16)$$

$$E_{\Pi} \rightarrow \min. \quad (17)$$

В развернутом виде удельная энергоёмкость выразится в формуле (18):

$$E_{\Pi} = (((P_a + (0,94 + 1,68 \times \rho) + (0,0007 \times m_{ш} + 0,44) + \mu_1 \times \rho \times L \times (0,94 + 0,54 \times \mu_2)) \times v / 3240) + 0,006 \times L \times h \times v \times (0,96 \times \rho + 0,011 + 2,76 \times \rho)) / (L \times h \times v \times \rho - (0,008 \times L^2 \times h^2 \times v^2 \times \rho^2 \times / Q_r)), \quad (18)$$

Посредством применения данной методики определен состав производимых в Республике Беларусь машинокомплектов с энергоэффективными параметрами, что в свою очередь при их применении позволяет снизить удельную энергоёмкость технологических процессов устройства и укрепления обочин автомобильных дорог.

### Литература

1. Довидович, А. А. О выборе эффективных комплектов машин для устройства и укрепления обочин автомобильных дорог / А. А. Довидович // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы Международной научно-технической конференции / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 197 – 202.
2. Вавилов А.В. Дорожно-строительные машины / А.В. Вавилов, И.И. Леонович и др. Мн. Технопринт. 2000. 515 с.
3. Вайнсон, А.А. Подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов по специальности «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» / А.А. Вайнсон. – 4-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1989. – 536с.