

6. Манжула К.П. Прочность и долговечность конструкций при переменных нагрузках: учеб. пособие. / К.П. Манжула, С.В. Петин. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 76с.

7. Выбор оптимальной конструкции телескопической стрелы для перспективных грузоподъемных автомобильных кранов // Строительные и дорожные машины, 2017, №3, с. 34–40.

8. Пат 2478559, Россия. Подкрановая балка / Белый А.Г. опубл. 1.06.2011.

9. Пат EP 0293789 A1 Германия. Als Kastenträger ausgebildeter Krantrager / Richar Aust опубл. 10.10.2001.

10. Пат 2478557, Россия. Подкрановая балка / Белый Александр Григорьевич опубл. 1.06.2011.

11. Пат 2232125, Россия. Подкрановая балка / Нежданов К.К. опубл. 07.05.2002.

12. Гнездилов С.Г., Шубин А.Н. Принципы рационального проектирования элементов машин с использованием методов топологической оптимизации // Строительные и дорожные машины, 2016, № 2, с. 44–49.

13. Инженерные расчеты для машиностроения и строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apm.ru/>. – Дата доступа: 15.10.2020.

14. Котельников А.А., Алпеева Е.В. Применение метода конечных элементов при выборе материала сварных конструкций // Сварочное производство, 2014, № 10, с. 3–5.

УДК 69.002.5-82

О выборе эффективных комплектов машин для устройства и укрепления обочин автомобильных дорог

Довидович А.А.

Белорусский национальный технический университет

Описана разработанная методика выбора эффективных комплектов машин для устройства и укрепления обочин автомобильных дорог.

На настоящий момент в Республике Беларусь для устройства и укрепления обочин автомобильных дорог используется комплект машин, состоя-

щий из автогрейдера, автомобиля-самосвала, вибрационного катка, а в случае необходимости увлажнения и поливомоечной машины, который в свою очередь имеет ряд недостатков:

- автомобиль-самосвал производит выгрузку строительного материала, находясь на проезжей части, преграждая сразу две полосы движения.

- автогрейдер послойно распределяет строительный материал отвалом-планировщиком из места выгрузки за 2-3 прохода с обеспечением необходимой ровности слоя.

- исправление дефектных мест укрепленной обочины и уборка излишков щебеночно-песчаной смеси с проезжей части автомобильной дороги выполняется дорожными рабочими с помощью ручного инструмента.

Наряду с упомянутым выше технологическим циклом при распределении строительного материала получает распространение применение вместо автогрейдера, специализированного высокопроизводительного технического средства для устройства и укрепления обочин, состоящего из навесного оборудования и базового шасси, которое исключает данные недостатки. Производство технического средства освоено как в Республике Беларусь, так и в других странах.

Разработанная Довидовичем А.А. методика позволяет путём выбора эффективных комплектов машин, в состав которого входит высокопроизводительное техническое средство, снизить удельную энергоёмкость процессов устройства и укрепления обочин автомобильных дорог регламентированными строительными материалами.

Основным критерием, определяющим уровень эффективности комплекта машин, 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 комплекта машин определяется по следующей формуле [1]:

$$P_3 = P_T \times k_v, \text{ т/ч} \quad (1)$$

где P_T – техническая производительность навесного оборудования для устройства и укрепления обочин с базовым шасси;

k_v – коэффициента эффективности технологического цикла.

Техническая производительность рассчитывается по следующей формуле:

$$\Pi_r = L \times h \times v \times \rho, \text{ т/ч} \quad (2)$$

где L – ширина укладываемого материала, м; в соответствии с ТКП 45-3.03-19-2006 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования.» (действ. до 01.04.2017) [2], ГОСТ 33475-2015 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования» (действ. с 01.04.2017) [3] ширина обочины (неукрепленная полоса) должна быть для дорог II, III, IV, V категории в пределах 0,5–2,25 м;

h – средняя высота укладываемого слоя при укреплении обочины автомобильной дороги, м; $h=0,1$ м, однако в соответствии с ТКП 059-2012 «Автомобильные дороги. Правила устройства» (таблица 5) [4] для щебеночных, гравийных, шлаковых оснований и покрытий на обочинах максимальная толщина слоя должна быть в пределах 0,18–0,30 м. Следовательно, диапазон высот укладываемого слоя лежит в пределах $h=0,1-0,3$ м

v – технологическая скорость планирования материала, м/ч; $v=1000-5000$ м/ч;

ρ – плотность дорожно-строительных материалов, т/м³; $\rho=1,6-2,1$ т/м³;

Эксплуатационную производительность найдем с учетом коэффициента эффективности технологического цикла k_B навесного оборудования для устройства и укрепления обочин с базовым шасси.

Тогда

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

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;

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

где Q_r – грузоподъемность автомобиля-самосвала, т;

В развернутом виде эксплуатационная производительность выражается:

$$\Pi_3 = L h v \rho - (0,008 L^2 h^2 v^2 \rho^2 / Q_r), \text{ т/ч} \quad (5)$$

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

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

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

Диапазон изменяемых параметров (область определения функции):

$$0,5 \leq L \leq 2,25; \quad (9)$$

$$0,1 \leq h \leq 0,3; \quad (10)$$

$$1000 \leq v \leq 5000; \quad (11)$$

$$1,6 \leq \rho \leq 2,1. \quad (12)$$

Суммарная сила сопротивления движению комплекта машин будет равна:

$$P_{\text{общ}} = P_A + P_B + P_{\text{ш}} + P_{\text{пв}}, \text{ КН} \quad (13)$$

где P_A – сопротивление качению автомобиля-самосвала при толкании его перед навесным оборудованием, кН;

P_B – сопротивление качению бункера приемного с отвалом планировщиком, кН;

$P_{\text{ш}}$ – сопротивление качению базового шасси со смонтированными на него рамой и гидросистемой, кН;

$P_{\text{пв}}$ – сопротивления перемещению призмы волочения, кН.

Суммарное тяговое усилие по сцеплению [5]:

$$\Sigma P_c \leq P_{\text{сц}} \varphi_{\text{сц}}, \quad (14)$$

$P_{\text{сц}}$ – нагрузка, приходящаяся на ведущие мосты в рабочем режиме на различных уклонах, Н;

$\varphi_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепления ведущих колес с основанием; для щебеночных или асфальтобетонных оснований $\varphi_{\text{сц}}=0,3-0,5$.

Мощность, затрачиваемая на перемещение базового шасси [6]:

$$N_{\text{общ}} = \frac{P_{\text{общ}} v}{100 \eta}, \text{ кВт} \quad (15)$$

где η – КПД механической трансмиссии; $\eta=0,85-0,9$;

v – скорость базового шасси, м/с; $v=1-5$ км/ч.

Следовательно, мощность затрачиваемая на выполнение технологического цикла распределения строительного материала при устройстве, либо укреплении обочины автомобильной дороги (мощность, потребляемая от двигателя базового шасси), выражается следующей формулой:

$$N = N_{\text{общ}} + N_k, \text{ кВт} \quad (16)$$

где N_k – мощность, затрачиваемую на привод конвейера, кВт.

В развернутом виде потребляемая мощность выражается:

$$N = ((P_a + (0,94 + 1,68 \times \rho) + (0,0007 \times m_{ш} + 0,44) + \mu_1 \times \rho \times L \times (0,94 + 0,54 \times \mu_2)) \times v / 3240) + 0,006 \times L \times h \times v \times (0,96 \times \rho + 0,011 + 2,76 \times \rho), \text{ кВт} \quad (17)$$

$$N = f(P_a, m_{ш}, L, h, v, \rho, \mu_1, \mu_2); \quad (18)$$

$$N \leq N_{бш}; \quad (19)$$

$$N > 0; \quad (20)$$

$$P_a + (0,94 + 1,68 \times \rho) + \mu_1 \times \rho \times L \times (0,94 + 0,54 \times \mu_2) \leq 4,905 \times m_{ш} \text{ (условие по сцеплению)} \quad (21)$$

i – продольный уклон автомобильной дороги, рад; в соответствии с ТКП 45-3.03-19-2006 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования» (действ. до 01.04.2017) [2] продольный уклон должен быть не более $i=40\%$ (0,04 рад), в соответствии с ГОСТ 33475-2015 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования» (действ. с 01.04.2017) [3] продольный уклон должен быть не более $i=30\%$ (0,03 рад)

$m_{ш}$ – масса базового шасси, т;

μ_1 – коэффициент трения материала о поверхность отвала (угол захвата отвала планировщика при распределении материала $\alpha=55^\circ$) [3];

μ_2 – коэффициент трения материала о грунт.

Удельная энергоёмкость [7]:

$$E_{\Pi} = N / P_a, \text{ кВт} \times \text{ч} / \text{т}; \quad (22)$$

$$E_{\Pi} = f(P_a, m_{ш}, L, h, v, \rho, \mu_1, \mu_2, Q_T); \quad (23)$$

$$E_{\Pi} \rightarrow \min. \quad (24)$$

В развернутом виде удельная энергоёмкость выразится:

$$E_{\Pi} = (((P_a + (0,94 + 1,68 \times \rho) + (0,0007 \times m_{ш} + 0,44) + \mu_1 \times \rho \times L \times (0,94 + 0,54 \times \mu_2)) \times v / 3240) + 0,006 \times L \times h \times v \times (0,96 \times \rho + 0,011 + 2,76 \times \rho)) / (L \times h \times v \times \rho - (0,008 \times L^2 \times h^2 \times v^2 \times \rho^2 \times Q_T)), \text{ кВт} \times \text{ч} / \text{т} \quad (25)$$

В соответствии с данным методом определен весь современный модельный и типоразмерный ряд эффективных комплектов машин для устройства и укрепления обочин, выпускаемых в Республике Беларусь.

Литература

1. Вавилов А.В. Дорожно-строительные машины / А.В. Вавилов, И.И. Леонович и др. Мн. Технопринт. 2000. – 515 с.

2. ТКП 45-3.03-19-2006 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования.»
3. ГОСТ 33475–2015 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования»
4. ТКП 059–2012 «Автомобильные дороги. Правила устройства»
5. Гаспарянц, Г.А. Конструкция, основы теории и расчета автомобиля: Учебник для машиностроительных техникумов по специальности «Автомобилестроение»/ Г.А. Гаспарянц. – М.: Машиностроение, 1978. – 351с.
6. Баловнев, В.И. Дорожно-строительные машины и комплексы: Учебник для вузов по спец. «Строительные и дорожные машины и оборудование» /В.И. Баловнев [и др.]; под общ. ред. В.И. Баловнева. – М.: Машиностроение, 1988. – 384с.
7. Вавилов, А.В. Экономическое проектирование технологических машин строительного комплекса / А.В. Вавилов, Д.В. Маров, А.Я. Котлобай. – Мн: Стринко, 2003. – 102с.

УДК 661

Колееобразование на лесных дорогах и механизированный метод его устранения

Лапенок В.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается механизированный метод ремонта колееобразования на лесных дорог после прохождения современной лесной техники. Внедрение данного метода позволит снизить себестоимость работ при текущем обслуживании дорог и повысит производительность в лесной промышленности.

В Беларуси, по данным Минскоблдорстроя, находятся десятки тысяч километров грунтовых дорог, большая часть из них – лесные. Под воздействием колес современной лесной техники: харвестеров и форвардеров на дорогах образуются глубокие колеи, что в первую очередь сказывается на снижении проезжаемости по ним, и как следствие, снижение производительности в лесной промышленности.

Зарубежный опыт показывает успешное применение для ремонта грунтовых дорог малогабаритного прицепного скрепера. Наиболее подходящей моделью для данного вида работ является прицепной скрепер упрощенной