

УДК 630*383

ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В. П. МИГЛЯЧЕНКО

Московский лесотехнический институт

Энергоемкость возведения земляного полотна в зимний период обычно определяют аналитически.

При транспортировке грунта из притрассового карьера к месту отсыпки в конструкцию земляного полотна может быть задействовано k_T типов транспортных средств. Суммарные энергозатраты

$$\mathcal{E}_1 = S_{к.д} \sum_{k=1}^{k_T} N_{pk} N_{ck} \left(\frac{1}{V_k} + \frac{1}{V'_k} \right), \quad (1)$$

- где
- $S_{к.д}$ — расстояние между карьером и строящейся дорогой;
 - N_{pk} — общее число рейсов, совершенных транспортными средствами k -го типа;
 - N_{ck} — мощность на коленчатом валу двигателя в средстве k -го типа;
 - V_k — геометрическая вместимость транспортных средств k -го типа, $V_k = \psi_V(P_{TK}, P_{пк}, G_{г.с})$;
 - V'_k — реальные объемы грунта, вывозимого транспортными средствами k -го типа, $V'_k = \psi_V(P'_{TK}, P'_{пк}, G_{г.с})$;
 - P_{TK}, P'_{TK} — матрицы параметров нагруженного и ненагруженно-го тягача;
 - $P_{пк}, P'_{пк}$ — матрицы параметров нагруженного и ненагруженно-го прицепа;
 - $G_{г.с}$ — матрица параметров системы «грунт — среда».

Если всеми средствами k -го типа должно быть перевезено рыхлого грунта в объеме ΔV_k , то число рейсов составит

$$N_{pk} = \frac{\Delta V_k}{V_{TK} + V_{пк}}, \quad (2)$$

где $V_{TK}, V_{пк}$ — объемы грунта, перевозимые соответственно тягачом и прицепом k -го средства.

Для нахождения значений ΔV_k составляем уравнение баланса массы и объема рыхлого грунта:

$$\sum_{k=1}^{k_T} \Delta V_k = V'_r, \quad (3)$$

где $V'_r = V_r \gamma / \gamma'$ — общий объем рыхлого грунта, необходимого для строительства дороги;

V_r — объем грунта в насыпи после укатки;

γ — плотность грунта до его разработки;

γ' — плотность добытого в карьере рыхлого грунта.

Очевидно, что уравнение (2) имеет бесконечное множество решений:

$$\{\Delta V_k\}, \quad (k = \overline{1, k_T}).$$

Оптимальное решение при $k_T > 1$ может быть найдено с использованием методов оптимизации по критерию минимума энергозатрат на перевозку грунта. К ним относятся методы Пауэлла, Розенброка, деформированного многоугольника и др. [2].

Подставляя (2) в уравнение (1), получаем

$$\mathcal{E}_1 = S_{к.л} \sum_{k=1}^{k_T} \frac{\Delta V_k N_{ck}}{V_{Tk} + V_{пk}} \left(\frac{1}{V_k} + \frac{1}{V'_k} \right). \quad (4)$$

Сформулируем вектор распределения объемов работ:

$$\Delta \bar{V} = \{\Delta V_k\}.$$

Здесь ΔV_k — k -я компонента вектора $\Delta \bar{V}$, ($k = \overline{1, k_T}$).

Найдем оптимальное значение вектора $\Delta \bar{V}^*$, решив задачу нелинейного программирования:

$$\min \mathcal{E}_1(\Delta \bar{V}) \text{ при } \sum_{k=1}^{k_T} \Delta V_k = V'_r \text{ и } k_T \leq k_{T \max}, \quad (5)$$

где $k_{T \max}$ — максимально допустимое число типов транспортных средств, которое может быть задействовано на перевозке грунта.

Решение задачи (5) позволяет оптимально распределить объемы работ по перевозке грунта между средствами различных типов и определить энергозатраты:

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_1(\Delta \bar{V}^*) = \mathcal{E}_{\min},$$

где \mathcal{E}_{\min} — минимальные энергозатраты на перевозку грунта при оптимальном значении $\Delta \bar{V}^*$.

Если $k_T = 1$, то уравнение (4) упрощается:

$$\mathcal{E}_1 = \frac{S_{к.л} V_r \gamma N_{ck}}{(V_{Tk} + V_{пk}) \gamma'} \left(\frac{1}{V_k} + \frac{1}{V'_k} \right). \quad (6)$$

Отсюда следует, что для нахождения общих энергозатрат на перевозку грунта необходимо знать его объем V_r в насыпи после укатки. Величина V_r определяется заданной устойчивостью полотна насыпи и требованиями водно-теплого режима.

Используя метод Гольдштейна [1], учитывающий требования заданной устойчивости земляного полотна, получаем формулу для определения высоты откоса:

$$H_1 = \frac{1}{\gamma} \left(\frac{C_0 B_k}{K_y - A_k \operatorname{tg} \varphi_0} - g_{\max} \right),$$

где C_0 — коэффициент, характеризующий состояние грунта;
 K_y — заданный коэффициент устойчивости, $K_y \geq 1,5$;
 A_k, B_k — коэффициенты, учитывающие геометрические размеры откоса и положение поверхности скольжения;
 φ_0 — угол внутреннего трения грунта;
 $q_{kT} = \max(q_{kT})$, ($k = \overline{1, k_{T\Sigma}}$);
 q_{kT} — среднее давление движителя (колеса или гусеницы) на грунт средством k -го типа;
 $k_{T\Sigma}$ — общее число типов средств, которое предполагается эксплуатировать на дороге после завершения ее строительства.

При расчете высоты откоса H_2 , удовлетворяющей водно-тепловому режиму строительства, следует учитывать соотношение глубины промерзания грунта и уровня залегания грунтовых вод.

Если грунтовые воды расположены на большой глубине, что исключает приток влаги к насыпи, то высота откоса должна составлять [1]

$$H_2 = h_c + \Delta_3,$$

где h_c — средняя высота снежного покрова;

Δ_3 — запас высоты, $\Delta_3 = 0,15 \dots 0,20$ м.

Если грунтовые воды находятся на уровне, обеспечивающем существенное влияние притока влаги на глубину промерзания грунта, имеем [1]

$$H_2 = \min(z, z_{кр}) \left(1 + K_{\phi} \frac{S_{в.с}}{g_{у.п} \alpha_{к.к}} \right),$$

где $z, z_{кр}$ — существующая и критическая глубины промерзания грунта;

K_{ϕ} — коэффициент фильтрации грунта;

$S_{в.с}$ — всасывающая сила грунта;

$g_{у.п}$ — удельный допустимый приток влаги;

$\alpha_{к.к}$ — климатический коэффициент.

При глубине промерзания, превышающей уровень залегания грунтовых вод (например болото в зимний период), высота откоса

$$H_2 = z \left(2 + \frac{K_{\phi} S_{в.с}}{g_{у.п} \alpha_{к.к}} \right) - z_{г.в.}$$

Здесь $z_{г.в.}$ — глубина залегания грунтовых вод.

Таким образом, высота насыпи, удовлетворяющая требованиям эксплуатации, выражается соотношением

$$H_n = \min(H_1, H_2),$$

а объем грунта в насыпи после укатки

$$V_r = S_{пр} L_d,$$

где $S_{пр}$ — площадь профиля дороги;

L_d — длина возведенного земляного полотна дороги.

Полагая, что поперечным профилем дороги для насыпи на горизонтальном основании является равнобокая трапеция, находим

$$S_{пр} = (B_n + H_n \operatorname{tg} \alpha_0) H_n,$$

где α_0 — угол между линией горизонта и откосом насыпи.

Для насыпи на наклонном основании

$$S_{пр} = (B_n + H_n \operatorname{tg} \alpha_0) H_n - \left(\frac{1}{2} B_n + H_n \operatorname{tg} \alpha_0 \right)^2 \frac{\sin \beta_0 \sin \alpha_0}{\sin(\alpha_0 + \beta_0)},$$

где β_0 — угол между линией горизонта и основанием насыпи.

В наиболее простом случае, когда отсыпка грунта на горизонтальное основание производится одним типом транспортных средств, энергозатраты, согласно (6), определяются из уравнения

$$\mathcal{E}_1 = \frac{S_{к.д} L_d H_n (B_n + H_n \operatorname{tg} \alpha_0) \gamma N_{ск}}{(V_{тк} + V_{пк}) \gamma'} \left(\frac{1}{V_k} + \frac{1}{V'_k} \right).$$

Аналогично представим энергозатраты на сведение леса с дневной поверхности подготавливаемого грунтового карьера:

$$\mathcal{E}_2 = S_k N_{ck} \left(\frac{1}{V_k} + \frac{1}{V'_k} \right) N_{л.к} V_r h_{г.р} \frac{\gamma}{\gamma_{к.р}} \frac{\bar{m}_д}{(m_{г.л})_k}, \quad (7)$$

где S_k — расстояние, проходимое лесовозом от карьера к месту складирования хлыстов;
 $N_{л.к}$ — плотность растущих деревьев на дневной поверхности будущего карьера;
 $h_{г.р}$ — глубина разработки грунта в карьере;
 $\gamma_{к.р}$ — плотность грунта в карьере до разработки;
 $\bar{m}_д$ — средняя масса дерева;
 $(m_{г.л})_k$ — масса нагруженного лесовоза k -го типа.

При выводе последнего уравнения полагали, что в данном карьере должен быть добыт грунт объемом V_r . Если имеется несколько карьеров, то

$$\mathcal{E}_2 = \sum_{i=1}^{k_k} S_{ki} N_{cki} \left(\frac{1}{V_k} + \frac{1}{V'_k} \right) N_{л.ки} V_{ri} h_{г.рi} \frac{\gamma}{\gamma_{к.рi}} \frac{\bar{m}_д}{(m_{г.л})_k}, \quad (8)$$

где k_k — число разрабатываемых карьеров.

Очевидно, что при распределении величин $\{V_{ri}\}$ по карьерам, должно выполняться равенство

$$V_r = \sum_{i=1}^{k_k} V_{ri}.$$

Разработанные теоретические основы дают возможность использовать эти формулы для расчета энергозатрат при возведении земляного полотна лесовозных автомобильных дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Леонович И. И., Вьрко Н. П. Механика земляного полотна.— Минск: Наука и техника, 1975.— 232 с. [2]. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование / Пер. с англ.; Под ред. М. Л. Быховского.— М.: Мир, 1975.— 534 с.

Поступила 13 октября 1992 г.

УДК 625.143.2

ИЗНОС РЕЛЬСОВ ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

С. И. МОРОЗОВ, М. В. ПОПОВ, А. В. ЯРОСЬ

Архангельский лесотехнический институт

Рельсы относятся к основным элементам верхнего строения пути. При нормативном сроке службы 20...25 лет их фактический срок эксплуатации на лесовозных УЖД часто составляет 5...10 лет. Это приводит к необходимости замены рельсов, что связано с большими материальными и трудовыми затратами.

Износ рельсов узкой колеи пока систематически не изучался, хотя такая работа актуальна. В настоящее время стоимость новых рельсов весьма высока, и их приобретение не под силу многим лесозаготовительным предприятиям. В связи с этим возникает проблема реставрации и повторного использования рельсов. Для обоснованного решения этой проблемы надо знать характер их износа и объем возможной реставрации.