



УДК 625.7:630*377.7(075.8)

Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, А.А. Занин

Воронежская государственная лесотехническая академия

Афоничев Дмитрий Николаевич родился в 1972 г., окончил в 1995 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА. Имеет более 190 печатных работ в области совершенствования конструкций и систем автоматизированного проектирования сооружений транспорта леса.

E-mail: dmafonichev@yandex.ru



Морковин Владимир Александрович родился в 1963 г., окончил в 1985 г. Воронежский сельскохозяйственный институт, кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры транспорта леса и инженерной геодезии Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 45 научных работ в области сухопутного транспорта леса и инженерной геодезии, совершенствования процессов геодезических работ при строительстве и эксплуатации лесных дорог.

Тел.: 8(4732) 53-70-16



Занин Александр Андреевич родился в 1982 г., аспирант кафедры транспорта леса и инженерной геодезии Воронежской государственной лесотехнической академии, инженер Воронежского филиала ОАО «ГипродорНИИ». Имеет 10 научных работ в области сухопутного транспорта леса, совершенствования конструкции и систем автоматизированного проектирования жестких дорожных одежд.

Тел.: 8(4732) 53-70-16



ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПО ЭЛЕМЕНТАМ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА УЧАСТКАХ МАЛЫХ НАСЫПЕЙ

Рассмотрены четыре случая дифференцированного расчета объема земляных работ на участке малой насыпи в зависимости от рабочих отметок крайних сечений призматоида и толщины снятия растительного грунта. Приведенные аналитические зависимости для расчета объемов земляных работ по отдельным элементам земляного полотна позволяют установить потребность в грунтах различного качества для его возведения, разработать технологические процессы строительства, выполнить сравнение различных конструкций дорожных одежд.

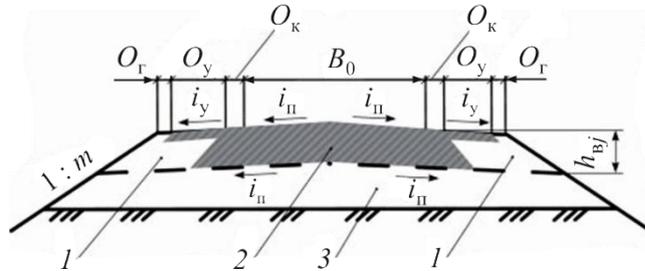
Ключевые слова: лесная дорога, земляные работы, рабочая отметка, малые насыпи, объем насыпи, объем выемки, корыто, площадь поперечного сечения.

Лесные дороги на большей своей протяженности строятся в малых насыпях, что обусловлено ограниченностью финансовых, материальных и трудовых ресурсов на строительство, требованием по минимальному использованию земель лесного фонда под дорожные сооружения, резервы и отвалы. В настоящее время нормативные документы [4–6] предъявляют высокие требования к сдвигоустойчивости и морозостойкости жестких дорожных одежд, что приводит к увеличению жестких одежд переходного типа в 1,5–2 раза [3]. Таким образом, на участках малых насыпей устройства дорожной одежды в случаях, когда толщина дорожной одежды больше рабочей отметки, требуется устройство корыта, поэтому на таких участках объем земляных работ следует определять дифференцировано, т. е. установить объемы выемки (устройство корыта под основание дорожной одежды) и насыпи (присыпные обочины, включая засыпку пазух в корыте). В известных методиках расчета объемов земляных работ [1, 2] данные особенности участков малых насыпей не нашли глубокого отражения.

Если рассматривать участок призматоида между двумя сечениями с рабочими отметками H_j и H_{j+1} , то появляется необходимость устройства корыта. Определим превышение кромки дорожного покрытия (кромки укрепительной полосы обочины) над линией, образуемой пересечением плоскости ската дна корыта с откосом:

$$h_{вж} = [H_{д.о.ж} - O_y i_y - O_r i_r + (O_y + O_r) i_n](1 + m i_n), \quad (1)$$

- где $H_{д.о.ж}$ – толщина дорожной одежды на участке между сечениями с рабочими отметками H_j и H_{j+1} , м;
 O_y, O_Γ – ширина соответственно остановочной (укрепленной) и приобочной (грунтовой) полос обочины, м;
 i_y, i_Γ – поперечный уклон соответственно укрепленной и грунтовой полос обочины;
 i_Π – поперечный уклон поверхности проезжей части;
 m – коэффициент заложения откоса насыпи или откоса кювета для выемки.
 Расчетная схема, иллюстрирующая определение параметра $h_{в.ж}$, приведена на рисунке.



Расчетная схема для определения параметра $h_{в.ж}$: 1 – обочина; 2 – дорожная одежда; 3 – насыпь ниже дорожной одежды

Рассмотрим возможные случаи.

1. Если $H_j < h_{в.ж} - h_{р.с}$ и $H_{j+1} < h_{в.ж} - h_{р.с}$ (где $h_{р.с}$ – толщина снимаемого растительного слоя, м), то корыто устраивается на протяжении всего участка между сечениями с рабочими отметками H_j и H_{j+1} . Объем земляных работ на устройство корыта $V_{в.к.ж}$ в данном случае определяется по формуле

$$V_{в.к.ж} = [B_{д.о.ж} \{h_{в.ж} - h_{р.с} - 0,5(H_j + H_{j+1})\} - 0,25 B_{д.о.ж}^2 i_\Pi] (L_{j+1} - L_j), \quad (2)$$

- где $B_{д.о.ж}$ – ширина дорожной одежды по низу (ширина подошвы дорожной одежды), м,

$$B_{д.о.ж} = (B_0 + 2O_\Gamma) + 2m_{д.о} H_{д.о.ж}; \quad (3)$$

B_0 – ширина проезжей части, м;

O_Γ – ширина краевой укрепительной полосы обочины, м;

$m_{д.о}$ – коэффициент заложения откоса дорожной одежды;

L_j, L_{j+1} – координаты (расстояния от начала трассы) соответственно сечений призматоида с рабочими отметками H_j и H_{j+1} , м.

Объем насыпи на обочинах

$$V_{н.о.ж} = V_{в.к.ж} + \{0,5(F_j + F_{j+1}) - \frac{m_{п.н}}{6} (H_{j+1} - H_j)^2 + f_{с.п} + \alpha_j - F_{д.о.ж} - 2O_\Gamma h_\Gamma\} (L_{j+1} - L_j), \quad (4)$$

где F_j, F_{j+1} – площади поперечных сечений с рабочими отметками H_j и H_{j+1} , м²,

$$\begin{aligned} F_j &= B(H_j + h_{р.с}) + m_{п.н}(H_j + h_{р.с})^2; \\ F_{j+1} &= B(H_{j+1} + h_{р.с}) + m_{п.н}(H_{j+1} + h_{р.с})^2; \end{aligned} \quad (5)$$

B – ширина земляного полотна, м;

$m_{п.н}$ – коэффициент заложения откоса малой насыпи;

$f_{с.п}$ – площадь поперечного сечения сливной призмы, м²;

α_j – поправка на косогорность местности, учитываемая при поперечном уклоне поверхности земли 1:25 и круче и определяемая по зависимости, представленной в [2], м²;

$F_{д.о.ж}$ – площадь поперечного сечения дорожной одежды на участке между сечениями призматоида с рабочими отметками H_j и H_{j+1} , м²;

h_Γ – толщина растительного слоя, укладываемого на грунтовой обочине, м.

2. Если $H_j < h_{в.ж} - h_{р.с}$ и $H_{j+1} \geq h_{в.ж} - h_{р.с}$, то корыто устраивается на некотором расстоянии l_j от сечения с рабочей отметкой H_j :

$$l_j = \frac{L_{j+1} - L_j}{H_{j+1} - H_j} (h_{в.ж} - h_{р.с} - H_j). \quad (6)$$

В данном случае объем земляных работ на устройство корыта

$$V_{в.к.ж} = 0,5[B_{д.о.ж} \{h_{в.ж} - h_{р.с} - H_j\} - 0,5 B_{д.о.ж}^2 i_\Pi] l_j. \quad (7)$$

Объем насыпи на обочинах

$$V_{н.ој} = V_{в.кј} + \{0,5(F_j + F_{lj}) - \frac{m_{п.н}}{6} (h_{вј} - H_j)^2 + \alpha_j\} l_j + F_{lj} (L_{j+1} - L_j - l_j) + (f_{с.п} - F_{д.ој} - 2O_r h_r)(L_{j+1} - L_j). \quad (8)$$

Площадь поперечного сечения насыпи с рабочей отметкой H_j определяется по формуле (5), а площадь поперечного сечения F_{lj} на расстоянии l_j – по нижеприведенной формуле:

$$F_{lj} = B h_{вј} + m_{п.н} h_{вј}^2 - 0,25 B_j^2 i_{п}, \quad (9)$$

где B_j – ширина, м, земляного полотна на уровне низа дорожной одежды,

$$B_j = B + 2m_{п.н} h_{вј}. \quad (10)$$

3*

земляных работ при устройстве насыпи ниже дорожной одежды

$$V_{н.нј} = \{0,5(F_{н(j+1)} - \frac{m_{п.н}}{6} (H_{j+1} + h_{р.с} - h_{вј})^2 + \alpha_j + 0,25 B_j^2 i_{п}) (L_{j+1} - L_j - l_j)\}. \quad (11)$$

$$\text{Здесь } F_{н(j+1)} = B_j(H_{j+1} + h_{р.с} - h_{вј}) + m_{п.н}(H_{j+1} + h_{р.с} - h_{вј})^2. \quad (12)$$

3. Если $H_j \geq h_{вј} - h_{р.с}$ и $H_{j+1} < h_{вј} - h_{р.с}$, то корыто устраивается на некотором расстоянии l_j от сечения с рабочей отметкой H_{j+1} . Расстояние l_j определяется по формуле (6).

Объем корыта

$$V_{в.кј} = 0,5[B_{д.ој}\{h_{вј} - h_{р.с} - H_{j+1}\} - 0,5 B_{д.ој}^2 i_{п}](L_{j+1} - L_j - l_j). \quad (13)$$

Объем насыпи на обочинах

$$V_{н.ој} = V_{в.кј} + \{0,5(F_{j+1} + F_{lj}) - \frac{m_{п.н}}{6} (h_{вј} - H_{j+1} + h_{р.с})^2 + \alpha_j\} (L_{j+1} - L_j - l_j) + F_{lj} l_j + (f_{с.п} - F_{д.ој} - 2O_r h_r)(L_{j+1} - L_j). \quad (14)$$

Площадь поперечного сечения насыпи с рабочей отметкой H_{j+1} определяется по формуле (5), а площадь поперечного сечения F_{lj} на расстоянии l_j – по формуле (9).

Объем земляных работ при устройстве насыпи ниже дорожной одежды

$$V_{н.нј} = \{0,5(F_{нј} - \frac{m_{п.н}}{6} (H_j + h_{р.с} - h_{вј})^2 + \alpha_j + 0,25 B_j^2 i_{п}) l_j\}. \quad (15)$$

$$\text{Здесь } F_{нј} = B_j(H_j + h_{р.с} - h_{вј}) + m_{п.н}(H_j + h_{р.с} - h_{вј})^2. \quad (16)$$

4. Если $H_j \geq h_{вј} - h_{р.с}$ и $H_{j+1} \geq h_{вј} - h_{р.с}$, то корыто не устраивается. В данном случае объем земляных работ при устройстве насыпи ниже дорожной одежды

$$V_{н.нј} = \{0,5(F_{нј} + F_{н(j+1)}) - \frac{m_{п.н}}{6} (H_{j+1} - H_j)^2 + \alpha_j + 0,25 B_j^2 i_{п}\} (L_{j+1} - L_j). \quad (17)$$

$$\text{Здесь } F_{нј} = B_j(H_j + h_{р.с} - h_{вј}) + m_{п.н}(H_j + h_{р.с} - h_{вј})^2; \quad (18)$$

$$F_{н(j+1)} = B_j(H_{j+1} + h_{р.с} - h_{вј}) + m_{п.н}(H_{j+1} + h_{р.с} - h_{вј})^2. \quad (19)$$

Объем насыпи при устройстве обочин

$$V_{н.ој} = (F_{lj} + f_{с.п} - F_{д.ој} - 2O_r h_r)(L_{j+1} - L_j), \quad (20)$$

где F_{lj} определяется по зависимости (9).

Приведенные выше аналитические зависимости дают возможность дифференцировано рассчитать объем земляных работ по отдельным элементам земляного полотна: корыто, обочины, насыпь ниже дорожной одежды. Это позволяет установить потребность в грунтах различного качества для возведения земляного полотна, разработать технологические процессы его строительства, а также выполнить сравнение различных конструкций дорожных одежд с учетом изменения объемов земляных работ по различным элементам земляного полотна и возможности использования различных грунтов.

Выводы

1. На участках малых насыпей для устройства основания и дополнительного слоя дорожной одежды необходимо выполнение земляных работ по выемке грунта с последующей засыпкой пазух, что требует отдельного расчета объемов этих работ по отдельным элементам земляного полотна.

2. В зависимости от величин рабочих отметок крайних сечений призматоида на участке малой насыпи и толщины снятия растительного грунта возможны четыре случая дифференцированного расчета объема земляных работ.

3. Полученные аналитические зависимости для расчета объемов земляных работ по отдельным элементам земляного полотна для четырех возможных случаев позволяют установить

потребность в грунтах различного качества для возведения полотна, разработать технологические процессы его строительства, выполнить сравнение различных конструкций дорожных одежд с учетом изменения объемов работ по отдельным элементам полотна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афоничев Д.Н.* Дифференциальная оценка распределения грунтовых масс по длине строящейся дороги // Изв. вузов. 2005. Приложение № 1. С. 100–104.
2. *Афоничев Д.Н.* Совершенствование расчета объемов земляных работ в системе автоматизированного проектирования автомобильных дорог. Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 2008. 117 с.
3. *Занин А.А.* Обоснование толщины дополнительного слоя дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог // Ресурсосберегающие и экологически перспективные технологии и машины лесного комплекса будущего: материалы междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 55-летию лесоинженерного факультета ВГЛТА // Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 2009. С. 278–282.
4. МОДН 2–2001. Проектирование нежестких дорожных одежд М.: ФГУП «СоюздорНИИ», 2002. 155 с.
5. СНиП 2.05.02–85*. Автомобильные дороги. М.: ФГУП ЦПП; Госстрой России, 2004. 54 с.
6. СНиП 2.05.07–91*. Промышленный транспорт. М.: АПП ЦИТП; Госстрой России, 1996. 120 с.

Поступила 13.11.10

D.N. Afonichev, V.A. Morkovin, A.A. Zanin
Voronezh State Forestry Academy

Earth Works Volumes Differential Calculations Based on the Earth-Bed Elements of the Small Embankments Plots

Four cases of the earth works differential calculations on the plot of small embankment are considered depending on the working marks volumes of the prismatoid's border cross-section and vegetable-soil removal thickness. Analytical dependences given for the earth works volume calculations by the separate elements of the earth-bed make possible to identify the requirements in the grounds of different quality, as well as to develop technological methods necessary for the earth-bed construction and to compare various designs of the road clothes.

Keywords: wood road, excavations, working marks, small embankments, embankment volume, dredging volume, ditch, the area of cross-section
