

УДК 625.731.2.002.5

Д.В. Демидов

Демидов Дмитрий Валентинович родился в 1974 г., окончил в 1996 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, старший преподаватель кафедры математической экономики и эконометрики Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 26 печатных работ в области экономики, организации и технологии дорожно-строительного производства.



**ПРИМЕНЕНИЕ НОМОГРАММ ПРИ РАСЧЕТАХ
ЧИСЛА
ВЕДУЩИХ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН
И ДЛИНЫ ЗАХВАТКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ**

Предложены номограммы для расчета необходимого числа землеройно-транспортных машин и длины захватки при проектировании лесовозных автомобильных дорог.

Ключевые слова: длина захватки, проект производства работ, ведущие землеройно-транспортные машины.

Истощение большинства участков лесного фонда лесозаготовками приводит к вовлечению в эксплуатацию лесов I и II групп, сокращению площадей спелых лесонасаждений, уменьшению размеров лесосек и необходимости увеличения длины лесовозных дорог. В то же время Лесной кодекс РФ [3] требует рационально использовать лесосырьевые ресурсы на основе научно обоснованного, многоцелевого лесопользования в условиях рыночной экономики, новых подходов к проектированию и размещению лесотранспортных сетей.

Эффективность земляных работ при строительстве лесовозных дорог зависит от уровня их механизации и назначения дорожно-строительных машин, в первую очередь ведущих, на расчетную длину захватки. Сложность грунтовых условий и объемно-планировочных решений объекта ограничивает выбор землеройно-транспортных машин [1]. При их назначении необходимо учитывать комплекс таких организационно-технологических факторов, влияющих на длину сменной захватки, как вид грунта, объемы земляных работ на 1 км и сроки их производства, дальность транспортирования (перемещения) грунта. Правильный выбор ведущих машин затруднен и в большинстве случаев не удовлетворяет требованиям минимума стоимости и трудоемкости производства земляных работ.

Целью статьи является применение математических методов для определения количества ведущих землеройно-транспортных машин и длины

захватки. Для принятия решения в сложной производственной задаче целесообразно применять номограммы.

Между числом ведущих землеройно-транспортных машин и требуемыми объемами земляных работ существует условие, выражаемое уравнением

$$N H_{\text{выр}} \geq V_{\text{см}}, \quad (1)$$

где N – число ведущих машин для производства земляных работ, шт.;
 $H_{\text{выр}}$ – норма выработки (производительность) одной машины при конкретных условиях, м³ грунта / см.;
 $V_{\text{см}}$ – сменный объем работ, м³ грунта.

Под сменным объемом земляных работ понимаем объем работ на захватке

$$V_{\text{см}} = V_{\text{дор}} / N_{\text{захв}},$$

где $V_{\text{дор}}$ – объем земляных работ на дороге;

$N_{\text{захв}}$ – число захваток на дорогу (число смен работы машин).

Выражая число захваток через длину строящейся дороги $L_{\text{дор}}$ и учитывая, что отношение $V_{\text{дор}}/L_{\text{дор}}$ обозначает объем земляных работ на 1 км дороги ($V_{1 \text{ км}}$), получаем

$$L_{\text{захв}} \leq 1000 \frac{N H_{\text{выр}}}{V_{1 \text{ км}}}, \quad (2)$$

где $L_{\text{захв}}$ – длина захватки.

Исходя из числа ведущих землеройно-транспортных машин, выработки машины и объемов земляных работ на 1 км строящейся дороги, можно по формуле (2) определить предельную длину захватки для установленного состава звена ведущих землеройно-транспортных машин. С другой стороны, длину захватки можно найти по формуле

$$L_{\text{захв}} = \frac{L_{\text{дор}}}{T_{\text{см}} - N_{\text{р}}}, \quad (3)$$

где $L_{\text{дор}}$ – длина строящейся дороги, м;

$T_{\text{см}}$ – число рабочих смен в строительном сезоне;

$N_{\text{р}}$ – период развертывания комплексного потока, см.

Подставляя (3) в (2), получаем максимально возможный объем земляных работ на 1 км дороги для разработки звеном ведущих землеройно-транспортных машин:

$$V_{1 \text{ км}} \leq N H_{\text{выр}} / L_{\text{захв}}.$$

Используя неравенство (1), находим минимальное требуемое число ведущих землеройно-транспортных машин для выполнения заданного объема земляных работ в зависимости от длины дороги, календарной продолжительности строительного сезона, объема земляных работ на 1 км дороги и нормы выработки машины:

$$N \geq \frac{L_{\text{дор}} V_{1\text{км}}}{H_{\text{выр}} (C_{\text{см}} - N_{\text{р}})}$$

Оптимизацию числа ведущих машин проводим с учетом факторов внешней среды (вид грунта, определяемый гранулометрическим составом; категория трудности разработки, зависящая от физико-механических характеристик грунта; рельеф местности, влияющий на увеличение (снижение) производительности машины; параметры строительного объекта (объемы земляных работ на 1 км, дальность перемещения (транспортирования) грунта, длина сменной захватки).

При разработке номограмм принимаем:

- к ведущим землеройно-транспортным машинам относят: бульдозеры; скреперы прицепные и самоходные; экскаваторы одноковшовые с автомобильной вывозкой; автомобили-самосвалы грузоподъемностью до 12 т;
- насыпь возводят на грунтах I и II категорий трудности разработки, используемых для всех видов ведущих землеройно-транспортных машин;
- категории трудности разработки грунтов могут быть различными для разных машин;
- технологические пути при транспортировании грунта делят на дороги с покрытиями низшего типа и с переходным типом покрытия;
- длину сменной захватки назначают кратной 25 м, но не менее 100 м; для участков дорог с большими объемами земляных работ на 1 км длина сменной захватки может быть снижена до 50 м.

При разработке номограмм использованы имитационные модели, в которых состояния системы пересчитывают через равные расстояния транспортирования грунта и число машин на захватке увеличивается ступенчато до максимума по фронту работ. Для определения числа ведущих машин при установленной длине захватки или, наоборот, требуемой длины захватки при известном числе ведущих машин номограммы составляют на основе условия (1). Левую часть неравенства представляют в виде зависимости $s = f(y)$, где s – сменная выработка машин ($N H_{\text{выр}}$), y – сменная норма выработки. Поскольку сменная выработка машины (y) зависит от расстояния перемещения (x), то имеем $y = f(x)$.

Таким образом, зависимость $s = f(x)$ получаем в виде $s = bcx^a$, где: $y = bx^a$ – сменная норма выработки машины; x – расстояние перемещения грунта; c – число ведущих машин; a и b – эмпирические коэффициенты, определенные для каждой машины.

Правую часть неравенства представляем как $v = f(u)$, где u – длина захватки работы звена ведущих землеройно-транспортных машин. Окончательно линейная зависимость сменных объемов работ от длины захватки будет иметь вид $v = ku$, где k – объемы земляных работ на 1 км.

Окончательная форма неравенства для построения номограмм (рис. 1) при определении числа ведущих землеройно-транспортных машин (бульдозеры, скреперы) имеет вид $bcsx^a \geq ki$.

Линии объемов земляных работ на 1 км нанесены через интервал 1 тыс. м³/км. Это дает возможность определения длины захватки как по всей длине дороги в течение всего строительного сезона, так и по конкретным участкам. Учитывают ряд ограничений, в первую очередь, предельной плотности ведущих машин по фронту земляных работ. С.Н. Деревянко и Б.И. Файн [2] установили, что по мере роста плотности потока интенсивность движения вначале растет, достигая максимума, а затем падает. Поэтому при выполнении значительных объемов земляных работ производительность звена машин не пропорциональна их числу и существует предел, после которого нецелесообразно укрупнять звено: для экскаваторов –

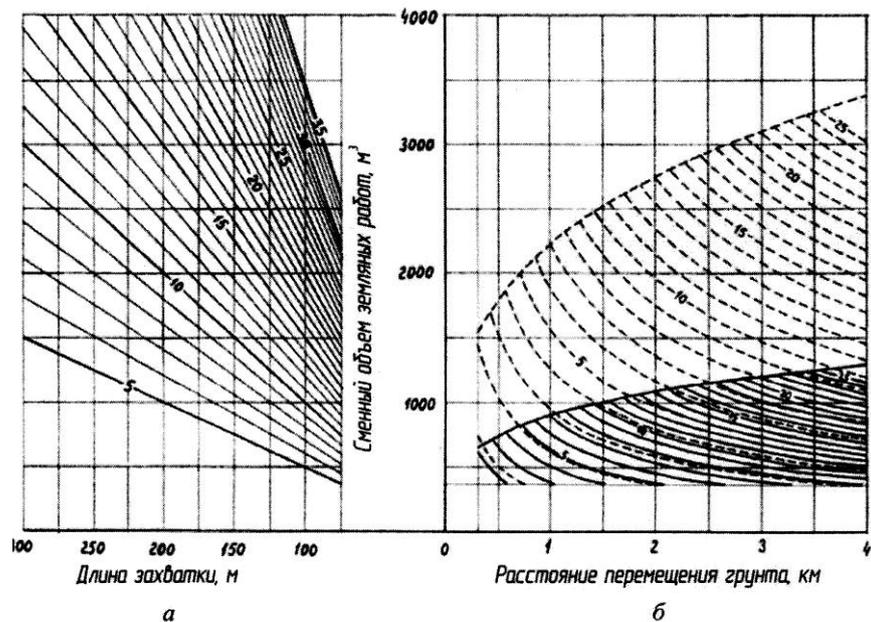


Рис. 1. Номограмма для определения длины захватки (а) и расстояния перемещения грунта (б) звеном самоходных скреперов с объемом ковша 8 м³ (сплошные линии) и 15 м³ (штриховые линии). В левой части номограммы цифры на прямых – объемы земляных работ, тыс. м³ на 1 км; в правой части цифры на кривых – число ведущих машин

1 машина на забое, для скреперов и автосамосвалов – соответственно 7 и 5 машин на 1 км дальности перевозки грунта.

Предельное число автосамосвалов (N_a) для одного экскаватора находят по формуле

$$N_a = \frac{H_{\text{выр}}^э}{H_{\text{выр}}^а} \leq 5L, \quad (4)$$

где $H_{\text{выр}}^э$, $H_{\text{выр}}^а$ – нормы выработки соответственно экскаватора и автосамосвала в смену, м^3 ;

L – расстояние транспортирования грунта.

Исходя из выработки автосамосвалов в зависимости от их грузоподъемности, плотности грунта и дальности транспортирования, по номограммам (основанным на неравенстве (4)) можно найти требуемые объем ковша экскаватора и число автосамосвалов (рис. 2 и 3).

В целом при проектировании лесовозных автомобильных дорог разработано 13 номограмм по определению длины захватки работы звена ведущих землеройно-транспортных машин и 7 номограмм по определению числа автомобилей-самосвалов. Целесообразно к полученной по номограм-

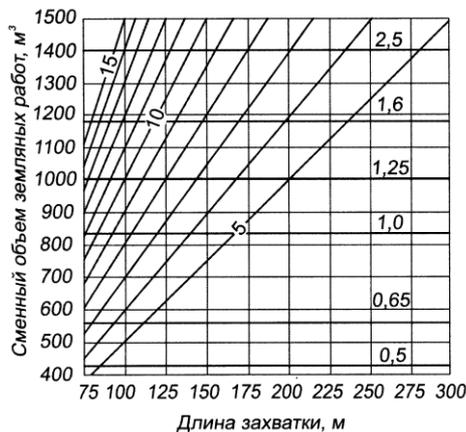


Рис. 2. Графики для определения длины захватки при разработке и погрузке грунта I группы в автосамосвалы в сосредоточенном резерве одноковшовыми экскаваторами. Цифры на наклонных линиях обозначают объем земляных работ, тыс. м^3 на 1 км; на горизонтальных линиях – объем ковша экскаватора, м^3

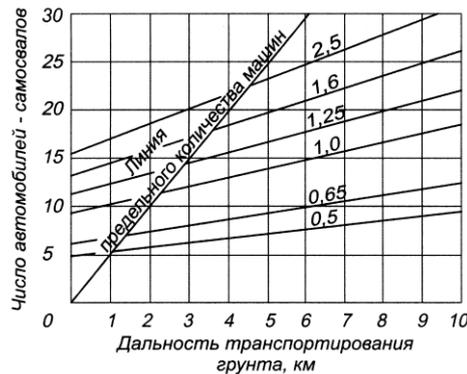


Рис. 3. Графики для определения числа автомобилей-самосвалов грузоподъемностью 12 т в зависимости от дальности транспортирования грунта (гравийно-галечный, размер частиц до 80 мм, I категория трудности разработки, плотность $1,75 \text{ т/м}^3$). Цифры на наклонных линиях – объем ковша экскаватора, м^3

мам потребности машин вводить коэффициент технической готовности землеройно-транспортных машин и автотранспорта, получая списочное количество машин для компенсации простоев основного звена по техническим причинам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ Р ИСО 6165-99. Машины землеройные. Классификация. Термины и определения.

2. Деревялко С.Н. Оптимальная механизация скоростного строительства автомобильных дорог / С.Н. Деревялко. – Харьков: Вища школа, 1983.
3. Лесной кодекс РФ. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1997.

D.V. Demidov

Use of Nomograms in Calculation of Number of Leading Digging-and-transporting Machines and Grip Length for Wood Track Construction

Nomograms for calculation of the necessary number of digging-and-transporting machines and grip length are provided for wood tracks design.

