

Эксплуатационное направление весьма эффективно с точки зрения снижения экологического ущерба от первичного транспорта леса. Работа не требует значительных финансовых и материальных затрат.

**Л е с о в о д ч е с к о е.** Задача сводится к изучению влияния уплотнения почвы на «возделывание» лесных культур и разработке способов разуплотнения почвы. Необходимо исследовать целесообразность разуплотнения почвы механическим способом, тем более что уплотненная площадь лесосеки небольшая. Можно прогнозировать, что собранные на волоке порубочные остатки в процессе гниения будут выполнять разуплотняющие функции.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Анисимов Г. М. Эксплуатационная эффективность трелевочных тракторов. - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - 208 с. [2]. Барановский В. А., Некрасов Р. М. Система машин для лесозаготовок. - М.: Лесн. пром-сть, 1977. - 266 с.

Поступила 19 июня 1995 г.

УДК 630\* 377. 44: 629.017

*Г.М.АНИСИМОВ*

С.-Петербургская лесотехническая академия

### МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОХОДИМОСТИ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

Предложены новые методика и показатели, позволяющие прогнозировать проходимость трелевочного трактора.

New methods and indices permitting forecast of the skidding tractor's capacity for cross-country travel have been offered.

Известно, что проходимость лесосечных машин зависит от технических решений и параметров ходовой системы, их поворотливости и процессов, возникающих в зоне контакта движителя с опорной поверхностью, которые определяются коэффициентами сопротивления качению  $f$ , сцепления движителя с грунтом  $\phi$  и буксования (или потери от буксования)  $\delta$ .

При исследовании проходимости лесосечных машин необходимо иметь в виду, что их генеральная совокупность подчиняется закону нормального распределения. Подавляющее большинство машин эксплуатируется в нормальных (типичных для лесопромышленной зоны) условиях и только небольшая часть в очень легких и очень тяжелых.

Характерная особенность взаимодействия трелевочной системы с волоком состоит в том, что с увеличением трелеваемой пачки древесины сила сопротивления волока растет медленнее, чем сила сцепления движителя с опорной поверхностью, поэтому в нормальных условиях эксплуатации потери от буксования не должны превышать значения, регламентированного ГОСТом (при прямолинейном движении гусеничного трактора – 5 %, колесного – 18 %). На поворотах потери от буксования значительно выше.

Для оценки проходимости машин различного назначения применяют геометрические, тяговые и опорно-сцепные показатели. Рассмотрим некоторые из них.

Удельная мощность системы  $N_y$ :

$$N_y = N_{ен} / G_c, \quad (1)$$

где  $N_{ен}$  – номинальная мощность двигателя;

$G_c$  – вес трелевочной системы.

Удельная мощность характеризует проходимость любой транспортной системы только качественно. Применительно к трелевочным системам этот показатель, с нашей точки зрения, неприемлем, так как с ухудшением условий движения уменьшается рейсовая нагрузка, что приводит к увеличению удельной мощности и возможному снижению проходимости.

К качественным показателям можно отнести также давление движителя на опорную поверхность и коэффициент его сцепления с грунтом. Их применение весьма ограничено. Максимальное давление гусеничного движителя на грунт может превышать его среднее значение в 2 – 4 раза, а колесного – на 30...40 %. Этот показатель не отражает энергонасыщенности машины и энергоемкости процесса трелевки.

Для предварительной оценки проходимости автомобилей применяют качественный критерий проходимости  $\Pi_{сц}$  [2, с. 264–266]:

$$\Pi_{сц} = 1 - \frac{f}{\phi K_{сц}}, \quad (2)$$

где  $K_{сц}$  – коэффициент сцепного веса системы.

Анализ показал невозможность применения этого критерия для оценки проходимости трелевочного трактора, так как он не учитывает энергетических свойств трелевочной системы, соотношения несущей

способности грунта и давления движителя. Кроме этого, отношение коэффициентов сопротивления и сцепления неприменимо для трелевочного трактора, трелеющего пачку в полупогруженном положении.

Более 30 лет в научных изданиях и учебниках используют комплексный фактор проходимости, предложенный в НАМИ [2]. Применительно к трелевочным тракторам этот фактор  $\Pi$  можно записать следующим образом:

$$\Pi = \frac{Q_1 v_1 g_1}{Q_2 v_2 g_2}, \quad (3)$$

где  $Q_1, Q_2$  – рейсовая нагрузка соответственно при трелевке пачки по тяжелому волоку (с большим значением коэффициента сопротивления движению) и эталонному или типичному для конкретных производственных условий;

$v_1, v_2$  – средняя скорость движения трелевочной системы;

$g_1, g_2$  – путевой расход топлива.

Чем больше значение  $\Pi$ , тем лучше проходимость машины. Формула (3) учитывает энергозатраты на трелевку и производительность, однако этот метод не позволяет прогнозировать время движения при трелевке пачки по тяжелому и эталонному волокам ( $t_1$  и  $t_2$ ) и путевой расход топлива, следовательно, проходимость трелевочной системы можно оценить после завершения процесса трелевки, что не имеет практического смысла.

Выполненные исследования [1] позволяют трансформировать формулу (3) для прогнозирования проходимости трелевочного трактора. Например, путевой расход топлива  $g_2$  можно выразить через удельный технологический расход топлива при трелевке по эталонному волоку  $g_{y,э}$ , г/(м<sup>3</sup> · км) или г/(т · км), [1] на участке длиной  $S_2$ :

$$g_2 = g_{y,э} Q_2 S_2. \quad (4)$$

При оценке эксплуатационной эффективности трелевочных тракторов удельный технологический расход топлива представлен зависимостью [1]

$$g_y = \frac{\psi_y g_k}{\eta_{т.т}}, \quad (5)$$

где  $\psi_y$  – условный коэффициент сопротивления движению пачки;

$g_k$  – удельный расход топлива в зависимости от загрузки двигателя по мощности;

$\eta_{т.т}$  – тяговый показатель трелевочного трактора.

Преобразовав выражения (3) и (5), можно получить формулу для оценки проходимости трелевочного трактора:

$$\Pi = \frac{g_{y,z} l_z}{g_{y,t} l_t} = K_u K_\eta K_l K_g, \quad (6)$$

где  $K_u = \frac{\psi_{y,z}}{\psi_{y,t}}$ ;  $K_\eta = \frac{\eta_{t,t}^z}{\eta_{t,t}^t}$ ;  $K_l = \frac{l_z}{l_t}$ ;  $K_g = \frac{g_{k,z}}{g_{k,t}}$ .

Индексы «т» и «з» отражают принадлежность показателя к условиям эксплуатации.

Условный коэффициент сопротивления движению пачки можно выразить через коэффициент сопротивления движению трелевочной системы  $\psi_c$  и коэффициент условной тяги системы  $K_G$  [1]:

$$\psi_y = \psi_c K_G,$$

где  $K_G = \eta_{t,t} / \eta_G$  ( $\eta_G$  – коэффициент полезного использования веса системы,  $\eta_G = Q / G_c$ ;

$Q$  – рейсовая нагрузка.

Коэффициенты сопротивления движению системы определяются по почвенно-грунтовым условиям или экспериментальному материалу, например приведенному в работе [1]. В ней вскрыта сущность тягового показателя трелевочного трактора, определены и исследованы его значения. Графические зависимости для широкого диапазона энергонасыщенности трелевочного трактора и рейсовых нагрузок приведены на рис. 1.

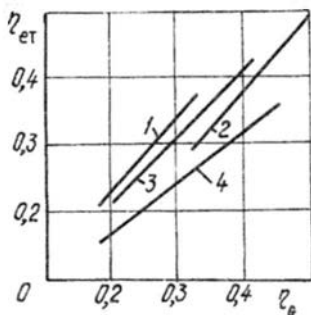


Рис. 1. Зависимость тягового показателя  $\eta_{ет}$  от коэффициента полезного использования веса системы  $\eta_G$ : 1 – ТБ-1, ТБ-1М, энергонасыщенность трактора  $N_G = 5,3 \dots 6,7$  кВт/т, лето; 2 – ТДТ-55А, ТЛТ-100,  $N_G = 5,5 \dots 7,3$  кВт/т, осень; 3 – ТДТ-55, ТДТ-55А, ТЛТ-100,  $N_G = 5,0 \dots 7,3$  кВт/т, зима; 4 – ТБ-1М,  $N_G = 6,7$  кВт/т, весна

Разработанная теория прогнозирования использования передач по времени [1] позволяет определить время трелевки на отдельных передачах и средневзвешенное значение коэффициента загрузки двигателя по мощности для нахождения удельного расхода топлива двигателя. Таким образом, все необходимые показатели и коэффициенты прогнозируются, и формула (6) пригодна для определения проходимости трелевочной системы в различных условиях.

По данным, приведенным в работе [1, табл. 4.2], поясним методу прогнозирования проходимости трелевочной системы на базе трактора ТДТ-55А для следующих условий: тяжелый волок, лето:

$Q = 52$  кН;  $\psi_{y,t} = 0,340$ ;  $\eta_{t,t} = 0,55$ ;  $K_N = 0,70$ ; эталонный волок, зима:  
 $Q = 65$  кН;  $\psi_{y,z} = 0,247$ ;  $\eta_{t,t}^z = 0,56$ ;  $K_N = 0,64$ .

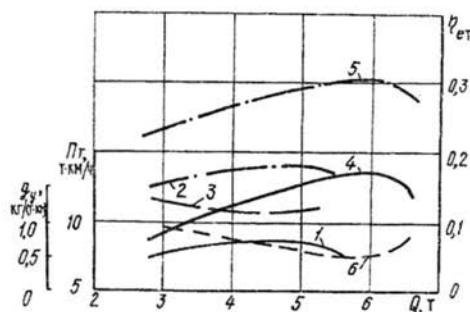
Находим  $K_w = 0,726$ ;  $K_t = 0,751$ ;  $K_n = 0,980$ ;  $K_g = 1,28$ ;  
 $\Pi = 0,726 \cdot 0,980 \cdot 0,751 \cdot 1,28 = 0,683$ . Здесь  $K_N$  – коэффициент загрузки двигателя по мощности,  $K_t$  и  $K_g$  вычисляются по полученным экспериментом  $t$  и  $g$ .

Следовательно, в тяжелых условиях при трелевке пачки по легкому волоку проходимость составляет 0,683 от проходимости по эталонному зимнему.

Принципиальный недостаток оценки проходимости по формуле (3) и полученному после ее трансформации выражению (6) – отсутствие методики прогнозирования оптимальной рейсовой нагрузки для конкретного сочетания энергонасыщенности и свойств трелевочного волока, при котором производительность трелевочной системы максимальна.

В работе [1] обоснован эффективный показатель трелевочного трактора  $\eta_{er}$ . Теоретически и экспериментально доказано, что только у этого показателя графическая зависимость от рейсовой нагрузки имеет экстремум, в зоне которого достигается максимальная транспортная производительность и минимальный удельный расход топлива (рис. 2). При оптимальной массе трелеваемой пачки (6 т) на осеннем волоке-полигоне длиной 1500 м получены производительность 14,3 т · км/ч, удельный технологический расход топлива 0,76 кг/(т · км), время трелевки 0,629 ч; при массе пачки 3 т соответственно 10,0 т · км/ч, 1,14 кг/(т · км) и 0,450 ч [1].

Рис. 2. Зависимость технико-эксплуатационных показателей трактора ТДТ-55А от рейсовой нагрузки  $Q_r$ : сплошная линия –  $\Pi_r$ ; штриховая –  $g_y$ ; штрих-пунктирная –  $\eta_{er}$ ; 1 – 3 – зимний снежный; 4 – 6 – осенний волок



По формуле (6) определим проходимость. Для массы 6 т имеем  $g_{y6t_6} = 0,76 \cdot 0,629 = 0,478$ ; для массы 3 т  $g_{y3t_3} = 1,14 \cdot 0,45 = 0,513$ . Тогда

$$\Pi_3 = \frac{g_{y3t_3}}{g_{y6t_6}} = \frac{0,513}{0,478} = 1,073;$$

$$\Pi_6 = \frac{g_{y6t_6}}{g_{y3t_3}} = \frac{0,478}{0,513} = 0,931.$$

Пример показывает, что при массе 3 т проходимость выше, чем при оптимальной (6 т), но в последнем случае достигаются высшая производительность и минимальный удельный технологический расход топлива, т.е. минимум энергоемкости процесса трелевки. Следовательно, в зоне экстремального значения  $\eta_{\text{ет}}$  наблюдается такая проходимость, при которой эксплуатационная эффективность работы трелевочного трактора максимальна.

Еще пример. Оценим проходимость трактора ТДТ-55А в различных условиях трелевки с использованием эффективного показателя. Сравним проходимость трактора при трелевке пачки древесины объемом 3 м<sup>3</sup> по осеннему и снежному зимнему волокам.

Из примера (7) для осеннего волокна

$$g_{y.o} t_o = 1,14 \cdot 0,45 = 0,513.$$

Данные, полученные при трелевке пачки древесины по снежному зимнему волоку, берем из работы [1]:  $\Pi_T = 6,8 \text{ т} \cdot \text{км/ч}$ ;  $g_{y.z} = 1,31 \text{ кг/(т} \cdot \text{км)}$ ;  $t_z = 0,692$ ;  $g_{y.z} t_z = 1,31 \cdot 0,692 = 0,904$ . За эталонный принимаем осенний волок, тогда проходимость по тяжелому зимнему волоку

$$\Pi = 0,513 : 0,904 = 0,576.$$

Таким образом, проходимость трелевочного трактора по тяжелому зимнему снежному волоку составляет 0,576 от проходимости по осеннему волоку.

Отметим, что в зоне экстремального значения  $\eta_{\text{ет}}$  достигаются минимальные удельные потери от буксования, а следовательно, минимальное уплотнение и разрушение лесной почвы от воздействия движителя.

### Выводы

1. Существующие аналитические зависимости и методы оценки проходимости не учитывают некоторых параметров трелевочной системы и свойств волокна. Они непригодны для прогнозирования проходимости трелевочного трактора и оптимизации рейсовой нагрузки.

2. Формула (6) позволяет прогнозировать проходимость трелевочного трактора в различных производственных условиях.

3. Эффективность работы трелевочного трактора определяется не проходимостью, а максимальной производительностью при минимальном удельном технологическом расходе топлива, которые достигаются при оптимальном соответствии рейсовой нагрузки и энергонасыщенности свойствам волокна. Оптимальную рейсовую нагрузку для данного сочетания энергонасыщенности и свойств волокна можно прогнозировать на основании эффективного показателя трелевочного трактора.

4. Разработанная методика позволяет прогнозировать экстремальное значение эффективного показателя трелевочного трактора, при котором эксплуатационная эффективность и проходимость трелевочного трактора максимальны.