

УДК 630*372

И.В. Григорьев, А.И. Жукова

Григорьев Игорь Владиславович окончил в 1996 г. С.-Петербургскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент, зам. заведующего кафедрой технологии лесозаготовительных производств СПбЛТА. Имеет около 30 печатных трудов в области отраслевой технологии.



Жукова Антонина Ивановна окончила в 1998 г. С.-Петербургскую лесотехническую академию, аспирант кафедры технологии лесозаготовительных производств СПбЛТА. Имеет 5 печатных трудов по отраслевой технологии.



КООРДИНАТНО-ОБЪЕМНАЯ МАТОДИКА ТРАССИРОВАНИЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ЛЕСОСЕК ТРЕЛЕВКОЙ*

Разработана методика прокладки трасс трелевки, позволяющая оптимизировать работу первичного транспорта леса с учетом конкретных природно-производственных условий.

Ключевые слова: трелевка, лесосека, волок, проходы, методика трассирования.

Известно, что почти на всякой лесосеке имеются участки (выдела) с различным запасом леса на гектаре, труднопроходимые для трелевочных машин по почвенно-грунтовым и рельефным условиям, а также биотопы, которые приходится объезжать. К выделам с большим запасом леса надо делать большее число рейсов. На участках со слабонесущими грунтами требуется ограничивать вес пачки или дополнительно укреплять волок, на участках с подъемами и спусками в грузовом направлении – ограничивать вес пачки по касательной силе тяги трактора.

Мощность N трактора, необходимая для трелевки пачки по волоку, зависит от касательной силы тяги F_k и скорости ее движения V :

* Работа выполнена по совместному гранту Министерства образования РФ и администрации С.-Петербурга на тему «Обоснование способа трелевки и параметров трелевочных систем на базе различных типов трелевочных тракторов для наиболее распространенных природно-производственных условий Российской Федерации».

$$N = \frac{F_{\dot{\epsilon}} V}{\eta}, \quad (1)$$

где η – КПД передачи от двигателя к движителю.

Мощность установленного на трелевочной машине двигателя известна, и машина должна работать в режимах, при которых N близко или равно $N_{\text{ном}}$.

Следовательно, для любого участка лесосеки имеем

$$F_k V = N \eta. \quad (2)$$

Если собственный вес трактора с полупогруженной пачкой хлыстов G_T , вес пачки G_B , k' – доля G_B от G_T и трактор движется на подъем (спуск) с некоторым углом α , то касательную силу тяги можно определить приближенно из выражения

$$F_k = G_T(\varphi_T \cos \alpha \pm \sin \alpha) + k' G_B(\varphi_T \cos \alpha \pm \sin \alpha) + (1 - k') G_B(\varphi_B \cos \alpha \pm \sin \alpha), \quad (3)$$

где φ_T , φ_B – коэффициенты сопротивления движению соответственно трактора и волочащейся части пачки.

В этой формуле не учитывается смещение центра тяжести трактора с долей пачки относительно центра тяжести самого трактора, что приводит к перераспределению давлений движителя на грунт.

На протяжении волока φ_T , φ_B и α могут отличаться весьма существенно. В ряде случаев $\varphi_B \gg \varphi_T$, и тогда трактор буксует, что приводит к сильным повреждениям почвы.

Значения φ_T и φ_B в уравнении (3) лишь частично отражают почвенно-грунтовые условия, а угол α – рельеф на отдельных участках. Значения φ_T во многом зависят от давления движителя на грунт, состояния поверхности почвы и других факторов, φ_B – от состава древостоя, развитости кроны (при трелевке деревьев), направления комлей и других факторов.

При холостом ходе трактора в уравнении (3) $G_B = 0$ и $F_{k,x} = G_T(\varphi_T \cos \alpha \pm \sin \alpha)$, следовательно, скорости движения при грузовом и холостом ходах можно получить из выражения (2):

$$V_{\dot{\alpha},\dot{\delta}} = \frac{N \eta}{F_{\dot{\epsilon}}}; \quad V_{\dot{\delta},x} = \frac{N \eta}{F_{\dot{\epsilon},x}}. \quad (4)$$

Но поскольку $F_{k,x} < F_k$, то $V_{x,x} > V_{T,x}$ и при известной протяженности отдельных участков нетрудно рассчитать время их прохождения в грузовом и холостом направлениях.

Из выражений (3) и (4) можно сделать вывод, что, поддерживая мощность, близкую к номинальной, можно увеличивать скорости движения или вес пачки, снижая вес трактора и коэффициенты сопротивления движению.

Вес трелеваемой пачки можно найти по формуле

$$G_B = \frac{N \eta - G_{\dot{\delta}} V_{\dot{\alpha},\dot{\delta}} (\varphi_{\dot{\delta}} \cos \alpha \pm \sin \alpha)}{V_{\dot{\alpha},\dot{\delta}} [k' (\varphi_{\dot{\delta}} \cos \alpha \pm \sin \alpha) + (1 - k') (\varphi_T \cos \alpha \pm \sin \alpha)]}. \quad (5)$$

Вес трактора зависит от его конструктивных особенностей, φ_T – от состояния трассы.

Если для всех участков рассчитывать вес пачки и скорости движений, то можно определить время цикла трелевки пачки.

Особый вопрос состоит в определении долговечности отдельных участков, числа двойных проходов трелевочной машины и трелевочной системы на том или ином участке для предотвращения перехода слабых (полезных) повреждений почвы в сильные.

Очевидно, что чем ближе участок к погрузочному пункту, тем больше двойных проходов на него приходится.

Проведенные нами теоретические исследования показывают, что для снижения затрат на освоение лесосеки, а также степени повреждения почвы необходимо знать подробную ее характеристику. До начала разработки лесосеки надо иметь по крайней мере три ее карты-характеристики: на одной должны быть изображены все выдела, т. е. отдельные части лесосеки с определенным составом древостоя, средним объемом хлыста и запасом леса на гектаре; на другой – площади с примерно одинаковой несущей способностью грунтов, в том числе не проходимые для машины; на третьей – все особенности рельефа (подъемы, спуски и их параметры, ручьи, канавы и т. п.).

Если масштабы всех карт одинаковы, то, наложив одну на другую, получим достаточно подробную характеристику каждой точки лесосеки. Выбрав произвольную систему координат, например ось абсцисс параллельно фронту отгрузки (усу или как-то иначе), можно однозначно привязать каждую точку на местности и знать ее подробную характеристику.

Выдел с некоторым запасом q_i леса на гектаре может иметь произвольную форму площади S_i . Но какой бы ни была форма выдела, на ней всегда можно найти центр запаса леса (ЦЗЛ), по аналогии с центром тяжести плоской фигуры одинаковой плотности. По первой карте можно определить координаты ЦЗЛ (x_i, y_i) . Если площадь выдела слишком велика или форма площади очень сложна, ее следует произвольно разбить на части и определить ЦЗЛ каждой части и координаты на карте. Тогда координаты ЦЗЛ всего выдела можно вычислить по формулам

$$x_i = \frac{q_i(S_1x_1 + S_2x_2 + \dots + S_nx_n)}{x_1 + x_2 + \dots + x_n}; \quad y_i = \frac{q_i(S_1y_1 + S_2y_2 + \dots + S_ny_n)}{y_1 + y_2 + \dots + y_n}, \quad (6)$$

где n – число частей разбитой площади выдела;

S_n, x_n, y_n – площади и координаты i -го выдела.

В общем виде для нескольких выделов можно записать:

$$x_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^z q_i S_i x_i}{\sum_{i=1}^z x_i}; \quad y_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^z q_i S_i y_i}{\sum_{i=1}^z y_i}. \quad (7)$$

Если по тем или иным причинам невозможно или крайне нецелесообразно провести волок по ЦЗЛ двух выделов, а приходится прокладывать

его между двумя соседними, то координаты точки условно сдвоенного выдела, состоящего из двух участков, разных по площади и запасу леса, можно вычислить как

$$x_c = \frac{q_1 S_1 x_1 + q_2 S_2 x_2}{q_1 S_1 + q_2 S_2}; \quad y_c = \frac{q_1 S_1 y_1 + q_2 S_2 y_2}{q_1 S_1 + q_2 S_2}. \quad (8)$$

Трасса волоков от данного ЦЗЛ до условно сдвоенного ЦЗЛ двух выделов оказывается сопряженной, однако спрямление волоков может оказаться невозможным по рельефу и почвенно-грунтовым условиям.

Таким образом, объемно-координатный способ в сочетании с рельефными и почвенно-грунтовыми ограничениями позволит вполне обоснованно составлять схемы расположения волоков на лесосеке и тем самым свести к минимуму энергетические и материальные затраты на трелевку хлыстов и деревьев, а также ухудшение лесорастительных условий.

Такую методику можно, по нашему мнению, применить и при строительстве лесовозных усов. Только вместо термина «выдел» следует принять термин «лесосека». Разумеется, масштабы карт и расположение координатных осей могут быть иными, в частности, совпадать с географической системой координат.

Износ волока сильно влияет на коэффициенты φ_t и φ_n сопротивления движению трактора и волочащейся части пачки хлыстов или деревьев, хотя эта зависимость не всегда явно просматривается. Дело в том, что формирование колеи зависит от почвенно-грунтовых условий. В одних случаях с увеличением числа двойных проходов трактора в некоторых местах грунт под гусеницами или колесами продавливается, уплотняется и φ_t уменьшается. Затем разрушается уплотненный слой, увеличиваются глубина колеи и φ_t . В других случаях грунт под гусеницами или колесами уплотняется очень слабо и почти сразу начинает разрушаться, глубина колеи постоянно увеличивается и φ_t довольно быстро достигает предельных значений.

Чтобы оценить степень уширения волока на отдельных его участках, надо знать требуемую наработку на каждом из них, т.е. определить, сколько двойных ходов трактора он должен выдерживать. Пусть волок пересекает n примыкающих к нему выделов, имеющих площади S_i и запасы леса на гектаре q_i . Общий объем древесины V_b , который необходимо стреловать по этой трассе к погрузочному пункту, и общее число двойных ходов Z_{\max} трактора можно вычислить, если определен объем V_n трелеваемой пачки с учетом рельефно-почвенных ограничений:

$$V_b = \sum_{i=1}^n S_i q_i; \quad Z_{\max} = \frac{V_b}{V_i}. \quad (9)$$

Протяженность l_1 этой части волока можно принять равной расстоянию от погрузочного пункта до ЦЗЛ ближайшего выдела, которая вычисляется по координатам ЦЗЛ и погрузочного пункта как расстояние между двумя точками по формуле

$$l_1 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (10)$$

или по карте с определенным масштабом с помощью линейки.

Объем хлыстов, трелюемых на втором участке волока от ЦЗЛ первого выдела до ЦЗЛ следующего выдела, оказывается меньше на величину объема хлыстов, вывезенных (стрелеванных) с первого выдела:

$$V_{в1} = V_{в} - S_1 q_1, \quad (11)$$

а число двойных ходов

$$Z_{\max-1} = \frac{V_{\hat{a}} - S_1 q_1}{V_i}. \quad (12)$$

Протяженность второго участка волока можно определить аналогично.

Очевидно, что по наиболее удаленному участку волока необходимо стреловать объем хлыстов

$$V_{вn} = S_n q_n \quad (13)$$

и совершить число двойных рейсов трактора

$$Z_{\min} = \frac{S_n q_n}{V_i}. \quad (14)$$

Планируемая наработка на тот или иной участок трассы в сочетании со знанием несущей способности грунтов и рельефом каждого участка позволит снизить энергозатраты на трелевку древесины и повреждения почвы. Однако необходимо учитывать, что всякие перегрузки трактора сверх допустимых для уменьшения числа ходов приводят к поломке или значительно сокращают его долговечность.

Таким образом, подробная характеристика почвенно-грунтовых и рельефных условий лесосеки в сочетании с координатно-объемной методикой трассирования позволяет получить такую схему расположения трасс трелевки, при которой суммарные затраты на трелевку могут быть сведены к минимальным, а повреждения почвы – к требуемым и позволяющим оптимизировать лесорастительные условия для последующего естественного лесовозобновления.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 12.03.03

I.V. Grigorjev, A.I. Zhukova

Coordinate-volumetric Technique of Routing when Developing Cutting Areas by Skidding

The technique of routing by skidding has been developed allowing to optimize the work of primary wood transport taking into account specific nature-and-production conditions.