



УДК 630*377

А.М. Кочнев¹, А.Н. Юшков²

¹С.-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

²Сыктывкарский лесной институт – филиал С.-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова

Кочнев Александр Михайлович родился в 1958 г., окончил в 1981 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры технологии лесозаготовительных производств С.-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, чл.-корр. РАЕН, академик МАН ВШ, почетный машиностроитель. Имеет более 110 печатных работ в области исследования и повышения технического уровня и эксплуатационной эффективности лесосечных машин.
E-mail: 777tcm@mail.ru



Юшков Александр Николаевич родился в 1966 г., окончил в 1993 г. С.-Петербургскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, декан лесотранспортного факультета Сыктывкарского лесного института. Имеет более 20 печатных работ в области исследования эффективности лесозаготовительных машин.
E-mail: ltf2@mail.ru



МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА ТРЕЛЕВОЧНЫХ ВОЛОКОВ ЛЕСОСЕКИ

Разработана методология выбора трасс трелевочных волоков лесосеки, являющаяся базисом для развития теории эксплуатационной эффективности трелевочных тракторов, в основу которой положена оптимизация эффективности установления соответствия рейсовой нагрузки, энергонасыщенности трактора и свойств волока.

Ключевые слова: лесосека, трелевочный волок, трелевочный трактор.

В современном представлении под методологией понимают научно обоснованную структуру, логическую организацию, методы и средства выполнения всего комплекса работ [1]. В лесоводственных требованиях к технологическим процессам сплошных рубок при использовании многооперационных машин отмечается, что технологический процесс лесозаготовительного производства включает три взаимосвязанных и взаимозависимых элемента – технику, технологию и организацию. Размер современной лесосеки может достигать значительных размеров, до 200 га (1000 × 2000 м). Расстояние между пасечными волоками (ширина пасек) должна быть не менее 1,5 высоты древостоя при рубках как главного, так и промежуточного пользования. Ширина магистральных волоков на прямолинейных участках трассы не должна превышать 5 м, пасечных волоков – 4 м с учетом уборки отдельных деревьев.

В технологической карте освоения лесосеки указывают технику и технологию рубок, нормативы по сохранению среды, технико-экономические нормативы и т.д. В каждом лесничестве в древостоях наиболее распространенных типов леса закладывают пробные площадки, размер которых составляет 3 % от площади лесосеки. Закладка пробных площадок должна быть не менее пяти по площади или диагонали. Эти пробные площадки отражают особенности опорной поверхности движения лесосечных машин. На лесосеке размером 200 га ликвидный запас древесины может составлять до 60 тыс. м³. При средней рейсовой нагрузке 6 м³ на трактор ТКЛ-4-01 необходимо выполнить около 10 тыс. рейсов. Следовательно, важно иметь методику, применение которой повысит эксплуатационную эффективность работы трелевочных тракторов. В зависимости от технологии работ на указанной выше площади можно наметить несколько сотен трасс волоков, но при более рациональном подходе, когда будет достигаться максимальная эксплуатационная эффективность работы тракторов, количество волоков может быть снижено до 150. Для разработки такой методологии только технологической карты лесосеки недостаточно.

Организация лесосечных работ на лесозаготовительных предприятиях РФ отстает от современных достижений, применяемых в смежных отраслях на основе современных методов и измерительных средств. За последние десятилетия резко вырос уровень механизации труда и операций, на некоторых он достиг 100 %, но прогресса в организации лесосечных работ на научной основе практически не наблюдается. Схема транспортного освоения лесосеки, включая трассирование трелевочных волоков, составляется интуитивно. Аналогичная ситуация наблюдается и при использовании лесохозяйственных машин и тракторных агрегатов.

В работе [4] доказано, что без научного, а главное, без современного приборного обеспечения выбора оптимальных трасс движения машин по лесосеке достичь эффективности их использования невозможно. В настоящее время для определения маршрута движения мобильных систем используют навигацию. В энциклопедическом представлении навигация – наука о способах и методах вождения судов, летательных аппаратов и т.д. Задача навигации – нахождение оптимального маршрута (траектории), определение местоположения и значений скорости и др. параметров движения объекта [9]. Предлагается создавать карты лесосек, аналогичные навигационным, в которых должны отражаться почвенно-грунтовые, рельефные и другие свойства опорной поверхности, определяющие режимы работы машин.

В первых изданиях учебников по тяговым машинам [7] и в более поздних работах [2] тяговый баланс лесотранспортных машин, движущихся равномерно со скоростью менее 25 км/ч, записывается как

$$P_k = P_f \pm P_i + P_{кр}, \quad (1)$$

где P_k – касательная сила тяги;

P_f – сила сопротивления качению,

$$P_f = fG; \quad (2)$$

- f – коэффициент сопротивления качению;
 G – вес машины, включая приходящуюся на нее полезную нагрузку;
 P_i – сила сопротивления подъему;
 $P_{кр}$ – крюковая сила тяги.

Модели (1) и (2) приняты из теории автомобилей общего назначения, в движении которых доминирует прямолинейное. С нашей точки зрения, они некорректны для трелевочных машин. При трелевке пачки древесины трелевочный трактор может до 70 % времени движения находиться в режиме поворота с разными радиусами кривизны [5, 8], при этом на его движение оказывает существенное воздействие сила сопротивления от поворота. Это сопротивление может значительно превосходить P_f , но в формулах тягового баланса это серьезное упущение не учитывается.

Для ликвидации этого упущения в данной работе предлагается ввести коэффициент сопротивления движению:

$$f_d = f + f_n + f_c, \quad (3)$$

где f_n – коэффициент сопротивления повороту;

f_c – коэффициент сопротивления скольжению древесины по почвогрунту лесосеки.

Коэффициент сопротивления f_n и сила сопротивления от поворота могут быть измерены, зарегистрированы и математически обработаны с помощью мобильного измерительного комплекса [3].

Коэффициент сопротивления дороги (волока)

$$\Psi = f_d \pm i, \quad (4)$$

где i – подъем, %.

При изучении рабочих режимов и эксплуатационной эффективности трелевочных тракторов обычно проводят исследовательские испытания с измерением касательной силы тяги и др. показателей, по которым определяются коэффициент f_d и др. Заводы лесного тракторостроения имеют испытательные станции с лесными волоками – полигонами с типичными почвенно-грунтовыми и рельефными свойствами для конкретного режима. Испытания тракторов на полигоне (волоке) позволяют исследовать составляющие коэффициента f_d и влияние на его значение пачки древесины, скорости движения трактора и т.д.

В монографиях [5, 8] приведены коэффициенты f_d и Ψ , полученные по результатам исследовательских испытаний различных трелевочных тракторов в производственных и полигонных условиях. Эти данные с определенной относительной погрешностью позволяют прогнозировать значения коэффициентов для практической работы. Например, рост массы гусеничного трелевочного трактора от 9 000 до 12 000 кг в полигонных условиях практически не приводил к изменению коэффициента f_d , а при росте до 15 500 кг коэффициент увеличился на 3,1 %. Повышение скорости движения гусеничного трактора от 2,5 до 9,5 км/ч увеличивало f_d только на 2,0 ... 4,0 %. При грузовом ходе коэффициент f_d может быть как больше, так и меньше, чем при холостом ходе. В работе [5] отмечено, что чем выше энергонасыщенность трелевочного трактора, тем меньше

рейсовая нагрузка влияет на f_d [5]. Это, видимо, объясняется тем, что часть пачки древесины, размещенная на машине, увеличивает ее вес на 15 ... 17 %. Значения коэффициента сопротивления скольжению f_c для различных почвенно-грунтовых условий приведены из монографии [7]. Следует отметить, что погрешность при выборе значения f_c слабо влияет на f_d . Для подавляющего большинства лесопромышленных регионов $f_c = 0,40 \pm 0,05$. Принимая верхний или нижний предел f_c для трактора ТКЛ-4-01, получаем изменение коэффициента f_d на $\pm 1,1\%$.

При разработке методологии выбора трелевочных волоков лесосеки учитывают особенности функционирования трелевочного трактора и его динамические свойства. Специфика возмущения колебаний крутящего момента в трансмиссии трелевочного трактора от микронеровностей волока, изменений физико-механических свойств почвогрунта, единичных препятствий может создать некоторую нестационарность в установившемся режиме. Следует отметить, что в реальных процессах, протекающих в мобильных механических системах, всегда имеют место некоторые нестационарности. Е.С. Вентцель [6] считает, что если случайный процесс нестационарен только за счет переменного математического ожидания, то это не мешает изучать его как стационарный процесс. Система «двигатель – гидромеханическая трансмиссия – движитель» имеет нелинейный элемент – гидромуфту. При исследовании различных тракторов на динамических схемах эти нелинейности имитируются муфтой, участок системы от ведущего колеса до турбинного колеса моделируется как линейная система. Следует отметить, что система «двигатель – трансмиссия – движитель» имеет существенную нелинейность – двигатель, но при составлении динамических схем на основе частотного анализа эти нелинейности «вырезаются» из схемы [5]. Линейные системы обладают свойством суперпозиции, которое заключается в том, что реакция системы на сумму нескольких воздействий равна сумме реакций на каждое отдельное воздействие [6]. Для определения режимов работы трактора необходимо измерять, регистрировать и прогнозировать ряд показателей и процессов. Коэффициент сопротивления движению машины или трелевочной системы формируется от деформации почвогрунта и шины, микронеровностей поверхности и дополнительного сопротивления на движитель при повороте. Результаты длительных исследовательских испытаний лесопромышленных тракторов, обобщенные в монографиях [5, 8], показывают, что распределение коэффициента сопротивления качению подчиняется нормальному закону, и это естественно. Все факторы, влияющие на коэффициенты сопротивления, можно представить как сумму сравнительно малых слагаемых, каждый из которых вызывается действием отдельных причин. В теории вероятности [6] доказано, что, каким бы законам распределения не подчинялись отдельные элементарные составляющие, особенности этих факторов или сопротивлений в сумме большого числа слагаемых нивелируются, и сумма оказывается подчиненной нормальному закону распределения или близка к нему.

Достоверность результатов экспериментальных исследований, их прогнозирование, составление аналогий и т.д. во многом определяются точностью или погрешностью измерений. При исследовательских испытаниях лесосечных машин с применением современных измерительных приборов допускается максимальная суммарная относительная погрешность измерений до 7...8 %. В научных исследованиях функционирования лесосечных машин в лесозаготовительном производстве с применением простых измерительных средств допускается максимальная суммарная относительная погрешность измерения до 15 % [3]. Для получения информации о свойствах трасс трелевочных волоков, воздействующих на рабочие режимы и эксплуатационную эффективность трелевочного трактора, электроизмерительное оборудование и бортовой компьютер мобильного измерительного комплекса должны измерять, регистрировать и математически обрабатывать следующие данные: крутящий момент, приходящий на ведущие колеса машины; частоты вращения коленчатого вала двигателя и турбинного колеса гидротрансформатора; радиус поворота трассы волоков; показатели поворота трелевочного трактора; потери от буксования и др.

Мобильный измерительный комплекс с измерением и регистрацией процессов и показателей проходит по всем возможным трассам лесосеки. При этом бортовой компьютер определяет наиболее рациональные трассы, трелевка древесины по которым позволит получить максимальную эксплуатационную эффективность работы трелевочного трактора. Если технология лесозаготовок и состояние лесосеки не позволяют пройти мобильному измерительному комплексу, то целесообразно лесосеку разрабатывать постепенно, разделив ее на части, для каждой из которых закладывается пробная площадь с характерными почвенно-грунтовыми и рельефными свойствами. Мобильный измерительный комплекс измеряет и регистрирует процессы необходимого числа трасс с определением показателей, характеризующих эксплуатационную эффективность работы трелевочного трактора. Макетный образец электроизмерительного комплекса с бортовым компьютером разработан и длительное время применяется при исследовательских испытаниях колесных трелевочных тракторов Онежского тракторного завода (г. Петрозаводск) [3].

Предложенная методология является базисом для развития теории эксплуатационной эффективности трелевочных тракторов, в основу которой положена оптимизация эффективности установления соответствия рейсовой нагрузки, энергонасыщенности трактора и свойств волока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анисимов Г.М., Большаков Б.М.* Основы минимизации уплотнения почвы трелевочными системами. СПб.: Изд-во ЛТА, 1998. 108 с.
2. *Анисимов Г.М., Кочнев А.М.* Лесотранспортные машины. СПб.: Лань, 2009. 448 с.
3. *Анисимов Г.М., Кочнев А.М.* Основы научных исследований (с основами моделирования). СПб.: СПбГЛТА, 2006. 492 с.

4. *Анисимов Г.М.* Учебно-методическая и научная деятельность кафедры лесных гусеничных и колесных машин. СПб.: Изд-во СПб ГЛТА, 2011. 206 с.
5. *Анисимов Г.М.* Эксплуатационная эффективность трелевочных тракторов. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 208 с.
6. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. М.: Наука, 1964. 576 с.
7. *Зайчик М.И., Гольдберг А.М., Ерахтин Д.Д.* Тяговые машины и подвижной состав лесовозных дорог. М.: Лесн. пром-сть, 1967. 712 с.
8. *Кочнев А.М.* Рабочие режимы отечественных колесных трелевочных тракторов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 520 с.
9. Советский энциклопедический словарь. Изд. 4-е. М.: Сов. энцикл., 1989. 1600 с.

Поступила 13.03.12

A.M. Kochnev¹, A. N. Yushkov²

¹St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov

²Syktuykar Forest Institute (Branch) of St. Petersburg State Forest Technical University

The Selection Methodology of Cutting Area Skidding Trails

The selection methodology of cutting area skidding trails has been worked out. This methodology forms the basis for the theory of operational efficiency of skidders. Efficiency optimization of determining the scheduled load, skidder power ratio and characteristics of skidding trails are taken as a basis of the methodology under consideration.

Key words: cutting area, skidding trail, tracked skidder.
