

УДК 630.375

UDC 630.375

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОХОДОВ ПО ДЛИНЕ ВОЛОКА И РАСЧЁТ РЕЙСОВЫХ НАГРУЗОК ТРЕЛЁВОЧНОГО ТРАКТОРА ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ГРУНТАМ С НИЗКОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ НА ПРИМЕРЕ ХЛЫСТОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВКИ ЛЕСА¹

DISTRIBUTION OF VEHICLE PASSES ALONG A SKIDDING TRAIL AND CALCULATION OF SKIDDER LOADS ON THE SOILS WITH LOW BEARING CAPACITY FOR TREE-LENGTH LOGGING

Пискунов Максим Анатольевич
к.т.н., доцент

Piskunov Maxim Anatolyevich
Cand.Tech.Sci., associate professor

Воронов Роман Владимирович
к.т.н., доцент

Voronov Roman Vladimirovich
Cand.Tech.Sci., associate professor

Васильев Виктор Николаевич
д.т.н., профессор

Vasiliev Victor Nikolaevich
Dr.Sci.Tech, professor

Воронова Анна Михайловна
преподаватель
*Петрозаводский государственный университет,
Петрозаводск, Россия*

Voronova Anna Mikhailovna
tutor
Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

В работе рассмотрен пример распределения проходов трелевочного трактора по длине волока когда, в процессе трелевки уменьшается расчетная рейсовая нагрузка трактора из-за увеличения глубины колеи на участках волока при работе на грунтах со слабой несущей способностью

In this work, the example of skidding vehicle passes distribution along a skidding trail is considered. The distribution is determined when vehicle capacity is being decreased in skidding process because of rut depth increasing on the soils with low bearing capacity

Ключевые слова: ТРЕЛЕВКА, ПАСЕЧНЫЙ ВОЛОК, ПРОХОДЫ ТРАКТОРА, ГЛУБИНА КОЛЕИ, СКИДДЕР

Keywords: SKIDDING TRAIL, VEHICLE PASSES, RUT DEPTH, SKIDDER

Актуальность проблемы

Как правило, когда рассматриваются вопросы расчета рейсовой нагрузки трелевочного трактора, при определении коэффициентов сопротивления движению трактора или сил сопротивления движению трактора оперируют некоторыми средними показателями. Средние показатели адекватно описывают процессы движения трактора по грунтам, которые характеризуются высокой несущей способностью. При движении по грунтам с низкой несущей способностью, когда происходит образование колеи и с

¹ Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (2009-2013 годы)», государственный контракт №14.740.11.1106.

каждым новым проходом трактора глубина колеи увеличивается, происходит изменение и сил сопротивления движению трактора при каждом проходе.

Так в работе [1] представлена зависимость коэффициента сопротивления движению трактора ТТ-4 от глубины колеи. При движении по лесному суглинистому грунту с влажностью 40 % этот коэффициент изменяется от 0,1 при первом проходе до 0,3 при глубине колеи более 50 см.

В обзоре [2] рассматривается эмпирическая зависимость с помощью, которой определяется сопротивление движению колесного трактора в процессе образования колеи.

В исследованиях, предлагаемых в работе [3] приводятся данные об изменении силы сопротивления движению трактора при первом проходе и при проходе в максимальной колее, причем данные представлены как для движения с грузом, так и для порожних проходов.

Результаты исследований в работе [4] указывают на то, что при увеличении глубины колеи с 0,02 до 0,3 м сила сопротивления качению возрастает в 4,2 раза.

Кроме этого на лесосеках существуют участки с различной несущей способностью грунта, и волок проходит как в местах с более «слабыми» грунтами, так и в местах с грунтами более высокой несущей способностью.

Эти работы позволяют сделать вывод о том, что в процессе трелевки при первых проходах трактор формирует первоначальную рейсовую пачку, по мере увеличения проходов по одному следу и соответственно по мере увеличения глубины колеи размер пачки трелевочного трактора следует корректировать. Рассматривая всю протяженность волока, следует, отметить, что количество проходов трактора в разных частях волока изменяется. В начале волока проходов больше, по мере приближения к концу волока количество проходов уменьшается. Из-за различия в

количестве проходов и разнице в глубине колеи на участке волока сила сопротивления движению трактора по длине волока также будет изменяться. Тогда в процессе трелевки самый нагруженный, по общему количеству проходов, участок будет определять расчетную рейсовую нагрузку трактора при каждом проходе и вид распределения проходов по длине волока. Расчетный объем пачки по мере образования глубокой колеи изменяется – это необходимо учитывать при планировании лесосечных работ, особенно, на участках с переувлажненными грунтами.

Рассмотрим, как будет меняться расчётная рейсовая нагрузка и количество проходов трелёвочного трактора по волоку, если учитывается изменение условий движения по волоку из-за образования глубокой колеи и сравним эти данные с результатами расчётов, выполненных с помощью традиционных принципов.

Методы проведения исследований

Проведем расчеты по определению изменения размера пачки и распределения проходов по пасечному волоку на примере использования системы машин: валочно-пакетирующая машина МЛ-135 и трелёвочный трактор – пачкоподборщик ТЛК 4-01.

Максимальный вылет манипулятора МЛ-135 равен 9,4 м. Зона обработки площади с одной стоянки машины МЛ-135:

$$S = \frac{\pi \cdot R^2}{90} \arcsin \frac{1}{2 \cdot R} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{4 \cdot R^2 - 1^2},$$

где R – вылет манипулятора валочно-пакетирующей машины, м;

1 – расстояние между стоянками, м.

Принимаем, что машина работает на максимальном вылете 9 м и расстояние между стоянками 4 м. Зона обработки площади:

$$S = \frac{\pi \cdot 9^2}{90} \arcsin \frac{4}{2 \cdot 9} + \frac{4}{2} \cdot \sqrt{4 \cdot 9^2 - 4^2} = 71,4 \text{ м}^2.$$

Определим объем пачки формируемый с площади $S = 71,4 \text{ м}^2$ при запасе леса $200 \text{ м}^3/\text{Га}$ – $q_s = \frac{200}{10^4} \cdot 71,4 \approx 1,4 \text{ м}^3$. Машина МЛ-135 оборудована накопителем в захватно-срезающем устройстве (ЗСУ). При наличии накопителя в ЗСУ валочно-пакетирующей машины объемы формируемых пачек на лесосеках можно увеличить.

Валочно-пакетирующая машина, сформировав с одной стоянки в накопителе пачку, переезжает к следующей стоянке, где укладывает ее, затем срезает деревья с данной стоянки и укладывает в ту же пачку. В данной работе будем считать, что в результате таких приемов формируется пачка объемом $2,8 \text{ м}^3$, то есть пачка формируется с двух стоянок валочно-пакетирующей машины и расстояние между соседними пачками равно 8 м.

В работе [3] приведены результаты испытаний колесного трактора ТЛК 4-01. Так при трелевке за вершины объемы пачек достигали 11 м^3 , сила сопротивления движению при первом проходе с грузом составила 36 кН. Трактор сделал 27 проходов по одному следу прежде, чем был достигнут максимальный размер колеи – 70 см. Сила сопротивления движению с грузом при максимальной глубине колеи составила 80 кН. Коэффициенты сопротивления движению составили при первом проходе 0,194, при движении в максимальной колее 0,432.

Так как условия движения по волоку изменяются с каждым проходом, рассчитаем объемы возможных рейсовых нагрузок при этих изменяющихся условиях.

Объем пачки трелевочного трактора рассчитывается на основе известных зависимостей [5]:

$$Q_p = \frac{F_k - Q_m \cdot g \cdot (j_T \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha)}{g \cdot k \cdot (j_T \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha) + g \cdot (1 - k) \cdot (j_{II} \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha)},$$

где:

F_k – касательная сила тяги трактора, кН;

Q_M – масса трактора, т;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 ;

j_T – коэффициент сопротивления движению трактора;

α – угол уклона пути движения трактора с пачкой (при уклоне до 5° $\cos\alpha \approx 1$);

k – коэффициент распределения массы пачки между коником трактора и поверхностью движения;

j_n – коэффициент сопротивления движению волочащейся части пачки.

Максимальная касательная сила тяги F_k для трактора ТЛК 4-01 равна 112 кН. Масса трактора $Q_M = 14,67$ т. Коэффициент распределения массы пачки между коником трактора и поверхностью движения $k = 0,3$ при трелевке за вершины. Коэффициент сопротивления движению волочащейся части пачки $j_n = 0,8$.

Рассчитаем объем возможных рейсовых нагрузок, учитывая при этом, что выражение $F_T = Q_M \cdot g \cdot (j_T \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha)$ есть сила сопротивления движению трактора, которая также как и коэффициент сопротивления движению трактора j_T , изменяется в процессе осуществления проходов трактора.

В качестве критических значений коэффициента сопротивления движению, в процессе, когда происходит интенсивное изменение условий движения, в соответствии с выше приведёнными работами для обозначенных условий используем значения 0,295 после 12 прохода, 0,387 после 22 прохода.

Результаты расчета рейсовых нагрузок при средней плотности древесины в пачке, $\rho = 0,96$ т/м³, представлены в виде графика рис. 1.

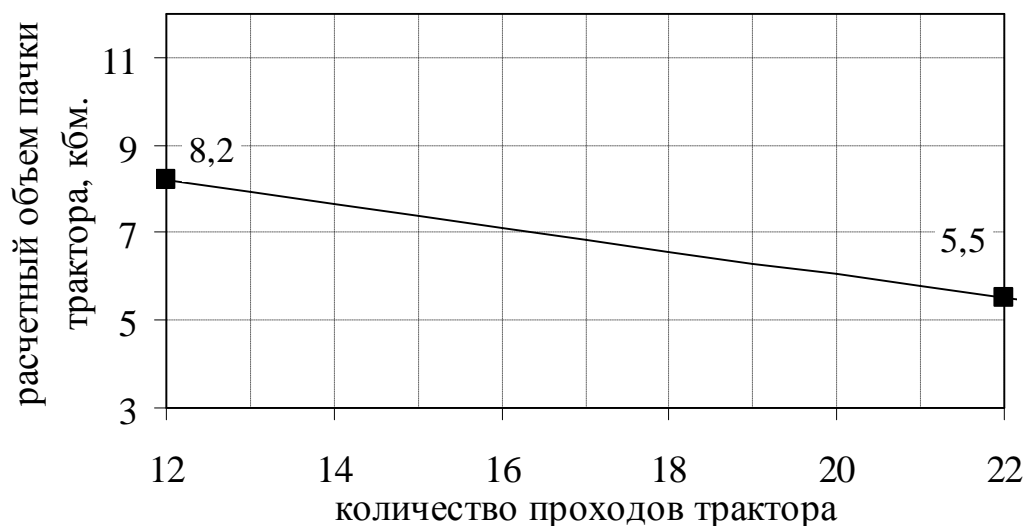


Рис. 1. Зависимость рейсового объема пачки от числа проходов трактора.

При первом проходе объем пачки трактора по условиям движения составляет чуть более 11 м^3 . Для условий, рассматриваемых в данной работе, валочно-пакетирующая машина формирует пачки объемом $2,8 \text{ м}^3$. С целью полного использования грузоподъемности трелевочного трактора и повышения эффективности работы используют прием сдваивания пачек. Тогда в рассматриваемом случае целесообразно осуществлять за один рабочий ход трелевку трех пачек с общим объемом $8,4 \text{ м}^3$. По условиям движения трелевка такого объема возможна до 12 прохода. Далее, когда из-за образовавшейся колеи изменяется сопротивление движению трактора, необходимо корректировать и рейсовую нагрузку. На рис. 1 объем пачки, начиная с 12 прохода, должен быть меньше $8,2 \text{ м}^3$, то есть с 12 прохода за один рабочий ход осуществляется трелевка двух пачек с общим объемом $5,6 \text{ м}^3$. В очередной раз необходимо скорректировать рейсовую нагрузку трелевочного трактора при 22 проходе, когда по условиям движения необходимо осуществлять трелевку пачки объемом не более $5,5 \text{ м}^3$. В рассматриваемом случае с 22 прохода начинается процесс

трелевки без осуществления приема сдваивания пачек, то есть рейсовая нагрузка трелевочного трактора составляет $2,8 \text{ м}^3$.

Трелевка пачки объемом $2,8 \text{ м}^3$ приводит к неполному использованию грузоподъемности трелевочного трактора по условиям движения, практически повысить рейсовую загрузку трактора можно за счет сдваивания целой пачки и половины пачки. Половина пачки может быть образована валочно-пакетирующей машиной за счет варьирования расстояний переезда.

Результаты исследований и их обсуждение

Построим распределения проходов трелевочного трактора по пасечному волоку. Принципы построения распределений проходов по пасечным и магистральным волокам подробно изложены в работе [6], здесь остановимся на наиболее общих, необходимых для данной работы, положениях. Расстояние между пачками, которые формирует валочно-пакетирующая машина 8 м. Пасечный волок представляет собой совокупность участков набора пачки. Длина участка набора пачки трелевочного трактора, если рейсовая загрузка формируется: из трех пачек равна 24 м, из двух пачек – 16 м, из одной пачки – 8 м. Для трелевки деревьев с каждого участка набора пачки необходимо 2 прохода трактора (порожний и грузовой проходы). Трактор начинает процесс трелевки с ближних пачек, постепенно удаляясь от погрузочной площадки вглубь пасечного волока. Проходы, которые должен совершить трактор для трелевки очередной пачки приходятся на все участки волока, с которых трелевка уже осуществлена. Таким образом, в результирующем распределении проходов по пасечному волоку, разница в количестве проходов между соседними участками набора пачки равна 2, при этом на самый последний участок набора пачки на пасечном волоке приходится 2 прохода, на самый первый – максимальное количество проходов.

В рассматриваемой работе представим два распределения проходов: первое распределение проходов построено при условии, когда за один рабочий проход всегда осуществляется трелевка трех пачек; второе распределение – рейсовый объем трелевочного трактора изменяется в соответствии с условиями движения. Для первого распределение длина участка набора пачки всегда равна 24 м, для второго распределения при первых 10 проходах длина участка набора пачки равна 24 м, от 10 до 20 – 16 м, свыше 20 – 8 м. Для удобства расчетов примем длину пасечного волокна 224 м. Первое и второе распределения проходов представлены на рис. 2.

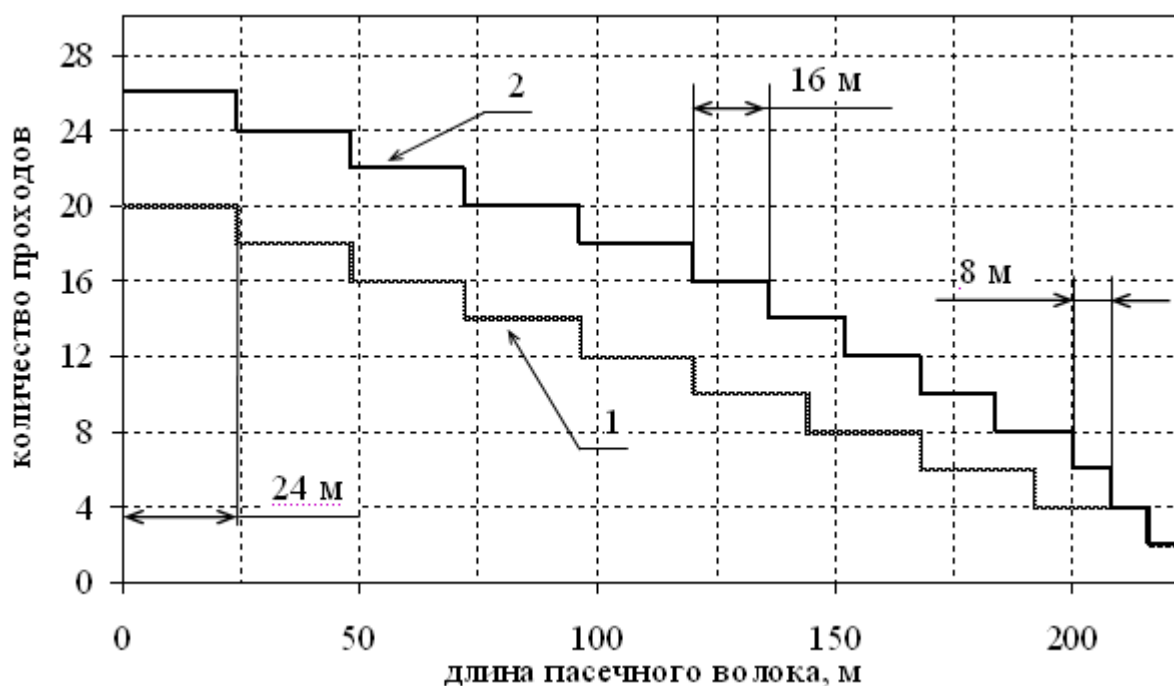


Рис. 2. Распределения проходов трелевочного трактора по пасечному волоку: 1. рейсовая нагрузка постоянна; 2. рейсовая нагрузка изменяется в соответствии с условиями движения.

На рис. 2 хорошо видна разница между двумя распределениями: различия, как по количеству проходов, так и по длинам участков набора пачки. На рис. 2, для графика 2 длина участка набора пачки уменьшается по мере увеличения проходов на волокне в процессе трелевки. Это связано как раз с тем, что в процессе проходов из-за увеличения глубины колеи изменяется

сила сопротивления движению трактора. Когда глубина колеи достигает некоторого предельного значения рейсовый объем пачки трелевочного трактора должен быть скорректирован. На рис. 2, график 2 после 10 и после 20 проходов рейсовая нагрузка изменяется. Следует, однако, отметить, что предельная глубина колеи достигается не на всем волоке, а только на отдельных его участках. Так, расчетная нагрузка трактора при последнем грузовом проходе определялась для условий движения по первому участку набора пачки, если выполнить расчет по остальным участкам набора пачки, то расчетный объем примет другую величину. Например, для участков волока с проходами 8, 10 или 12 (рис. 2, график 2) по условиям движения расчетная рейсовая нагрузка позволяет осуществлять трелевку трех пачек, сформированных валочно-пакетирующей машиной, но на первом участке набора пачки при движении с тремя пачками сила сопротивления движению будет больше силы тяги трактора.

Этот расчет, выполненный с учетом изменения сил сопротивления движению трактора, показывает увеличение общего количества проходов на волоке по сравнению с расчетом, когда изменение условий движения не принималось во внимание, рис. 2, график 1.

Следует также отметить: расчетное распределение проходов по длине волока рис. 2 график 2 примет другой вид, если в расчет включить условие укрепления волоков лесосечными отходами. Укрепление волоков лесосечными отходами позволяет увеличить общее количество проходов с максимальной рейсовой нагрузкой по волоку, причем здесь укреплению подвергается не весь волок, а только наиболее нагруженная по числу проходов часть волока. За счет укрепления участков волока в соответствии с приходящими на них проходами трактора, можно добиться, когда фактическое распределение проходов примет вид, изображенный на рис. 2 график 1.

Выводы и рекомендации

Таким образом, очевидна взаимосвязь между проходами трелевочного трактора, образованием колеи и расчетной рейсовой нагрузкой трактора. На грунтах с низкой несущей способностью увеличение количества проходов по одному следу приводит к образованию глубокой колеи, движение трактора в глубокой колее связано с силами сопротивления движению, причем, чем больше колея, тем больше силы. В свою очередь изменение сил сопротивления приводит к изменению рейсовой нагрузки, а изменение рейсовой нагрузки неизбежно ведет к изменению числа проходов трактора по волоку, что и показано на рис. 2. Такая взаимосвязь факторов должна учитываться при планировании лесосечных работ в условиях переувлажненных лесосек и при расчётах производительности трелёвочных тракторов. Так как имеет место распределение проходов по длине волока, а глубина колеи зависит от числа проходов трактора, то на разных участках волока сила сопротивления движению трактора будет разная (в начале пасечного волока сопротивление движению будет возрастать; на участках волока с меньшим количеством проходов сопротивление будет уменьшаться). Снижение сил сопротивления при движении трактора в глубокой колее достигается за счет укрепления волоков, причем отходы следует распределять в соответствии с проходами трактора: на наиболее нагруженных участках первичных путей транспорта леса сосредотачивать большее количество отходов; на участках с меньшим количеством проходов количество отходов снижать. Тем самым укрепление волоков лесосечными отходами позволяет выравнивать силы сопротивления движению трактора по длине транспортного пути.

Литература

1. Махов Г. А., Эмайкин Л. М. Влияние эксплуатационных режимов работы гусеничного трелевочного трактора на его колееобразование // Технология и комплексная механизация лесосечных работ: Труды. Химки: ЦНИИМЭ, 1976. С. 115 – 119.
2. Провоторов Ю. И. Лесозаготовительные машины фирмы «КЛАРК» // Лесоэксплуатация и лесосплав: Обзорная информация. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1983. Вып. 1. 40 с.
3. Скрыпник В. И., Рыскин Ю. Е., Петраков Н. А. Испытания колесного трактора с пачковым захватом // Лесная промышленность. 1992. №8. С. 21 – 22.
4. Лой В. Н. Улучшение тягово-сцепных свойств и проходимости колесной трелевочной машины на базе трактора «Беларус»: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. Н. Лой; Белорусский гос. технолог. ун-т. – 2003.– 20 с.
5. Кочегаров, Ю. А. Бит, В. Н. Меньшиков. Технология и машины лесосечных работ: учебник для вузов. М.: Лесная промышленность, 1990. 392 с.
6. Пискунов М. А. Повышение эффективности лесосечных работ путем рационального использования образующихся на лесосеке древесных отходов: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / М. А. Пискунов. Защищена 2.11.06; Утв. 9.03.07. Петрозаводск, 2006. 187 стр. – Библиогр.: С. 137 – 152.