

О КОЭФФИЦИЕНТЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ТРЕЛЮЕМОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Л. В. КОРОТЯЕВ

Аспирант

(Архангельский лесотехнический институт)

В нашей стране наибольшее распространение получила полуподвесная одномачтовая трелевка леса лебедками с возвратно-поступательным движением тросов. При этом способе тяговое усилие лебедки расходуется на преодоление сопротивления движению древесины и тросов, а также на преодоление сил трения, возникающих в блоках и при подтормаживании возвратного барабана. Основная часть мощности лебедки расходуется на преодоление сопротивления движению древесины, исследование которого является необходимым для правильной эксплуатации существующих и конструирования новых тросовых трелевочных установок.

Сопротивление перемещению древесины при установившемся движении складывается из сопротивления, возникающего вследствие трения и из лобового сопротивления.

Исследованиями И. Ф. Алышева (1953) и Ф. Н. Макарова (1957), а также исследованиями, проведенными нами в 1956 году (Л. В. Коротяев, 1958), установлено, что сопротивление движению хлыстов и стволов с кроной зависит от объема трелеваемой пачки, среднего объема хлыста, породы древесины, сезона года и ряда других факторов. Оно возрастает при уменьшении объема пачки и среднего объема хлыста в ней, летом больше, чем зимой и для стволов с кроной больше, чем для хлыстов. При наличии высоких пней на волоках или в лесосеках с поверхностной корневой системой, характерной для лесонасаждений Севера, сопротивление движению возрастает дополнительно.

С целью увеличения производительности труда на передовых лесозаготовительных предприятиях комбинатов «Котласлес» и «Устюглес» применяются пэны, позволяющие значительно снизить сопротивление движению при летней трелевке леса в хлыстах лебедками. Пэн с пачкой хлыстов обходит препятствия (пни, корни и др.), поскольку вершины всех трелеваемых хлыстов находятся на пэне, они не зарываются в грунт и не упираются в препятствия, встречающиеся на волоке. В результате этого лобовое сопротивление движению уменьшается, рейсовая нагрузка может быть увеличена и простые лебедки сокращены, что приводит к росту производительности труда.

Зимой пни, корни, кочки на волоке прикрыты слоем снега и препятствий не представляют, тем не менее и в зимнее время нет оснований отказываться от применения пэнов для трелевки хлыстов лебедками.

Беличина коэффициента сопротивления движению при зимней трелевке хлыстов лебедками известна, однако ее нельзя применить к случаю трелевки на пэнах. Поэтому нами была поставлена задача исследовать сопротивление движению при тросовой трелевке хлыстов с помощью пэнов. В январе 1957 года было проведено динамометрирование агрегатной лебедки ТЛ-5 при трелевке леса на пэнах в лесопункте Шурай Костылевского леспромхоза, с фотохронометражем рабочего дня трелевщиков. Для возможности сопоставления результатов исследований в этих же условиях трелевались пачки хлыстов без пэнов и пачки стволов с кроной. Кроме того, в феврале того же года было проведено динамометрирование лебедки ТЛ-4 на трелевке стволов с кроной в Бельском лесопункте Удимского леспромхоза.

Трелевка леса в процессе опытов осуществлялась по полуподвесной одномачтовой системе на расстояние до 500 м в лесопункте Шурай и до 250 м на Бельском лесопункте. Высота подвески грузового блока на мачте составляла 11 м.

Для замера усилий в движущихся тросах при динамометрировании лебедок был использован 16-тонный гидравлический динамограф конструкции ВИСХОМ-АЛТИ.

Методика исследований кратко описана в статье автора (Л. В. Коротяев, 1958) и здесь не излагается.

Лесосеки, в которых производились экспериментальные работы, характеризовались следующими показателями: размер — 500 × 500 м, в составе лесонасаждений — преобладание ели, средний диаметр древостоев в коре на высоте груди — 20 см, средний объем хлыста в коре — 0,24—0,26 м³, средний запас ликвидной древесины на 1 га — 130—220 м³, подрост — еловый средней густоты, уклоны волоков достигали +25⁰/00, глубина снегового покрова составляла 0,8—1,2 м на лесосеке и 0,5—0,8 м на волоках.

За время опытов было проведено динамометрирование 49 пачек хлыстов на пэнах, 8 пачек хлыстов без пэнов и 48 пачек стволов с кронами, а всего 105 пачек, стрелованных по десяти волокам в течение 19 дней.

Тяговые диаграммы для получения вариационных рядов обрабатывались методом ординат по 50-метровым участкам волока. Ряды обрабатывались способом моментов.

Коэффициенты сопротивления движению μ для всех видов трелеваемой древесины приведены к весу хлыстов с корой.

При выявлении зависимости между коэффициентом сопротивления движению и объемом пачки или средним объемом хлыста в ней, материалы наблюдений обрабатывались методом наименьших квадратов.

Таблица 1

Вид трелеваемой древесины и способ трелевки	Коэффициент сопротивления движению μ при объемах пачки Q в м ³							
	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
Хлысты на пэнах	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335
Хлысты без пэнов	—	—	0,59	0,52	0,48	0,44	0,42	0,40
В % к хлыстам на пэнах	—	—	177	155	142	132	124	119
Стволы с кроной	0,89	0,80	0,74	0,69	—	—	—	—
% к хлыстам на пэнах	266	239	221	206	—	—	—	—

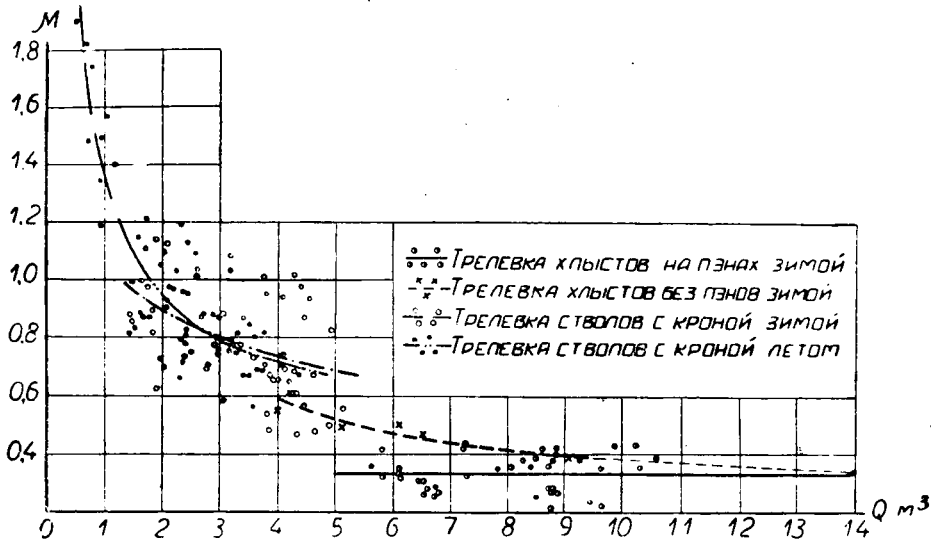


Рис. 1. Графики зависимости $\mu = f(Q)$.

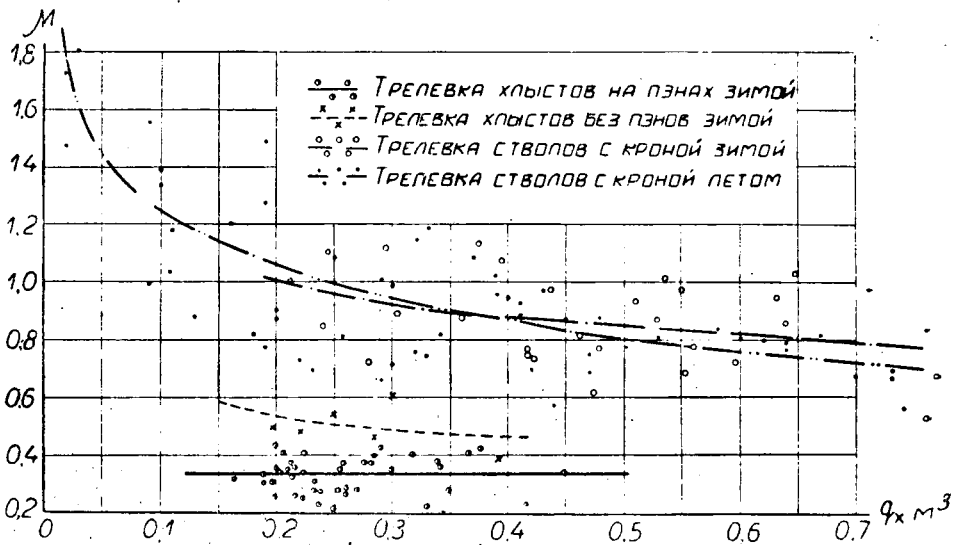


Рис. 2. Графики зависимости $\mu = f(q_x)$

Таблица 2

Вид трелемой древесины и способ трелевки	Средний объем хлыста в пачке q_x в $м^3$							
	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00
	Коэффициент сопротивления движению μ							
Хлысты на пэнах	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335
Хлысты без пэнов	0,53	0,51	0,49	0,47	0,46	0,45	—	—
В % к хлыстам на пэнах . .	158	152	146	140	137	131	—	—
Стволы с кроной	1,01	0,97	0,94	0,89	0,85	0,82	0,77	0,73
В % к хлыстам на пэнах . .	302	290	280	266	254	245	230	218

Некоторые данные, полученные при исследовании прохождения пачками участков волоков от 100 до 150 м, где действующее в тросе усилие равно, примерно, его горизонтальной составляющей и практически не оказывает влияния на величину лобового сопротивления ввиду отсутствия подъема передней части пачки, приводятся в табл. 1 и 2, а также на графиках зависимости коэффициента сопротивления движению μ от объема пачки Q (рис. 1) и от среднего объема хлыста в ней q_x (рис. 2).

Дополнительное сопротивление движению, оказываемое трособлочной системой и подтормаживанием возвратного барабана и зарегистрированное при протаскивании рабочего трелевочного троса с одним прицепным оборудованием в грузовом направлении (без пачки) составило в среднем 418 кг при трелевке хлыстов на пэнах, 411 кг при трелевке хлыстов без пэнов лебедками ТЛ-5 и 152 кг при трелевке стволов с кроной лебедками ТЛ-4.

Точность и достоверность полученных результатов характеризуется данными, приведенными в табл. 3.

Таблица 3

Вид трелеваемой древесины и способ трелевки	Среднее арифметическое	Среднее квадратичное отклонение	Показатель точности	Коэффициент корреляции	Корреляционное отношение	Достоверность коэффициента корреляции и корреляционного отношения	Уравнение связи
Хлысты на пэнах . . .	0,335	0,062	2,8	+ 0,64	—	—	—
Хлысты без пэнов . . .	0,50	0,029	2,4	- 0,91	0,95	23	$\mu = 0,24 + 1,4 \frac{1}{Q}$
Стволы с кроной . . .	0,79	0,179	3,2	- 0,28	0,39	3,04	$\mu = 1,04 - 0,5 \lg Q^2$
Хлысты на пэнах . . .	0,335	0,062	2,8	+ 0,16	—	—	—
Хлысты без пэнов . . .	0,50	0,065	5,8	- 0,46	0,74	4,05	$\mu = 0,40 + 0,258 \frac{1}{q_x}$
Стволы с кроной . . .	0,79	0,145	2,7	- 0,49	0,50	4,4	$\mu = 0,73 - 0,4 \lg q_x$

В результате обработки материалов исследований какой-либо существенной связи между коэффициентом сопротивления движению и объемом пачки, а также между коэффициентом сопротивления движению и средним объемом хлыста в пачке при зимней трелевке хлыстов на пэнах не обнаружено, так как коэффициент корреляции очень мал; в этом случае коэффициент сопротивления движению можно считать равным его среднему арифметическому значению $\mu = 0,335$ (рис. 1 и 2).

При трелевке хлыстов в зимнее время без пэнов между исследуемыми величинами μ и Q выявлена довольно тесная отрицательная криволинейная корреляционная связь, близкая к линейной, так как абсолютные численные значения коэффициента корреляции и корреляционного отношения близки друг к другу (рис. 1); менее тесную отрицательную корреляционную связь (рис. 2) имеет зависимость $\mu = f(q)$.

Если кривую зависимости $\mu = f(Q)$ для трелевки хлыстов без пэнов продолжить на графике вправо, вычислив по уравнению значение μ для больших объемов пачки (за пределами опыта), то это продолжение кривой, обозначенной на рис. 1 тонкой пунктирной линией, при объемах пачек более 10—12 м³ будет почти совпадать с прямой среднего ариф.

метического значения μ для трелевки хлыстов на пэнах. Тенденция сближения кривой $\mu = f(q_x)$ с линией среднего арифметического $\mu = 0,335$ наблюдается также на графиках, изображенных на рис. 2.

На основании анализа данных, полученных в результате приведенных исследований, можно сделать следующие выводы.

1. При трелевке хлыстов на пэнах в зимнее время коэффициент сопротивления движению не зависит от объема пачки или от среднего объема хлыста: при изменении объема пачки или среднего объема хлыста в ней, коэффициент сопротивления движению практически не изменяется, оставаясь равным 0,335.

Выявленная закономерность дает основание полагать, что сопротивление движению при наземной трелевке вообще изменяется с изменением Q или q_x лишь вследствие изменения лобового сопротивления при постоянной величине сил трения. Естественно, что при трелевке леса на пэнах лобовое сопротивление остается неизменным, независимо от объема пачки и количества хлыстов в ней, а, следовательно, примерно, одинаковым остается и общее сопротивление движению. Отклонения могут иметь место лишь в тех случаях, когда некоторые вершины хлыстов при формировании пачки попадают под пэн или мимо пэна, создавая при движении пачки дополнительное лобовое сопротивление.

2. При трелевке хлыстов на пэнах в зимнее время значение коэффициента сопротивления движению колеблется от 0,215 до 0,430, вследствие наличия движущихся вершин хлыстов, не уложенных на пэн, препятствий на волоке, влияния плотности снега, температуры окружающей среды и других факторов.

3. Коэффициент сопротивления движению при зимней трелевке хлыстов без пэнов в пределах опыта изменялся от 0,4 до 0,6 (в 1,5 раза), а при трелевке стволов с кроной — от 0,470 до 1,140 (в 2,5 раза).

Такое значительное колебание μ объясняется разнообразными сочетаниями различных размеров хлыстов или стволов с кронами в пачках и меняющимся в зависимости от этого лобовым сопротивлением.

4. Сопротивление движению стволов с кроной при трелевке зимой и летом почти одинаково (рис. 1 и 2); летом значительное лобовое сопротивление движению стволам с кроной оказывают пни и другие препятствия на волоке, а зимой — снег.

5. Сопротивление движению при трелевке хлыстов без пэнов и стволов с кроной зависит от объема пачки и среднего объема хлыста в ней: с увеличением объема пачки и среднего объема хлыста в пачке коэффициент сопротивления движению снижается. Сущность этой закономерности, как показали результаты наших исследований, объясняется, по-видимому, только снижением лобового сопротивления движению (в пределах до величины сопротивления сил трения), происходящего вследствие того, что с увеличением среднего объема хлыста или числа хлыстов (стволов) в пачке число вершин, движущихся непосредственно по поверхности волока, соответственно или относительно уменьшается.

Особенно резкое повышение коэффициента сопротивления движению наблюдается при объемах пачек менее 4—5 м³ для хлыстов и 2,5—3 м³ для стволов с кроной, а также при средних объемах хлыстов в пачках менее 0,2 м³. Следовательно, для увеличения производительности лебедок целесообразнее трелевать пачки большего объема, а мелкие хлысты — вместе с крупными хлыстами.

6. Коэффициент сопротивления движению при трелевке хлыстов без пэнов, в зависимости от объема пачки и среднего объема хлыста в ней, на 20—80% больше, чем при трелевке хлыстов на пэнах вследствие наличия лобового сопротивления, а при трелевке стволов с кроной в пач-

ках объемом до 5 м^3 в среднем в 1,25—1,5 раза больше, чем при трелевке хлыстов без пэнов и в 2—2,5 раза больше, чем при трелевке хлыстов на пэнах, вследствие большого лобового сопротивления, создаваемого кроной.

Если пренебречь лобовым сопротивлением груженого пэна, то оказывается, что при трелевке хлыстов на пэнах тяговое усилие лебедки расходуется на преодоление только сопротивления сил трения древесины о поверхность волока с постоянным коэффициентом трения, равным 0,335.

Превышение коэффициента общего сопротивления движению хлыстов и стволов с кроной над коэффициентом трения $\mu = 0,335$ (табл. 2) есть не что иное, как коэффициент лобового сопротивления движению, который в зависимости от вида трелюемой древесины, объема пачки и размеров среднего хлыста в ней в 1,2—3 раза превосходит значение коэффициента трения и составляет основную часть общего сопротивления движению.

Следовательно, для увеличения рейсовых нагрузок и производительности лебедок, необходимо всемерно стремиться к уменьшению лобового сопротивления движению путем применения различного рода прицепного оборудования (например, пэнов), а также подвесных систем с несущим тросом.

ЛИТЕРАТУРА

И. Ф. Алышев. Исследование сопротивления движению при трелевке лебедками ТЛ-3 полуподвесным способом. Диссертация, Л., 1953. Ф. Н. Макаров: Исследование влияния некоторых факторов на усилие для перемещения древесины при трелевке лебедками в условиях Севера. Труды ЦНИИМЭ, т. V, 1957. Л. В. Коротяев. Об исследовании сопротивления движению при трелевке леса лебедками. «Лесной журнал» № 1, Архангельск, 1958.

Поступила в редакцию
7 мая 1958 г.