

## УСЛОВИЯ ПРОХОДИМОСТИ ВОЗОВ ХЛЫСТОВ ПРИ ПОЛУПОДВЕСНОЙ ТРЕЛЕВКЕ ПОД УКЛОН И НА ПОДЪЕМ

При полуподвесной трелевке в холмистой местности лебедка может располагаться в верхней части склона или у его подошвы, в результате чего будут изменяться условия движения трелеваемой древесины. Сопротивление движению воза под уклон будет меньшим, чем на подъеме, что повлечет за собой уменьшение величины вертикальной составляющей тягового усилия, а следовательно, и уменьшение высоты подъема вершинной части воза над волоком. Вследствие этого условия проходимости воза должны ухудшиться. Однако высота пней как лобовых препятствий на волокне с надгорной стороны будет меньшей, чем с подгорной, что должно приводить к уменьшению количества зацепов, то есть к улучшению условий проходимости возов и повышению сменной производительности лебедок. В связи с этим вопрос влияния уклонов местности и направления трелевки относительно склона на условия проходимости хлыстов при полуподвесной трелевке лебедками приобретает практическое значение.

Закономерность изменения угла  $\alpha$  между касательной к тяговому канату в точке прицепки воза и волоком (направлением движения древесины на наклонной местности) в зависимости от всех входящих факторов определяется по полученной нами формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2h \cos \delta G \mu_1 - q(l \mp h \sin \delta) \sqrt{h^2 \cos^2 \delta + (l \mp h \sin \delta)^2}}{\mu_1(l \mp h \sin \delta) [2G + q \sqrt{h^2 \cos^2 \delta + (l \mp h \sin \delta)^2}]}, \quad (1)$$

где  $\delta$  — угол наклона волока, град;

$\alpha$  — угол между касательной в точке прицепки груза и направлением движения древесины, град;

$h$  — действующая высота мачты (высота подвески рабочего трелевочного каната), м;

$l$  — расстояние от мачты до груза, м;

$G$  — вес воза, кгс;

$q$  — вес 1 пог. м каната, кгс;

$\mu_1$  — коэффициент сопротивления движению (при трелевке на подъем  $\mu_1 = \mu \cos \delta + \sin \delta$ ; при трелевке под уклон  $\mu_1 = \mu \cos \delta - \sin \delta$ ).

При трелевке на подъем в выражении  $(l \mp h \sin \delta)$  ставится знак минус, а при трелевке под уклон — знак плюс, т. е. при двоянных знаках верхние применяются для трелевки на подъем, а нижние для трелевки под уклон.

При углах наклона волока до  $10^\circ$  и высоте мачты до 14—15 м величиной  $\mp h \sin \delta$  можно пренебречь, и тогда формула (1) запишется в более простом общем виде

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2h \cos \delta G \mu_1 - ql \sqrt{h^2 \cos^2 \delta + l^2}}{\mu_1 l (2G + q \sqrt{h^2 \cos^2 \delta + l^2})}. \quad (2)$$

Наибольшее расстояние от мачты  $l_0$ , в пределах которого проявляется действие вертикальной составляющей тягового усилия при трелевке на наклонной местности, т. е. расстояние, при котором  $\alpha=0$ , определяется по формуле

$$l_0 = \sqrt{\frac{2G\mu_1 h \cos \delta}{q}} \quad (3)$$

Задавая расстояния от мачты (например, 25, 50, 100, 150 м) и подставляя их в формулу (1), получим ряд значений  $\text{tg} \alpha$  для заданных точек волока. Величина вертикальной составляющей в данных точках волока вычисляется по формуле

$$P = \frac{G\mu \text{tg} \alpha}{1 + \mu \text{tg} \alpha} \quad (4)$$

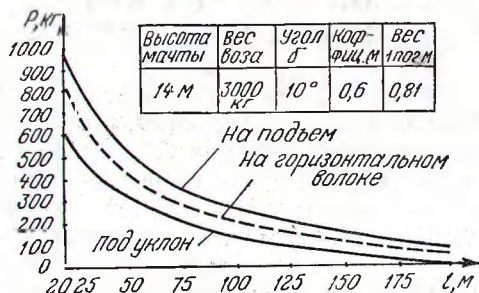


Рис. 1. График изменения величины вертикальной составляющей усилия.

Из графика видно, что при угле  $\delta = 10^\circ$  вертикальная составляющая тягового усилия изменяется в зависимости от направления трелевки относительно склона на такие величины, которые могут оказать значительное влияние на высоту приподнимания вершинной части воза над волоком. Так, например, на расстоянии 50 м от мачты величина вертикальной составляющей в сравнении с ее значением на горизонтальном волоке при трелевке на подъем увеличилась на 28%, а при трелевке под уклон уменьшилась на 28%. На расстоянии от мачты 100 м это изменение составило соответственно +32% и -38%.

Для вычисления высот подъема вершинной части воза воспользуемся эмпирическим уравнением

$$y = C e^{\frac{P(1-K\mu)}{n(mq_x + b)}} \quad (5)$$

где  $y$  — высота подъема вершинной части воза над волоком, см;  
 $e$  — основание натуральных логарифмов;  
 $P$  — вертикальная составляющая тягового усилия, кгс;  
 $\mu$  — коэффициент сопротивления движению;  
 $n$  — количество хлыстов в возе;  
 $q_x$  — средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;  
 $C, k, m, b$  — эмпирические коэффициенты, величина которых для различных пород хлыстов и разрядов высот приведена в статье «Корреляционные уравнения прогибов вершин хлыстов» (Сб. трудов БТИ им. С. М. Кирова «Механизация лесоразработок и транспорт леса», вып. 1, Минск, 1970).

Параметры установки, вес воза и коэффициент сопротивления движению приняты такими же, для которых вычислены вертикальные составляющие тягового усилия. В соответствии с принятым весом воза  $G=3000$  кг, объем его составит 3,52 м<sup>3</sup>, количество хлыстов в возе

6 шт., средний объем хлыста  $q_x = 0,55 \text{ м}^3$  (порода древесины и разряд высот ель I и ольха II).

Результаты вычислений сведены в табл. 1, а график траекторий движения вершин ввоза из хлыстов ели при трелевке на подъем, под уклон при  $\delta = 10^\circ$  и на горизонтальном волоке представлен на рис. 2. Следует отметить, что для случаев трелевки на подъем и под уклон высота приподнимания вершинной части ввоза, вычисленная по формуле (4), была разделена на  $\cos \delta$  в соответствии с необходимостью отсчета ее по вертикали (рис. 3).

Из табл. 1 видно, что направление трелевки относительно склона при углах  $\delta = 5^\circ$  и особенно  $\delta = 10^\circ$  приводит к значительным изменениям высоты подъема вершинной части ввоза, особенно на малых расстояниях от мачты. Так, например, на расстоянии 20 м от мачты высота подъема вершинной части ввоза ольхи II при трелевке на подъем в сравнении с трелевкой на горизонтальном волоке увеличилась на 56%, а при трелевке под уклон уменьшилась на 133%. По мере удаления от мачты процент относительных изменений высот подъема

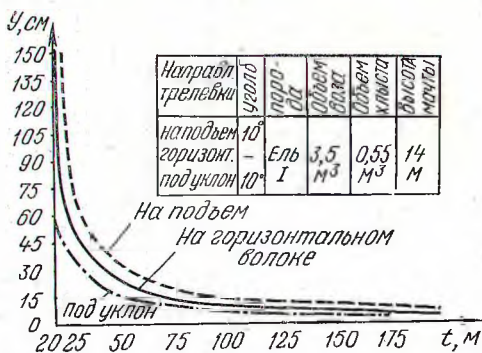


Рис. 2. Траектории движения вершин ввоза хлыстов при полуподвесной трелевке на подъем, под уклон и на горизонтальном волоке.

вершин ввоза для обоих направлений трелевки уменьшается. На расстоянии от мачты  $l = 50 \text{ м}$  эти изменения для ольхи II составили соответственно  $+52\%$  и  $-40\%$ .

Однако указанные в табл. 1 изменения прогибов вершин еще не дают оснований утверждать, что проходимость хлыстов по волокам при трелевке на подъем будет улучшаться в сравнении с трелевкой под уклон. Дополнительным фактором, влияющим на количество зацепов при трелевке в обоих направлениях, является различная высота пня с его надгорной и подгорной сторон, причем разность этих высот возрастает по мере увеличения уклона волока, среднего объема хлыста и коэффициента формы комля.

Разность высоты пня с подгорной и надгорной сторон определяется из выражения

$$\Delta y = d_r k \operatorname{tg} \delta, \quad (6)$$

где  $d_r$  — диаметр хлыста на высоте груди, см;

$k$  — коэффициент формы комля (для ели  $k = 1,4$ ; для ольхи  $k = 1,1$ ).

При объеме хлыста  $q_x = 0,55 \text{ м}^3$ , для которого составлена табл. 1, диаметр ствола ели I на высоте груди равен 26 см, ольхи II — 28 см. Тогда для ели I при  $\delta = 10^\circ$   $\Delta y = 6,5 \text{ см}$ , а для ольхи II  $\Delta y = 5,4 \text{ см}$ .

Отнимая от абсолютных величин прогибов вершин ввоза при трелевке на подъем  $\Delta y$ , сравним полученные значения  $y$  с прогибами при трелевке под уклон (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что для принятых исходных данных при трелевке на подъем на расстояниях от мачты порядка 60—70 м и ближе высота подъема вершинной части ввоза над пнями будет большей в сравнении с трелевкой под уклон, то есть условия проходимости на данном участке волока будут лучшими. При трелевке под уклон условия проходимости ввозов на расстояниях от мачты 60—70 м и больше улучшаются.

Т а б л. 1. Изменение высоты подъема вершинной части вола ели I и ольхи II при трелевке на подъем и под уклон

Направление трелевки	Угол уклона вола	Расстояние от мацты, м															
		20			50			100			150						
		ель I У	ольха II У	%	ель I У	ольха II У	%	ель I У	ольха II У	%	ель I У	ольха II У	%				
гориз. волок	0°	147,4	100	85,3	100	24,2	100	13,5	100	10,3	100	5,7	100	7,2	100	3,9	
на подъем	5°	200	—	133,0	+	56	29,4	+21	16,7	+24	11,6	+13	6,4	+10	7,8	+8	4,2
»	10°	200	—	200,1	+	133	34,9	+44	20,4	+52	12,7	+23	7,1	+24	8,4	+16	4,6
под уклон	5°	94,2	-36	52,9	-	38	19,3	-20	10,6	-21	9,2	-11	6,0	-12	6,7	-7	3,6
»	10°	57,5	-61	31,3	-	63	15,2	-37	8,1	-40	8,2	-22	4,3	-24	5,7	-12	3,2

П р и м е ч а н и е. На заданных расстояниях от мацты указан процент увеличения (+) или уменьшения (-) высоты подъема вершинной части вола в сравнении с ее значением на горизонтальном волаке.

Положительный эффект от улучшения условий проходимости хлыстов на значительном протяжении волока при трелевке под уклон перекрывает тот отрицательный фактор, который связан с ухудшением проходимости на малых расстояниях от мачты.

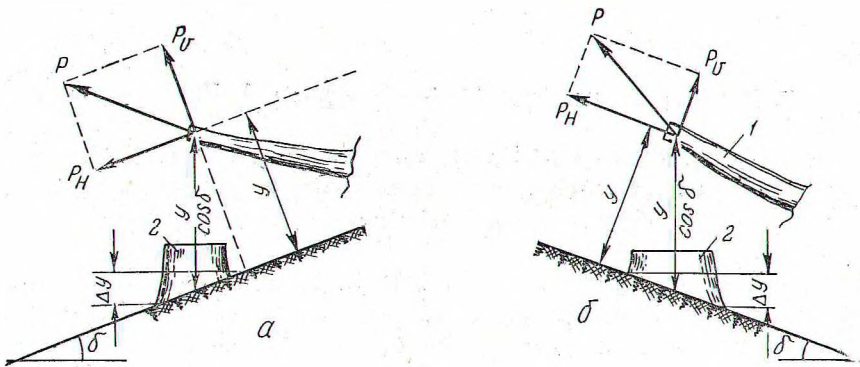


Рис. 3. Схемы расположения вершинной части вoза хлыстов над препятствием при трелевке под уклон и на подъем:

а) при трелевке под уклон; б) при трелевке на подъем;

1 — вершинная часть вoза хлыстов; 2 — препятствие.

Кроме того, при трелевке под уклон действуют меньшие сопротивления движению и, следовательно, имеется резерв тягового усилия рабочего барабана лебедки для увеличения вертикальной составляющей и угла  $\alpha$  при упирании вoза в препятствие.

Табл. 2. Высота подъема вершинной части вoза над волоком с учетом разности высоты пней

Расстояние от мачты	Ель I		Ольха II	
	на подъем с учетом $\Delta y$	под уклон	на подъем с учетом $\Delta y$	под уклон
50	28,4	15,2	15,0	8,1
100	6,2	8,0	1,7	4,3
150	1,9	5,7	—	3,2

При малых объемах хлыста улучшение условий проходимости при трелевке под уклон в сравнении с трелевкой на подъем наблюдается на меньшем протяжении волока. Это происходит по той причине, что, во-первых, уменьшается разность высоты пней с противоположных его сторон и, во-вторых, уменьшаются абсолютные значения прогибов  $y$  в связи с повышением жесткости вершинной части вoза.

Влияние уклонов местности и направления движения вoза относительно склона на стоимость трелевки  $1 \text{ м}^3$  древесины устанавливается на основании технико-экономического анализа проходимости хлыстов при полуподвесной трелевке.