

**ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ВОЛОКОВ  
НА ЗАБОЛОЧЕННЫХ УЧАСТКАХ ЛЕСОСЕЧНОГО ФОНДА**

**Мисуно Ю. И., инж., Протас П. А., доц., к.т.н.**

Белорусский государственный технологический университет  
(Минск, Республика Беларусь), e-mail: julia.misuno@yandex.by

**INCREASING OF THE OPERATING CAPACITY OF SKID ROADS  
ON THE SWAMPY SITES OF TIMBER CUTTING AREA**

**Misuno Yu. I., Engineer, Protas P. A., Assoc. Prof., PhD**

Belarusian State Technological University  
(Minsk, Republic of Belarus)

When developing a swamped timber cutting area, it is necessary to ensure the patency of the machines and at the same time to preserve the ability of the soil to reforestation. The technological process established that the movement of machinery should be carried out only within the skid roads. The article gives recommendations on how to provide the necessary operating capacity of skidding for moving of forest machines.

В составе Государственного лесного фонда Республики Беларусь избыточно увлажненных земель насчитывается почти 1,5 млн. га, или 16%. Разработка лесосек в таких условиях ограничивается несущей способностью грунтов и доступностью освоения лесных участков. В то же время, несмотря на сложности при проведении лесосечных работ на заболоченных участках, в Беларуси ежегодно устанавливается норма освоения труднодоступного лесфонда. На данных территориях произрастает значительный запас, в основном, мягколиственных насаждений, который необходимо осваивать ввиду повышения спроса на древесное сырье на внутреннем рынке страны, а также из-за необходимости соблюдения санитарно-экологических требований.

Основной вопрос при разработке заболоченного лесфонда заключается в обеспечении проходимости техники по переувлажненным участкам, при этом сохраняя их способность к эффективному лесовозобновлению. Технологическим процессом и нормативными требованиями установлено, что движение техники должно осуществляться только в пределах трелевочного волока (технологического коридора). В итоге задача сводится к тому, чтобы обеспечить необходимые эксплуатационные параметры трелевочного волока с целью повышения его работоспособности.

Понятие работоспособности трелевочного волока рассматривается как возможность применения тех или иных тракторов на трелевке древесины [1–3]. В работе [1] отмечается, что, когда глубина колеи достигает предельной величины, обусловленной лесохозяйственными требованиями и (или) проходимостью трактора, работоспособность волока считается исчерпанной. Образование колеи в значительной степени зависит от типа и физико-механических характеристик почвы, характеристик используемой машины (давление на грунт, скорость движения, тип движителя), количества проходов по одному следу. Кроме того, требуемая работоспособность волока может определяться исходя из принятой технологии лесозаготовительных работ, среднего запаса леса на гектаре, протяженности волока, рейсовой нагрузки трелевочного трактора.

Большаков Б. М. в работе [3] предложил оценивать работоспособность трелевочного волока общим объемом трелеваемой по волоку пачки до полной потери проходимости трелевочного трактора, углублением колеи на величину, большую значения дорожного просвета.

В общем, работоспособность трелевочного волока рассматривается как показатель обеспечения проходимости техники в процессе трелевки всего объема заготовленных лесоматериалов на пашеке.

Однако рассматривать понятие работоспособности трелевочного волока только с эксплуатационной точки зрения будет неверным, так как при определенных лесоводственно-экологических ограничениях движение машины по волоку может быть невозможным даже без потери или снижения ее проходимости. Таким образом, работоспособность трелевочного волока должна оцениваться в комплексе эксплуатационно-экологических показателей.

При проектировании технологического процесса освоения заболоченных лесосек применяется сочетание ряда мероприятий, направленных на повышение работоспособности трелевочного волока. К ним относятся:

1. обоснованный выбор типа движителя с учетом условий эксплуатации;
2. рациональная ширина пасаки с целью минимизации количества проходов по волоку;
3. сезонность проведения работ;
4. армирование трелевочного волока.

Характер сочетания основных мероприятий по обеспечению эффективной работы машины с минимальным ущербом для почвогрунта определяется на основании рекомендованных критериев оценки эксплуатационно-экологической совместимости [7].

В Республике Беларусь для работы на грунтах с низкой несущей способностью, помимо трелевочных тракторов с канатно-чокерной оснасткой используются специализированные колесные многооперационные машины с шарнирно-сочлененной рамой. При этом выбираются харвестеры и форвардеры с колесной формулой 6К6 или 8К8 с установкой радиальных широкопрофильных шин и съемных гусениц на колеса тандемных тележек.

Увеличить возможную работоспособность волока, если она меньше требуемой, можно, используя одни и те же трелевочные машины, за счет уменьшения ширины пасаки. В этом случае количество проходов по волоку будет меньшим, однако увеличится общая площадь технологических элементов лесосеки, которая не должна превышать допустимых пределов, регламентируемых в СТБ 1360–2002 и СТБ 1361–2002.

При невозможности изменения ширины пасаки и длины волока из технологических и лесоводственных соображений работоспособность волока может быть повышена за счет проведения работ в зимний или летний сезон, а также при помощи укрепления волока порубочными остатками в виде сучьев, ветвей и вершин деревьев.

Так, в зимнее время плотность почвогрунта от воздействия движителя машины увеличивается незначительно, а значит, использование трелевочной техники с грузом относительно безопасно в этот период. Вода в жидком состоянии обволакивает поверхность твердых частиц почвогрунта, снижает трение частиц между собой, а при приложении нагрузки способствует уплотнению. Превратившись в лед, она уже не снижает силу трения между частицами грунта, а оказывает дополнительное сопротивление. Переуплотнение почвогрунта наиболее опасно осенью и весной из-за сильного насыщения водой. Летом степень переуплотнения зависит от выпавшего количества осадков [4].

При укреплении лесотранспортных путей порубочными остатками в виде сучьев и ветвей происходит также более равномерное распределение нагрузок от движителя лесотранспортной машины, что особенно актуально на грунтах с низкой несущей способностью [2]. В спелых насаждениях объем таких отходов в зависимости от породного состава, возраста насаждений, типа и бонитета леса достигает 20% [5] от общего запаса насаждений, отводимых в рубку, около 75% из них малопригодны для дальнейшей переработки и могут быть использованы в качестве верхнего укрепляющего слоя трелевочного волока. В условиях лесозаготовок Беларуси при допустимой ширине волока 4–5 м толщина настила из сучьев и ветвей может достигать до 30 см [6]. При этом на грунтах III типа местности при толщине армированного слоя 15–20 см форвардер с пачкой сортиментов около 10 м<sup>3</sup> может совершить 6–10 рейсов до разрушения армированного слоя.

Оценка работоспособности трелевочного волока с учетом сезонности проведения работ и армирования волока порубочными остатками может быть произведена через значение допустимого давления движителя лесной машины на почвогрунт. Такой подход позволяет

рассматривать как эксплуатационную составляющую – проходимость машин, так и экологическую – допустимую глубину колеи и уплотнение почвогрунтов.

Для определения допустимого значения давления движителя на почвогрунт можно воспользоваться формулой:

$$P_{\text{доп}} = q_s \cdot g \cdot k_{\text{укр}} \cdot k_{\text{сез}}, \quad (1)$$

где  $q_s$  – несущая способность почвогрунта;

$g$  – ускорение свободного падения тела;

$k_{\text{укр}}$  – коэффициент укрепления трелевочного волока порубочными остатками;

$k_{\text{сез}}$  – коэффициент сезонности проведения работ.

Связь показателей работоспособности трелевочного волока и допустимого давления движителя на почвогрунт можно осуществить через значение предельной глубины колеи (деформации почвогрунта).

Деформация почвогрунта на волоке напрямую зависит от нагрузки, оказываемой движителем лесной машины. Во многих существующих расчетных методиках для определения глубины колеи необходимо знать величину давления движителя на опорное основание. В работе [8] Агейкин Я. С. предложил формулу для определения глубины колеи:

$$h_{\text{гл}} = \pi \cdot p \cdot q_s \cdot a \cdot b \cdot J \cdot Q_1 / 2 \cdot E \cdot (p_s - p), \quad (2)$$

где  $p$  – нагрузка от движителя на почвогрунт;

$a$  – коэффициент затухания напряжений в грунте;

$b$  – ширина штампа;

$J$  – коэффициент, учитывающий соотношение длины и ширины штампа;

$Q_1$  – параметр, учитывающий толщину мягкого слоя грунта;

$E$  – модуль деформации почвогрунта.

Если установить предельное или допустимое значение глубины колеи, то из расчетной формулы можно выразить значение допустимого давления на почвогрунт.

$$P_{\text{доп}} = \frac{2 \cdot E \cdot h_{\text{доп}} \cdot q_s}{2 \cdot E \cdot h_{\text{доп}} + \pi \cdot q_s \cdot a \cdot b \cdot J \cdot Q_1}. \quad (3)$$

Приравняв полученное выражение (3) с формулой (1), получим связь работоспособности волока с показателем допустимого давления движителя на почвогрунт.

$$\frac{2 \cdot E \cdot h_{\text{доп}} \cdot q_s}{2 \cdot E \cdot h_{\text{доп}} + \pi \cdot q_s \cdot a \cdot b \cdot J \cdot Q_1} = q_s \cdot g \cdot k_{\text{сез}} \cdot k_{\text{укр}}. \quad (4)$$

Оценку работоспособности трелевочного волока можно осуществить непосредственно через значения коэффициентов  $k_{\text{укр}}$  и  $k_{\text{сез}}$ . Так, например, можно задаться значением работоспособности волока равной 1, если свойства почвогрунта, параметры принятой системы машин и разрабатываемой лесосеки позволяют осуществить разработку лесосеки в любой период и без армирования порубочными остатками. По мере необходимости проведения дополнительных мероприятий по укреплению трелевочного волока путем армирования и организации работ в зимнее/летнее время, показатель работоспособности будет меняться. Таким образом его можно представить, как произведение принятых коэффициентов ( $P_{\text{т.в.}} = 1 \cdot k_{\text{укр}} \cdot k_{\text{сез}}$ ).

Полученные расчетные значения работоспособности волока необходимо сравнить с требуемым значением, для того, чтобы на этапе проектирования технологического процесса произвести необходимые изменения. Значение требуемой работоспособности должно соответствовать параметрам волока, при которых будет обеспечена трелевка всех заготовленных на пасеке лесоматериалов. При этом работа лесных машин должна быть эффективной, а состояние почвогрунта соответствовать лесоводственно-экологическим требованиям.

Требуемое значение работоспособности волока будет зависеть от: количества проходов по волоку; допустимой глубины колеи; показателя тягово-сцепной проходимости; допустимой плотности почвогрунта после разработки лесосеки.

Степень повышения работоспособности волока можно охарактеризовать через принятые коэффициенты укрепления волока  $k_{укр}$  и сезонности проведения работ  $k_{сез}$ .

Значение коэффициента  $k_{укр}$  будет зависеть от двух факторов: толщины армирующего слоя и числа проходов техники по одному волоку, а коэффициента  $k_{сез}$  – от сезона проведения работ: летом, весной и осенью он будет зависеть от влажности почвогрунта, зимой – от степени промерзания почвогрунта.

Произведенный анализ работ [9–11] и соответствующих исследований по данному вопросу, позволили сформировать значения для этих коэффициентов (таблицы 1 и 2).

**Таблица 1 – Значения коэффициента  $k_{укр}$**

Количество проходов	1–5	5–10	10–20	30–40
$k_{укр}$	1,75–2,3	1,5–1,7	1,4	1,2

**Таблица 2 – Значения коэффициента  $k_{сез}$**

Сезон проведения работ	Лето	Осень, весна	Зима
$k_{сез}$	0,7–1	0,5–1	1,5–7,5

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бит, Ю.А. Работоспособность волоков при рубках ухода / Ю.А. Бит, Н.А. Тюрин, В.Н. Поляков // Лесное хозяйство. – 1985. – № 9. – С. 36–37.
2. Протас, П.А. Работоспособность трелевочных волоков на грунтах повышенного увлажнения / П.А. Протас, Г.И. Завойских // Лесная и деревообрабатывающая промышленность: труды БГТУ. Сер. II. – Минск, 2005. – Вып. XIII. – С. 28–30.
3. Большаков Б.М. Снижение отрицательных последствий от воздействия трелевочных систем на лесную почву : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.21.01 / Б.М. Большаков ; СПб. гос. лесотехн. акад. – СПб., 1998. – 43 с.
4. Андронов, А.В. Снижение воздействия машин на почвогрунт при проведении рубок ухода / А.В. Андронов, В.Д. Валяжонков, Ю.А. Добрынин // Вес. КрасГАУ. – 2014. – №7. – С. 151–157.
5. Матвейко, А.П. Малоотходные и безотходные технологии в лесном хозяйстве и лесной промышленности: учеб. пособие. – Мн.: БГТУ, 1999. – 84 с.
6. Протас, П.А. Использование отходов лесозаготовок для укрепления волоков – элемент ресурсосберегающей технологии / П.А. Протас, Г.И. Завойских, С.С. Макарович, А.С. Федоренчик // Леса Европейского региона – устойчивое управление и развитие: Материалы Международной науч.-практ. конференции. – Мн.: БГТУ, 2002. – Ч. 2. – С. 252–255.
7. Протас, П.А. Структурная схема и критерии оценки эксплуатационно-экологической совместимости лесных машин с почвогрунтами / П.А. Протас, Ю.И. Мисуно // Труды БГТУ: Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – №2 (184). – Минск, 2016. – С. 248–253.
8. Агейкин, Я.С. Проходимость автомобилей / Я.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с.
9. Протас, П.А. Актуализация лесосырьевого потенциала обеспечением эксплуатационно-экологической совместимости систем машин с почвогрунтами на принципах устойчивого лесопользования: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / П.А. Протас. – Минск, 2010. – 192 с.
10. Протас, П.А. Оценка влияния лесозаготовительных машин на лесные почвы: дис. ... маг. техн. наук: 05.21.01 / П.А. Протас. – Минск, 2000. – с. 110.
11. Велли, Ю.А. Здания и сооружения на крайнем севере / Ю.А. Велли, В.В. Докучаев, Н.В. Федоров. – Ленинград: Госстройиздат, 1963. – 492 с.