

тивность работы форвардера на заболоченных лесосеках при соблюдении необходимых требований или разработанных рекомендаций.

### Литература

1. Мисуно Ю. И., Протас П.А. Повышение работоспособности трелевочных волоков на заболоченных участках лесосечного фонда. – Лесозаготовительное производство: проблемы и решения: материалы международной научно-технической конференции, Минск, 26-28 апреля 2017. – Минск: БГТУ, 2017. – С. 25-28.

2. Мисуно, Ю.И. Сравнительная оценка эффективности эксплуатации форвардеров с различным типом движителя на заболоченных грунтах / Ю.И. Мисуно // Экологические и биологические основы повышения продуктивности и устойчивости природных и искусственных возобновляемых лесных экосистем: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию высшего лесного образования в г. Воронеж и ЦЧР России, 4–6 октября 2018 г.: в 2 т. Т. 2 / науч. ред. д-р экон. Наук, проф. С.С. Морковина; ред. коллегия: доц. Ю.В. Чекменева, асс. Е.А. Семенова; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛУ». – Воронеж, 2018. – С. 217–224.

### А.О. Шошин

Белорусский государственный технологический университет

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ КАНАТНЫХ УСТАНОВОК

При проектировании канатных трелевочных установок необходимы точные данные о характере возникающих усилий в канатной оснастке, элементах привода и конструкции. Такие данные могут быть получены при проведении испытаний путем имитационного моделирования. В статье рассматривается опытная проверка имитационной методики испытаний канатной установки с определением тягового усилия, возникающего в канате при трелевке хлыстов.

**Введение.** Усилия в тяговых канатах могут быть определены по расчетным методикам [1, 2, 3] и с помощью экспериментальных исследований. Однако существующие расчетные методики не позволяют учесть все факторы, возникающие при трелевке канатными установками, а проведение экспериментальных исследований на реальной установке сопряжено со значительными материальными и трудовыми

затратами и может осуществляться только после создания опытного образца.

В работе [4] предложен упрощенный способ определения усилий в тяговом канате при трелевке лесоматериалов с помощью методики имитационного моделирования. Ее основной принцип заключается в замене реальной канатной трелевочной установки близкой ей по функциональным возможностям техникой – трелевочным трактором с канатно-чокерной оснасткой.

**Основная часть.** Апробация разработанной методики проводилась в 13-м выделе 77-го квартала Центрального лесничества Негорельского учебно-опытного лесхоза. Тип леса – сосняк орляковый, ТЛУ – В2, средний объем хлыста – 0,46 м<sup>3</sup>.

В качестве измерительной аппаратуры для эксперимента применялся усилитель сигнала НВМ Spider8, который подключался к ноутбуку с специализированным программным обеспечением. Изменение тягового усилия в канате регистрировалось с помощью датчика силы НВМ U9B.

При проведении эксперимента имитировалась работа одномачтовой канатной трелевочной установки, которая включала естественную мачту в виде здорового дерева с установленным на нем блоком. Устойчивость мачты обеспечивалась устройством двух растяжек. Привод установки осуществлялся от лебедки трелевочного трактора с канатно-чокерной оснасткой ТТР-401.

При этом условно процесс трелевки был разделен на 2 этапа – перемещение хлыстов волоком (1 этап) и в полуподвесном положении (2 этап). Наибольшие усилия в тяговом канате наблюдались на втором этапе.

Проверка опытных данных осуществлялась путем сравнения экспериментальных и теоретических данных, полученных по формулам [2]. Полное усилие в тяговом канате определялось по формуле:

$$T = \frac{G \cdot \mu}{\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha}, \quad (1)$$

Вертикальная составляющая тягового усилия:

$$T_v = \frac{G \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha}{1 + \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (2)$$

Для сравнения теоретических и экспериментальных данных сделано сравнение зависимостей тягового усилия. По формулам (1, 2) выполнен расчет тягового усилия для трелевки хлыста (рис. 1) со следующими характеристиками:  $V_{\text{хл}} = 2,0 \text{ м}^3$ ,  $M_{\text{хл}} = 1640 \text{ кг}$ ,  $P_{\text{хл}} = 17,088$

кН (вес). На графике (рисунок 2) показана экспериментальная зависимость тягового усилия для данного хлыста.

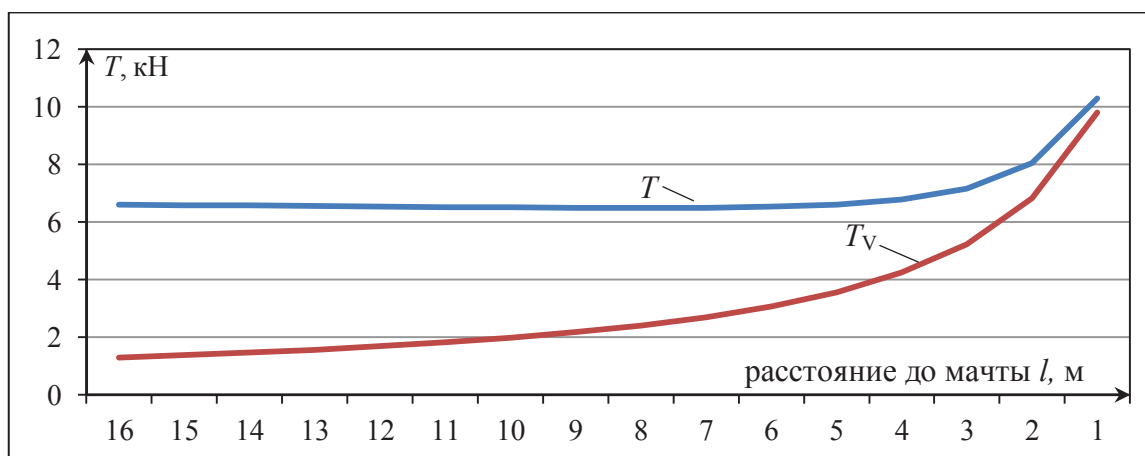


Рисунок 1 – Теоретическая зависимость изменения тягового усилия

На графике теоретической зависимости (рисунок 1) каждому значению тягового усилия  $T$  по оси  $y$  соответствует расстояние от пачки до мачты по оси  $x$ . На расстоянии от 16 до 6 м до мачты усилие в канате практически не изменяется (1 этап). Усилие в канате начинает резко возрастать при приближении хлыста к мачте, что вызвано резким возрастанием вертикальной составляющей усилия.

Экспериментальная зависимость (рисунок 2) показывает, что в процессе трелевки хлыста на первом этапе возникающие усилия находились в пределах от 0,7 до 4 кН. На втором этапе трелевки хлыст постепенно приподымался и перемещался в полуподвешном положении, при этом максимальное усилие достигало 10 кН.

Наличие участков с резким падением графика экспериментальной зависимости (рисунок 2) связано с автоколебательным характером движения лесоматериалов по почве, вызванного циклически сменяемыми рывками и расслаблениями тягового каната.

Графики теоретической и экспериментальной зависимости (рисунки 1 и 2) имеют схожую структуру и явную зависимость увеличения тягового усилия при уменьшении расстояния до головной мачты.

При проведении экспериментальных исследований производилась трелевка одиночных хлыстов объемами 0,3, 0,4, 1, 1,3, 1,5 и 2 м<sup>3</sup>. Для каждого хлыста было осуществлено 3 цикла трелевки и данные по каждому хлысту усреднялись. Результаты зафиксированных максимальных значений усилия в тяговом канате представлены на рисунке 3.

Достоверность аппроксимации полученной кривой составила 0,974, что говорит о наличии хорошей связи между изменением тягового усилия и объемом хлыста.

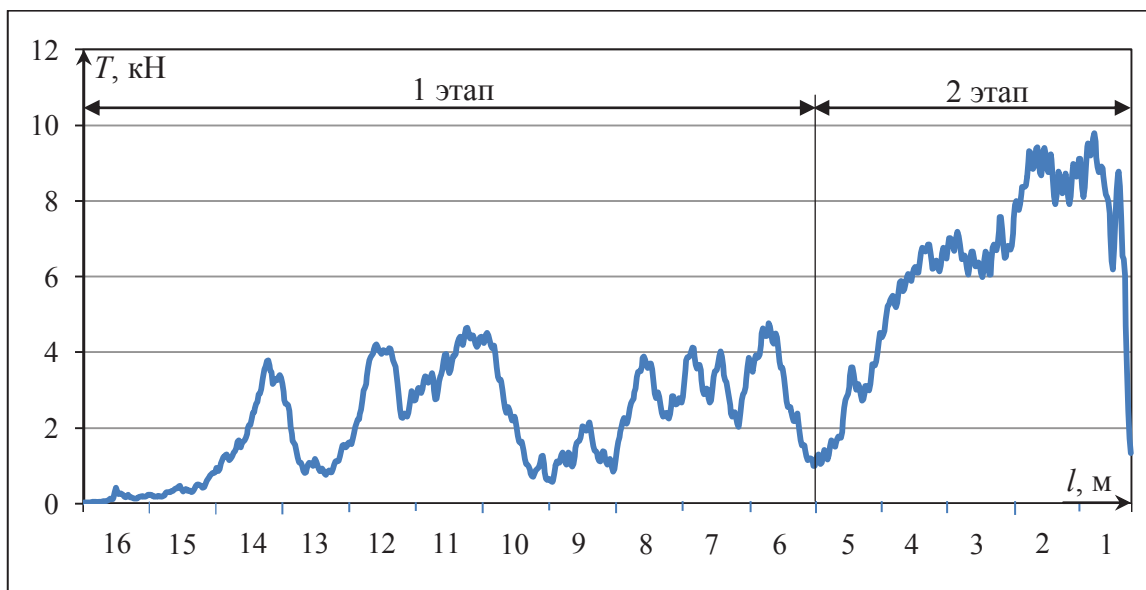


Рисунок 2 – Экспериментальная зависимость изменения тягового усилия

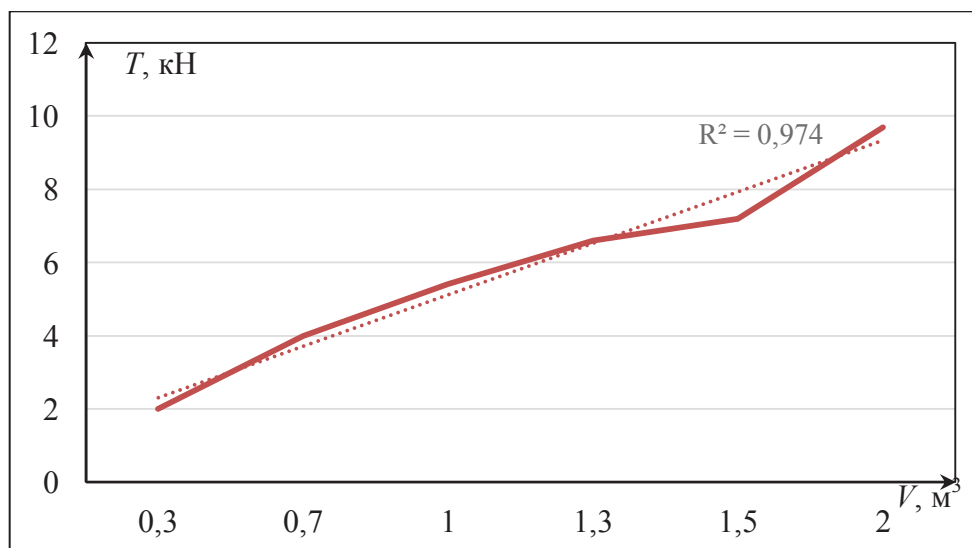


Рисунок 3 – Зависимость изменения тягового усилия от объема хлыста

Полученные результаты согласуются с результатами других ученых [2, 3, 5] и с теоретическими расчетами по формулам (1) и (2), что позволяет утверждать, что данная методика эффективна и позволит при значительно меньших материальных и трудовых затратах получать достоверные данные о характере изменения усилий в гибких органах канатных трелевочных установок.

**Заключение.** Разработанная методика может применяться машиностроительными предприятиями-производителями канатных трелевочных установок. При необходимости данная методика может быть использована и для испытания усилий в других гибких органах канатных установок: растяжках, несущих, возвратных, тягово-подъемных и др. канатах.

### Литература

1. Алябьев В. И. Исследование тяговых усилий лебедок при полуподвесной трелевке леса: автореферат ... канд. техн. наук: 05.21.01. Москва, 1958. 20 с.
2. Коротяев Л. В. Исследование сопротивления движению при трелевке леса: автореферат ... канд. техн. наук: 05.21.01. Свердловск, 1970. 32 с.
3. Белая Н. М. Теоретические и экспериментальные исследования стальных канатов подвесных лесотранспортных установок: автореферат докт. техн. наук: 05.21.01. Москва, 1967. 42 с.
4. Шошин А.О. Методика имитационных испытаний одномачтовой канатной установки для полуподвесной трелевки древесины / А. О. Шошин [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – Минск: БГТУ, 2017. – № 1 (192). – С. 102-108.

### Е.В. Чесновский

Белорусский государственный технологический университет

### **АДАПТАЦИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ К ПОРОДАМ ДРЕВЕСИНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Оценка состояния древесины используемой для строительства имеет особую важность при выяснении несущей способности зданий и разработке защитных мероприятий. Такая древесина обычно оценивается неразрушающими методами, например, по плотности и твердости. Оценка плотности прямым способом требует взвешивания деревянного образца, что крайне затруднительно без разборки здания. Твердость древесины не дает общей картины и имеет очень сильный разброс значений, в виду непостоянства состояния поверхности древесины, бывшей в эксплуатации [1].

Наиболее мобильным сегодня является способ определения свойств древесины по ее акустическим свойствам. Высокочастотные колебания не вызывают разрушение материала, а значит могут быть использованы для диагностики древесины применяемой в строительных конструкциях[2].

Измерением затухания волны в элементах изделий, конструкций и сооружений можно получать информацию о: прочности и однородности; модуле упругости и плотности; наличии дефектов и их локализации, что дает возможность оперативно оценивать качество древеси-