

УДК 630*377.4

В. С. Исаченков, В. А. Симанович

Белорусский государственный технологический университет

**К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ
КОЛЕСНОЙ ТРЕЛЕВОЧНОЙ МАШИНЫ НА ПОЧВОГРУНТАХ
СО СЛАБОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ**

Одним из основных критериев оценки эффективности работы колесной трелевочной машины на почвогрунтах со слабой несущей способностью является ее сменная производительность, которая зависит от конструкции технологического оборудования. В Республике Беларусь на заготовке древесного сырья в указанных условиях работы в настоящее время используются колесные трелевочные машины с канатно-чokerным технологическим оборудованием, конструкция которых имеет ряд существенных недостатков.

В статье представлены результаты эксплуатационно-технологических испытаний колесной трелевочной машины на почвогрунтах со слабой несущей способностью, в основу которых положен метод фотохронометрирования операций рабочего процесса.

Обоснован наиболее рациональный вариант усовершенствования конструкции технологического оборудования, что позволяет увеличить показатели эффективности работы колесной трелевочной машины на почвогрунтах со слабой несущей способностью.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и изготовлении колесных трелевочных машин для лесозаготовок на предприятиях Республики Беларусь.

Ключевые слова: эффективность работы, производительность, колесная трелевочная машина, технологическое оборудование.

V. S. Isachenkov, V. A. Simanovich

Belarusian State Technological University

**TO QUESTION OF ESTIMATION OF EFFICIENCY OF WORK
OF THE SKIDDER ON SOILS WITH WEAK BEARING STRENGTH**

One of basic criteria of estimation of efficiency of work of the skidder on soils with weak bearing strength is her removable productivity that depends on the construction of technological equipment. In Republic of Belarus on the purveyance of arboreal raw material, in the indicated terms of work, the skidder with wire-rope-choker technological equipment, the construction of that has a row of substantial defects, are presently used.

In the article the results of operating-technological tests of the skidder are presented on почвогрунтах with weak bearing strength, the method of phototimekeeping of operations of working process is fixed in basis of that.

The most rational variant of improvement of construction of technological equipment is reasonable, that allows increasing the indexes of efficiency of work of the skidder on soils with weak bearing strength.

They got results can be drawn on at planning and making of the skidder for logging-offs on the enterprises of Republic of Belarus.

Key words: efficiency of work, productivity, skidder, technological equipment.

Введение. Одним из основных критериев оценки эффективности работы колесной трелевочной машины является ее сменная производительность, которая зависит от конструкции технологического оборудования для конкретных природно-климатических условий [1–8].

Процесс лесозаготовки включает в себя взаимосвязанные последовательные операции, такие как валка деревьев, обрезка сучьев, при необходимости раскряжка на том или ином этапе, трелевка и последующая вывозка древесного сырья потребителям.

Большинство операций на сегодняшний момент выполняются комплексами машин и

механизмов, однако для значительной части лесосечного фонда, расположенного на грунтах со слабой несущей способностью, остается открытым вопрос эффективного, а значит, экономически целесообразного способа трелевки [9].

Трелевка включает холостой ход трелевочного трактора, формирование пачки деревьев или хлыстов, их подъем, рабочий ход и разгрузку на погрузочном пункте [10, 11].

В Республике Беларусь на заготовке древесного сырья в указанных условиях работы в настоящее время используются колесные трелевочные трактора с канатно-чokerным технологическим оборудованием, в частности

ТТР-401. Для преодоления участков трелевочных или магистральных волоков со слабой несущей способностью почвогрунта при буксовании для этих машин во время рабочего цикла используется прием сброса пачки с последующим ее подтаскиванием. Последовательное положение стандартного технологического оборудования показано на рис. 1.

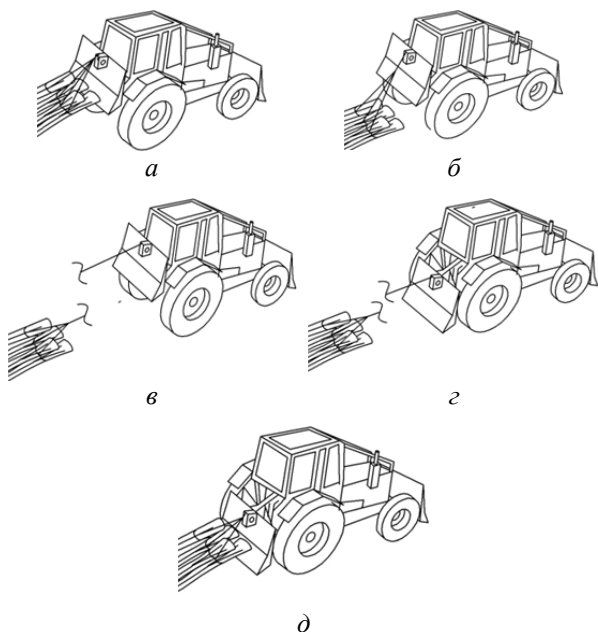


Рис. 1. Положение стандартного технологического оборудования:

- a* – щит поднят, пачка в транспортном положении;
- б* – щит поднят, сброс пачки;
- в* – щит поднят, переезд с роспуском каната;
- г* – щит опущен до упора, подтаскивание пачки;
- д* – щит опущен до упора, подъем пачки в транспортное положение

На наш взгляд, одним из основных путей дальнейшего повышения производительности труда колесных трелевочных тракторов при работе на почвогрунтах с низкой несущей способностью является усовершенствование технологического оборудования.

В качестве решения данной задачи предлагается изменить конструкцию технологического оборудования установкой дополнительной опорной оси, что позволяет использовать его в качестве как навесного, так и прицепного варианта. В начальный момент буксования технологическое оборудование переводится из навесного положения в прицепное и колесный трелевочный трактор преодолевает проблемный участок, не теряя темпа работы.

После преодоления указанного участка технологическое оборудование переводится в навесное положение, что значительно снижает энергетические потери во время преодоления

участков с удовлетворительной несущей способностью. Последовательность положений усовершенствованного технологического оборудования показана на рис. 2.

Применение усовершенствованного технологического оборудования позволяет добиться перераспределения нагрузок на несущую систему машины в процессе движения и снизить динамическую нагруженность, уменьшить расход топлива, что было доказано теоретическими, лабораторными и экспериментальными исследованиями.

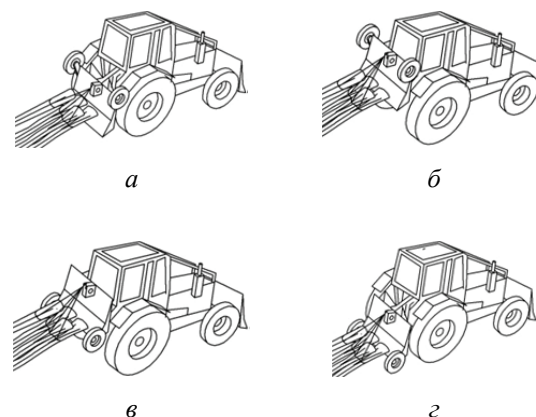


Рис. 2. Положение усовершенствованного технологического оборудования:

- a* – щит опущен до упора, дополнительная опорная ось в транспортном положении;
- б* – щит поднят, дополнительная опорная ось в транспортном положении;
- в* – щит поднят, дополнительная опорная ось в рабочем положении;
- г* – щит опущен, дополнительная опорная ось в рабочем положении

Для обоснования выдвинутого нами утверждения была поставлена задача по проведению эксплуатационно-технологических испытаний колесной трелевочной машины, оснащенной различным по конструктивным особенностям технологическим оборудованием [12].

Основная часть. Для эксплуатационно-технологических испытаний в качестве колесной трелевочной машины использовался трелевочный трактор ТТР-401, на котором устанавливалось как стандартное, так и усовершенствованное технологическое оборудование.

На основании проведенного анализа существующих технологических схем заготовки хлыстов при рубках главного и промежуточного пользования на грунтах со слабой несущей способностью для испытаний был принят наиболее рациональный вариант, который предусматривал использование бензиномоторных пил на валке, обрезке сучьев и ТТР-401 на сборе и трелевке хлыстов на погрузочный пункт. Схема разработки пачки представлена на рис. 3.

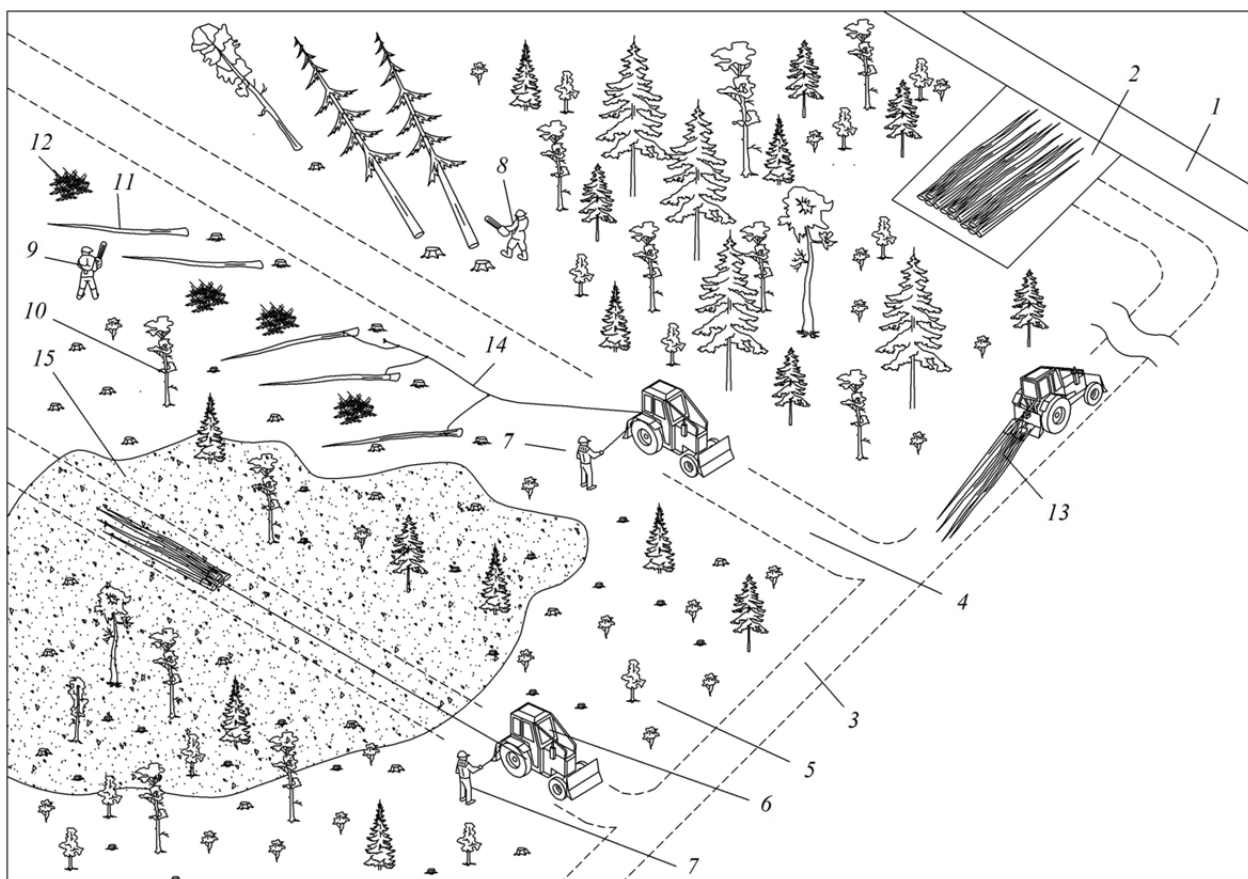


Рис. 3. Схема разработки пасеки с использованием ТТР-401 на почвогрунтах со слабой несущей способностью:
 1 – лесовозный ус; 2 – погрузочный пункт; 3 – магистральный волок; 4 – пасечный волок;
 5 – пасека; 6 – треловочный трактор; 7 – оператор; 8 – вальщик леса; 9 – обрезчик сучьев;
 10 – оставленное дерево; 11 – хлыст; 12 – порубочные остатки; 13 – пачка хлыстов;
 14 – формирование пачки; 15 – участок волока со слабой несущей способностью

В основу испытаний положен метод фотохронометрирования операций рабочего процесса ТТР-401. Данные заносились в таблицу технологического цикла работы машины. Там же указывалось наименование груза, его характеристика (объем, порода и др.), технологическая схема работы машины, среднее расстояние трелевки, длина участков со слабой несущей способностью почвогрунтов, условия сбора и разгрузки хлыстов, характеристика лесосеки, состояние, рельеф местности и дороги, способы валки деревьев и пр.

Расстояние трелевки, включающее холостой и рабочий ход, а также пробег при наборе пачки, определялось исходя из схемы разработки лесосеки путем замера пути движения с использованием шагомера. Время при проведении фотохронометражных наблюдений фиксировалось с помощью секундомера и часов.

Продолжительность испытаний была определена в объеме не менее 3-х контрольных смен работы ТТР-401. При наличии циклической работы машины на трелевке леса было установлено количество контрольных наблюдений (рейсов): не менее 15 в каждой смене. Разница

в продолжительности для определения зачетности получаемых результатов составляла не более 10%. Объем пачки хлыстов определялся по результатам замера длины хлыстов и их диаметров в комлевой части (согласно правилам таксации леса).

Эксплуатационно-технологические испытания проводились на рубках главного пользования на различных режимах работы в процессе трелевки (породный состав – 5Е2С2Ос1Б+Е, средний объем хлыста – 0,23 м³, тип леса – 1а кисличный, плотность – 0,7, средний возраст леса – 70 лет). Длина пасечного волока составляла от 150 до 300 м. Величина участков со слабой несущей способностью почвогрунта на пасечных волоках колебалась от 45 до 50 м. Объем трелеваемой пачки хлыстов варьировался от 0,15 до 1,28 м³. Скорость перемещения трактора – от 4,57 до 8,53 км/ч с использованием четырех передач.

Производительность треловочного трактора ТТР-401 определялась из выражения

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{(T - t_{\text{пз}}) \cdot V_{\text{п}} \cdot \varphi_1}{t_{\text{ц}}}, \quad (1)$$

где $P_{см}$ – сменная производительность, m^3 ; T – продолжительность смены, с; $t_{пз}$ – время на подготовительно-заключительные операции, с; $V_{п}$ – объем трелеваемой пачки, m^3 ; ϕ_1 – коэффициент использования рабочего времени; $t_{ц}$ – время рабочего цикла, с.

В свою очередь время рабочего цикла было найдено расчетным путем:

$$t_{ц} = t_o + t_{рх} + t_{хх} + t_{пр}, \quad (2)$$

где t_o – время на сброс пачки и маневрирование, с; $t_{рх}$ и $t_{хх}$ – время на движение машины в грузовом и порожнем направлениях, с, $t_{пр}$ – время на сбор пачки, с.

Результаты сменной производительности трелевочного трактора ТТР-401 со стандартным и с усовершенствованным технологическим оборудованием, полученные по формулам (1) и (2), при эксплуатационно-технологических испытаниях представлены в табл. 1 и 2.

Результаты фотохронометрирования операций рабочего цикла для ТТР-401 позволили убедиться в том, что наибольшие потери сменной производительности наблюдаются во время движения в грузовом направлении для трактора с серийным технологическим оборудованием.

Таблица 1

Сменная производительность трелевочного трактора ТТР-401 со стандартным технологическим оборудованием

Объем пачки, m^3	Длина трелевки, м			
	150	200	250	300
0,15	5,61	5,01	4,53	4,13
0,26	9,25	8,31	7,54	6,90
0,65	21,63	19,48	17,69	16,23
0,85	29,40	26,50	24,08	22,10
1,28	43,90	39,59	36,01	33,06

Производительность труда при работе на грунтах со слабой несущей способностью для трелевочного трактора ТТР-401 с усовершенствованным технологическим оборудованием соизмерима с результатами работы этой же машины со стандартным технологическим оборудованием для трелевочных и магистральных

волоков с удовлетворительной несущей способностью почвогрунтов.

Таблица 2

Сменная производительность трелевочного трактора ТТР-401 с усовершенствованным технологическим оборудованием

Объем пачки, m^3	Длина трелевки, м			
	150	200	250	300
0,15	8,48	7,19	6,28	5,50
0,26	13,64	11,70	10,22	9,09
0,65	31,62	27,22	23,85	21,26
0,85	42,80	36,91	32,39	28,90
1,28	63,65	54,98	48,31	43,15

Так, для трелевочного трактора ТТР-401 со стандартным технологическим оборудованием при средней рейсовой нагрузке в $1,28 m^3$ на участках волока в 50 м с низкой несущей способностью почвогрунтов при длине трелевки 150 м продолжительность рабочего цикла составила 543 с. В то же время для модернизированного оборудования она составила 425 с.

Соответственно, при односменной семи-часовой работе производительность труда составила 63,65 и 43,90 m^3 (по данным завода-производителя при стандартной комплектации трелевочного трактора ТТР-401 сменная производительность в том же временном интервале при рейсовой нагрузке в $1,2 m^3$ составляет 60 m^3).

На основе изложенного можно сделать вывод о целесообразности выбора усовершенствованного технологического оборудования для колесных трелевочных машин.

Заключение. Представленными результатами проведенных исследований было установлено, что применение усовершенствованного канатно-чокерного технологического оборудования позволяет увеличить показатели эффективности работы колесной трелевочной машины на почвогрунтах со слабой несущей способностью.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании машин для лесозаготовок на предприятиях Республики Беларусь.

Литература

1. Кононов А. М. Исследование реализации тягово-сцепных качеств и агротехнической проходимости колесных тракторов на суглинистых почвах Беларуси: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Белорус. с.-х. акад. Горки, 1974. 41 с.
2. Гапоненко В. С. О путях снижения уплотняющего воздействия машинно-тракторных агрегатов на почву // Влияние сельскохозяйственной техники на почву: труды почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. М., 1981. С. 56–61.

3. Соколова В. А., Петров И. П. Исследование взаимодействия арочного колеса с опорной поверхностью // Труды НАМИ. 1962. Вып. 54. С. 64–72.
4. Хайлис Г. А. К теории качения пневматического колеса // Тракторы и сельхозмашины. 1963. № 3. С. 5–7.
5. Симанович В. А., Демидов В. А., Клоков Д. В. Колеса и шины лесных и лесотранспортных машин. Минск: БГТУ, 2005. 84 с.
6. Симанович В. А., Исаченков В. С. Оценка тягово-сцепных свойств трелевочных тракторов с усовершенствованной конструкцией несущей системы // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревооб- раб. пром-сть. 2009. Вып. XVII. С. 116–119.
7. Протас П. А., Клоков Д. В. Аналитическое исследование процесса взаимодействия колесных трелевочных машин с пачкой хлыстов и волоком // Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика. 2014. Т. 2, № 5–4. С. 256–260.
8. Исаченков В. С., Симанович В. А. Обоснование параметров канатно-чокерного технологиче- ского оборудования // Труды БГТУ. 2012. № 2: Лесная и деревооб- раб. пром-сть. С. 39–42.
9. Лесной фонд [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mlh.by/ru/forestry/resources.html> (дата обращения: 18.02.2019).
10. Вyrko Н. П. Сухопутный транспорт леса. Минск: БГТУ, 2003. 438 с.
11. Матвейко А. П., Клоков Д. В., Протас П. А. Технология и оборудование лесосечных и лесо- складских работ. Практикум. Минск: БГТУ, 2013. 199 с.
12. Ермалицкий А. А., Клоков Д. В. Методика оценки средств механизации лесопогрузочных операций по критерию энергоемкости // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревооб- раб. пром-сть. 2007. Вып. XV. С. 63–67.

References

1. Kononov A. M. *Issledovaniye realixatsii tyagovo-stsepynykh kachestv i agrotekhnicheskoy prokhozimosti kolesnykh traktorov na suglinistykh pochvakh Belarusi. Aftoref. dis. d-ra tekhn. nauk* [Investigation of the realization of traction-coupling qualities and agrotechnical patency of wheeled trac- tors on loamy soils in Belarus. Abstract of thesis dr. tech. sci.]. Gorki, 1974. 41 p.
2. Gaponenko V. S. On ways to reduce the sealing effect of machine-tractor aggregates on the soil. *Trudy pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva "Vliyaniye sel'skokhozyaystvennoy tekhniki na pochvu"* [V. V. Dokuchaev Soil Institute works "Influence of agricultural machinery on soil"]. Moscow, 1981, pp. 56–61 (In Russian).
3. Sokolova V. A., Petrov I. P. Study of the interaction of an arched wheel with a supporting surface. *Trudy NAMI* [Proceedings of NAMI], 1962, issue 54, pp. 64–72 (In Russian).
4. Haylis G. A. To the theory of the rolling of a pneumatic wheel. *Tractory i sel'khoz mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1963, no. 3, pp. 5–7 (In Russian).
5. Simanovich V. A., Demidov V. A., Klokov D. V. *Kolesa i shiny lesnykh i lesotransportnykh mashin* [Wheels and tires forestry and transport machine]. Minsk, BGTU Publ., 2005. 84 p.
6. Simanovich V. A., Isachenkov V. S. Evaluation of traction characteristics skidders with advanced design support system. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series II, Forest and Woodworking Industry, 2009, issue XVII, pp. 116–119 (In Russian).
7. Protas P. A., Klokov D. V. Analytical study of the interaction of wheel skidder with a bundle of stems and portage. *Analiticheskoye issledovaniye protsessa vzaimodeystviya kolesnykh trelevochnykh mashin s pachkoy khlystov i volokom* [Recent research trends of the XXI century: Theory and Practice], 2014, vol. 2, no. 5–4, pp. 256–260 (In Russian).
8. Isachenkov V. S., Simanovich V. A. Rope-choker trailed implements determination of parame- ters. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 39–42 (In Russian).
9. *Lesnoy fond* [Forest estate]. Available at: <http://www.mlh.by/ru/forestry/resources.html> (accessed 18.02.2019).
10. Vyrko N. P. *Sukhoputnyy transport lesa* [Forest land transport]. Minsk, BGTU Publ., 2003. 438 p.
11. Matveyko A. P., Klokov D. V., Protas P. A. *Tekhnologiya i oborudovaniye lesosechnykh i lesosk- ladskikh rabot. Praktikum* [Technology and equipment for logging and landing works. Practical work]. Minsk, BGTU Publ., 2013. 199 p.
12. Yermalitski A. A., Klokov D. V. Methods of assessment of forest mechanization of loading opera- tions on the criterion of energy consumption. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series II, Forest and Woodworking Industry, 2007, issue XV, pp. 63–67 (In Russian).

Информация об авторах

Исаченков Владимир Сергеевич – ассистент кафедры инженерной графики. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: v.isachenkov@belstu.by

Симанович Василий Антонович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: lmitlz@belstu.by

Information about the authors

Isachenkov Vladimir Sergeevich – Assistant Lecturer, the Department of Engineering Graphics. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v.isachenkov@belstu.by

Simanovich Vasily Antonovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lmitlz@belstu.by

Поступила 20.03.2019