

УДК 630\*37:630\*31(476.5)

**Е. А. Леонов<sup>1</sup>, Д. В. Клоков<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет**АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ МАШИН ДЛЯ ЛЕСОЗАГОТОВОК  
В ОАО «ВИТЕБСКДРЕВ»**

ОАО «Витебскдрев» является многопрофильным предприятием деревообработки, которое также осуществляет заготовку древесины для собственных нужд. Для этого в лесопункте применяются следующие основные системы машин: Ponsse Ergo + Ponsse Buffalo, Husqvarna-560XP + Ponsse Buffalo и Husqvarna-560XP + МПТ-461.1. Разрабатываемый годовой лесосечный фонд отличается значительным многообразием природно-производственных условий, которые в том или ином ключе оказывают влияние на эффективность применяемых машин, а следовательно, и на себестоимость заготовки 1 м<sup>3</sup> древесины.

*Цель* – выбор и обоснование эффективной системы машин для лесозаготовок в конкретных природно-производственных условиях.

В статье приведена методика расчета производственной себестоимости заготовки древесины, которая позволяет определять наиболее рациональную систему лесозаготовительных машин на стадии планирования лесосечных работ с учетом ряда природно-производственных факторов. Проведенные теоретические исследования на основе производственной статистики ОАО «Витебскдрев» позволили установить рациональные диапазоны применения рассматриваемых систем машин в условиях данного предприятия с учетом таких факторов, как средний объем хлыста и среднее расстояние подвозки древесного сырья. В частности, установлено, что в насаждениях со средним объемом хлыста от 0,20 до 0,25 м<sup>3</sup> рассматриваемые системы машин являются сопоставимыми. При разработке более крупных насаждений применение систем машин с использованием бензопил является в среднем в 1,05–1,08 раз эффективнее машинного комплекса. При этом приоритет в использовании нужно отдавать специализированным форвардерам.

**Ключевые слова:** лесозаготовки, система машин, анализ, эффективность.

**Для цитирования:** Леонов Е. А., Клоков Д. В. Анализ применения систем машин для лесозаготовок в ОАО «Витебскдрев» // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2023. № 1 (264). С. 104–110. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-264-11.

**Е. А. Leonov<sup>1</sup>, D. V. Klokov<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Belarusian State Technological University<sup>2</sup>Belarusian National Technical University**THE USE ANALYSIS OF MACHINE SYSTEMS FOR LOGGING  
AT JSC “VITEBSKDREV”**

JSC “Vitebskdrev” is a diversified woodworking enterprise that also harvests wood for its needs. To do this, the lumber station uses the following main machine systems: “Ponsse Ergo + Ponsse Buffalo”, “Husqvarna-560XP + Ponsse Buffalo” and “Husqvarna-560XP + MPT-461.1”. The developed annual logging fund is distinguished by a significant variety of natural and production conditions, which in one way or another affect the efficiency of the machines used, and, consequently, the cost of harvesting 1 m<sup>3</sup> of wood.

*The goal* is the selection and justification of an effective system of machines for logging in specific natural and production conditions.

The article presents a methodology for calculating the production cost of wood harvesting, which allows you to determine the most rational system of logging machines at the planning stage of logging operations, taking into account a number of natural and production factors. The theoretical studies carried out, taking into account the production statistics of JSC “Vitebskdrev”, made it possible to establish rational ranges for the application of the considered machine systems in the conditions of this enterprise, taking into account such factors as the average volume of the whip and the average distance of the delivery of wood raw materials. In particular, it was found that in plantations with an average volume of a tree-length from 0.20 to 0.25 m<sup>3</sup>, the considered machine systems are comparable. When developing larger stands, the use of machine systems using chainsaws is on average 1.05–1.08 times more efficient than the machine complex. At the same time, priority in use should be given to specialized forwarders.

**Keywords:** logging, machine system, analysis, efficiency.

**For citation:** Leonov E. A., Klokov D. V. The use analysis of machine systems for logging at JSC “Vitebskdrev”. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2023, no. 1 (264), pp. 104–110. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-264-11. (In Russian).

**Введение.** ОАО «Витебскдрев» является многопрофильным деревообрабатывающим предприятием, которое также осуществляет заготовку древесины для собственных нужд. Его структурным подразделением (лесопунктом) эксплуатируются системы машин на базе бензопил и форвардеров, а также машинные комплексы (рис. 1). Отличительной особенностью разрабатываемого годового лесосечного фонда является многообразие природно-производственных условий, которые в той или иной степени влияют на эффективность применяемых систем машин [1–12], а следовательно, и на себестоимость заготовки 1 м<sup>3</sup> древесины.

В этой связи выбор и обоснование системы машин, оптимальной для применения в конкретных природно-производственных условиях, являются весьма актуальными задачами, так как направлены на повышение эффективности лесозаготовительного производства за счет обеспечения минимальной себестоимости лесосечных работ, что в конечном итоге ведет к повышению конкурентоспособности продукции лесопилени и деревообработки.

**Основная часть. 1. Методика исследований** включала определение производственной себестоимости заготовки 1 м<sup>3</sup> круглых лесоматериалов с учетом типа применяемой системы

машин и изменяющихся природно-производственных условий. Рассматриваемый параметр, в свою очередь, включал расчет следующих статей затрат: [13]:

- фонда заработной платы основных рабочих с отчислениями;
- эксплуатации и ремонта системы машин;
- древесного сырья;
- общепроизводственных расходов.

С целью сравнительного анализа эффективности применяемого лесосечного оборудования для теоретических исследований были выбраны следующие типы систем машин, традиционно применяемых в природно-производственных условиях лесопункта ОАО «Витебскдрев»:

- Husqvarna-560XP + МПТ-461.1;
- Husqvarna-560XP + Ponsse Bufallo;
- Ponsse Ergo + Ponsse Bufallo.

На основании производственной статистики установлено, что основными параметрами, существенно оказывающими влияние на удельную производственную себестоимость лесозаготовок, являются средний объем хлыста разрабатываемых лесосек ( $V_{хл}$ ) и среднее расстояние трелевки (подвозки) древесины ( $S_{ср}$ ) [13–15].

Наименование параметров и диапазоны их варьирования, применяемые в расчетах, приведены в табл. 1.

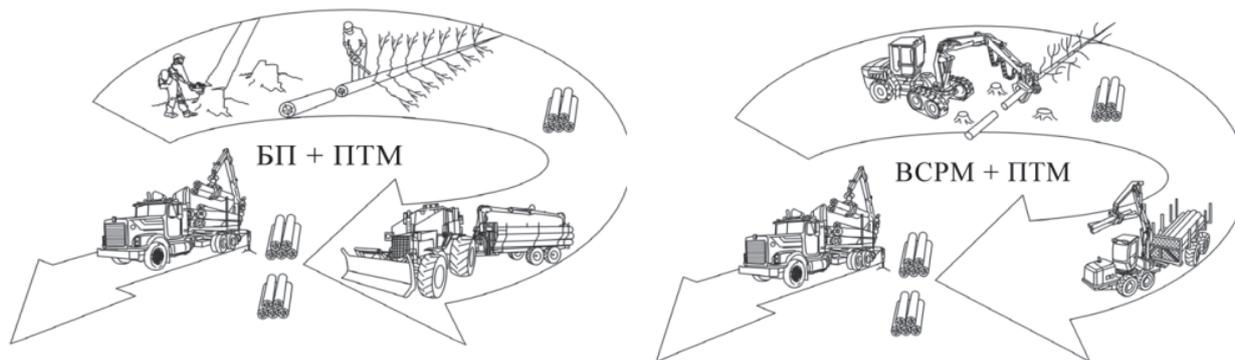


Рис. 1. Основные системы машин для выполнения лесосечных работ, применяемые в условиях ОАО «Витебскдрев»

Таблица 1

**Исследуемые параметры и диапазоны их варьирования**

Величина	Значение величины		Шаг изменения величины
	минимальное	максимальное	
Средний объем хлыста $V_{хл}$ , м <sup>3</sup>	0,2	1,0	0,1
Среднее расстояние трелевки (подвозки) $S_{ср}$ , м	100	2000	250

**2. Результаты исследований.** Рассчитанные с учетом производственной статистики ОАО «Витебскдрев» удельные показатели, представленные в табл. 2.

На основании проведенных расчетов установлено, что при освоении расчетной лесосеки со средним объемом хлыста  $0,4 \text{ м}^3$  и средним расстоянием подвозки древесины  $500\text{--}700 \text{ м}$  по критерию удельной производственной себестоимости заготовки древесины применение системы машин на базе бензопил в среднем на  $4\text{--}5\%$  эффективнее машинных комплексов.

Основной статьей затрат на выполнение лесосечных работ является «Эксплуатация и ремонт системы машин», которая при использовании машинного комплекса Ponsse Ergo + Ponsse Buffalo составляет около  $62\%$  от общей производственной себестоимости заготовки  $1 \text{ м}^3$  древесины. При этом применение систем машин с использованием бензопил Husqvarna-560XP приводит к снижению данного показателя в среднем на  $31\text{--}57\%$ .

В то же время применение машинного комплекса обеспечивает существенную экономию (в  $2,5\text{--}2,9$  раза) фонда заработной платы основных рабочих с отчислениями, исключает ручной труд и производственный травматизм.

С целью определения степени влияния среднего объема хлыста разрабатываемых насаждений на величину удельной производственной себестоимости лесозаготовок по выбранным системам машин при постоянном среднем расстоянии подвозки древесины нами был проведен ряд теоретических исследований. Результаты отражены на рис. 2.

Представленные на рис. 2, а графические зависимости позволяют утверждать, что при разработке лесосек со средним объемом хлыста

до  $0,22 \text{ м}^3$  применяемые в условиях лесопункта ОАО «Витебскдрев» бензопилы Husqvarna-560XP и харвестеры Ponsse Ergo являются сопоставимыми на операциях валки деревьев, очистки их от сучьев и раскряжевки хлыстов на сортименты. С увеличением среднего объема хлыста в разрабатываемых лесосеках с  $0,2$  до  $1,0 \text{ м}^3$  наблюдается снижение удельной производственной себестоимости выполнения указанных операций на  $39$  и  $30\%$  соответственно при использовании бензопил и харвестеров.

Применение определенного типа форвардера (рис. 2, б) в условиях изменяющегося среднего объема хлыста не является принципиальным, так как максимальная разность удельных затрат между прицепной погрузочно-транспортной машиной МПТ-461.1 и специализированным форвардером Ponsse Buffalo наблюдается в насаждениях со средним объемом хлыста от  $0,35$  до  $0,5 \text{ м}^3$  и составляет не более  $3\%$ .

Рассматривая системы машин в целом (рис. 2, в), отметим, что при постоянном среднем расстоянии подвозки древесины  $500\text{--}700 \text{ м}$  принципиальные отличия в удельной себестоимости лесозаготовок наблюдаются в насаждениях со средним объемом хлыста свыше  $0,3 \text{ м}^3$ . В этом случае целесообразно применять системы машин на базе бензопил Husqvarna-560XP, которые в настоящее время на  $5\text{--}8\%$  являются более эффективными по сравнению с машинным комплексом Ponsse Ergo + Ponsse Buffalo.

Результаты теоретических исследований влияния среднего расстояния трелевки (подвозки) древесины на величину удельной производственной себестоимости лесозаготовок при постоянном среднем объеме хлыста разрабатываемых насаждений приведены на рис. 3.

Таблица 2

**Сравнительная характеристика статей затрат производственной себестоимости заготовки  $1 \text{ м}^3$  круглых лесоматериалов основными системами машин**

Статьи затрат	Husqvarna-560XP + МПТ-461.1	Husqvarna-560XP + Ponsse Buffalo	Ponsse Ergo + Ponsse Buffalo
1. Фонд заработной платы основных рабочих с отчислениями, руб/ $\text{м}^3$	6,35	5,47	2,28
2. Эксплуатация и ремонт системы машин, руб/ $\text{м}^3$	11,26	12,09	16,71
в том числе:			
– топливо	3,10	3,71	3,54
– фонд заработной платы вспомогательных рабочих с начислениями	2,95	2,42	1,37
– техническое обслуживание и ремонт	1,82	2,44	5,49
– амортизационные отчисления	3,39	3,52	6,31
3. Древесное сырье, руб/ $\text{м}^3$	7,50	7,50	7,50
4. Общепроизводственные расходы, руб/ $\text{м}^3$	0,87	0,67	0,53
Итого	25,98	25,73	27,02

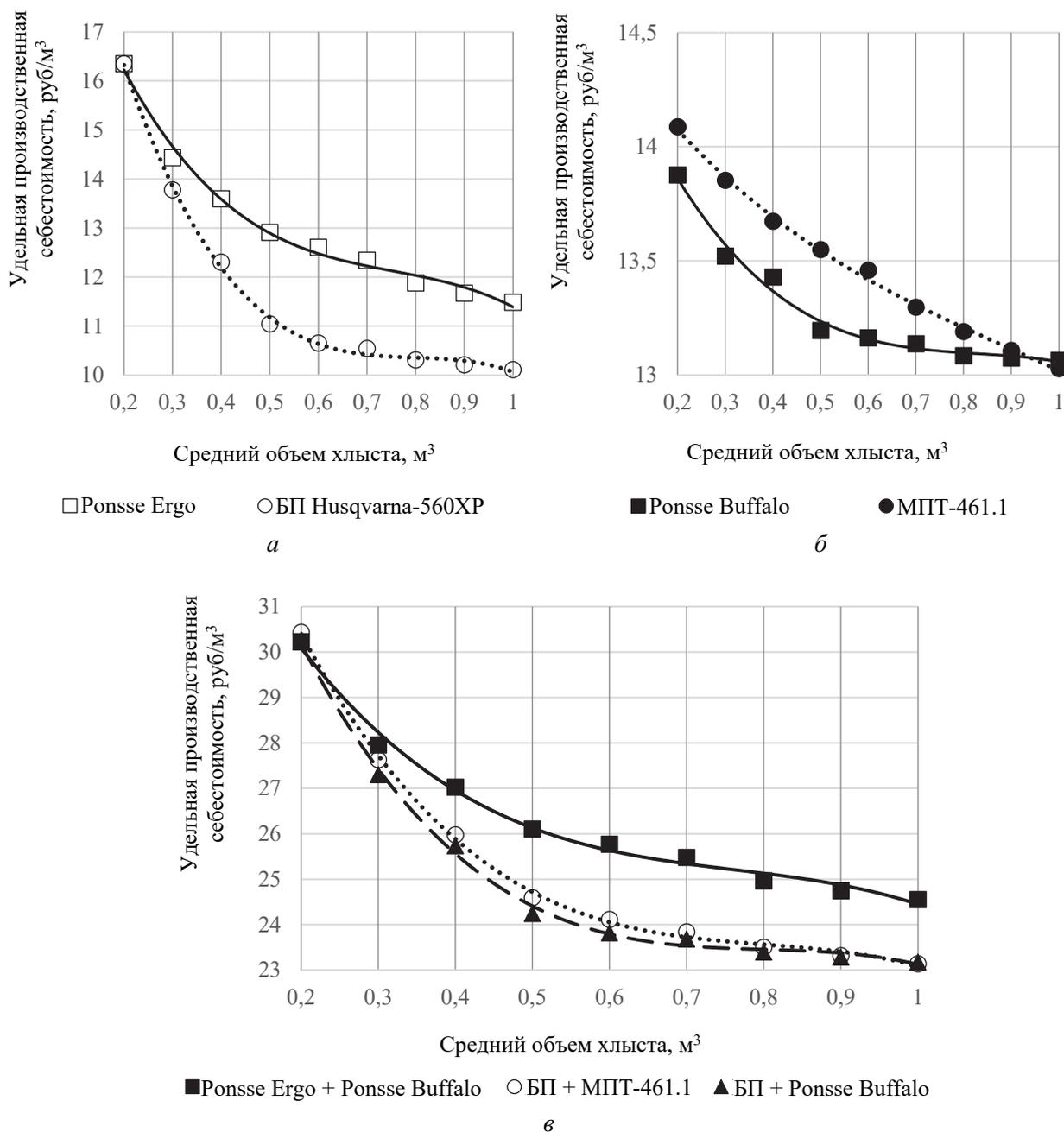


Рис. 2. Динамика изменения производственной себестоимости заготовки 1 м³ древесины от среднего объема хлыста (при среднем расстоянии подвозки сортиментов 500–700 м): а – на операциях валки деревьев, их очистке от сучьев и раскряжевке на сортименты; б – на операции подвозки сортиментов; в – в целом по системе машин

По результатам исследований (рис. 3, а) установлено, что при среднем объеме хлыста, равном 0,5 м³, специализированные форвардеры Ponsse Buffalo наиболее эффективно применять на расстояниях подвозки лесоматериалов до 1300 м.

В этом случае удельная себестоимость данной операции будет в среднем на 5–7% ниже, чем аналогичный показатель при использовании погрузочно-транспортных машин МПТ-461.1. В случае увеличения среднего расстояния подвозки древесины с 1300 до 2000 м приори-

тет в выборе оборудования следует отдавать МПТ-461.1.

Рассматривая системы машин в целом (рис. 3, б), отметим, что при постоянном среднем объеме хлыста разрабатываемых насаждений 0,5 м³ в диапазоне трелевки (подвозке) круглых лесоматериалов от 100 до 2000 м в условиях лесопункта ОАО «Витебскдрев» с точки зрения удельных производственных затрат применение систем машин на базе бензопил оказывается на 7–9% более выгодным по сравнению с машинным комплексом Ponsse Ergo + Ponsse Buffalo.

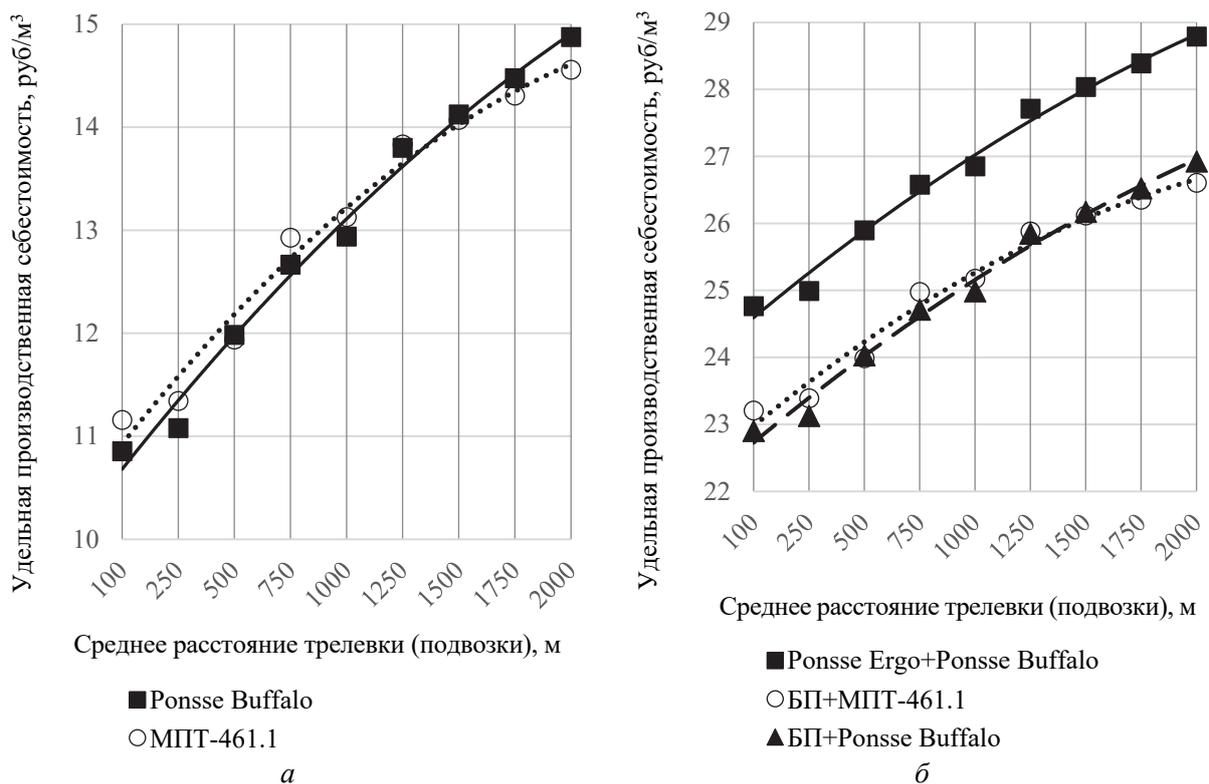


Рис. 3. Динамика изменения производственной себестоимости заготовки 1 м<sup>3</sup> древесины от среднего расстояния подвозки сортиментов (при среднем объеме хлыста 0,5 м<sup>3</sup>): а – на операции подвозки сортиментов; б – в целом по системе машин

**Заключение.** На основании производственного опыта ОАО «Витебскдрев» можно сделать вывод, что основными факторами, влияющими на удельную производственную себестоимость заготовки древесины различными системами машин, являются средний объем хлыста и среднее расстояние трелевки (подвозки) древесины.

С увеличением среднего объема хлыста с 0,2 до 1,0 м<sup>3</sup> удельная производственная себестоимость на операциях валки деревьев, их очистки от сучьев и раскряжевки на сортименты снижается: при применении харвестера Ponsse Ergo – на 30%, при использовании бензопилы Husqvarna-560XP – на 39%. Харвестер и бензопила являются сопоставимыми при среднем объеме хлыста до 0,22 м<sup>3</sup>, при разработке более крупных насаждений применение бензопил в среднем в 1,10–1,15 раза является более эффективным.

С увеличением среднего объема хлыста с 0,2 до 1,0 м<sup>3</sup> (при постоянном расстоянии трелевки 500–700 м) удельная производственная себестоимость на операции трелевки (подвозки) древесины снижается незначительно: при применении форвардера Ponsse Buffalo – на 6%, при использовании погрузочно-транспортной машины МПТ-461.1 – на 7%. Применение Ponsse Buffalo в сравнении с МПТ-461.1 в среднем на 1–3% более эффективно.

При использовании рассматриваемых систем машин в насаждениях со средним объемом хлыста от 0,20 до 0,25 м<sup>3</sup> все они являются сопоставимыми. При разработке более крупных насаждений применение систем машин с использованием бензопил является в среднем в 1,05–1,08 раза эффективнее машинного комплекса. При этом приоритет в использовании нужно отдавать специализированным форвардерам.

С увеличением среднего расстояния трелевки (подвозки) древесины со 100 до 2000 м удельная производственная себестоимость на операции трелевки древесины увеличивается: при использовании форвардера Ponsse Buffalo – на 39%, при применении погрузочно-транспортной машины МПТ-461.1 – на 31%. Использование Ponsse Buffalo в сравнении с МПТ-461.1 наиболее эффективно при среднем расстоянии трелевки (подвозки) до 1300 м. При больших расстояниях целесообразно применять МПТ-461.1.

В насаждениях со средним объемом хлыста 0,5 м<sup>3</sup> в диапазоне трелевки древесины от 100 до 2000 м применение систем машин с использованием бензопил является в среднем в 1,07 раза эффективнее машинного комплекса. При этом специализированный форвардер Ponsse Buffalo эффективен на подвозке древесины до 1300 м, а прицепной форвардер МПТ-461.1 – свыше 1300 м.

### Список литературы

1. Германович А. О., Леонов Е. А., Мохов С. П. Оборудование лесопромышленных предприятий. Практикум. Минск: БГТУ, 2020. 223 с.
2. Игнатенко В. В., Леонов Е. А. Установление рациональных параметров многооперационных машин в лесозаготовительной промышленности // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 5-4. С. 291–295.
3. Леонов Е. А., Клоков Д. В. Технология лесозаготовок и переработки древесины. Минск: БГТУ, 2018. 231 с.
4. Федоренчик А. С., Клоков Д. В., Леонов Е. А. Технология и оборудование лесосечных и лесоскладских работ. Минск: БГТУ, 2016. 204 с.
5. Клоков Д. В., Турлай И. В., Леонов Е. А. Оборудование лесопромышленных предприятий. Лабораторный практикум. Минск: БГТУ, 2015. 200 с.
6. Федоренчик А. С., Клоков Д. В., Леонов Е. А. Энергетическое использование древесной биомассы. Практикум. Минск: БГТУ, 2015. 212 с.
7. Технология и оборудование комплексного использования древесного сырья. Практикум / А. С. Федоренчик [и др.]. Минск: БГТУ, 2014. 274 с.
8. Григорьев И. В., Валяжонков В. Д. Современные машины и технологические процессы лесосечных работ. СПб.: Темплан, 2009. 287 с.
9. Инновационные технологии лесосечных работ / И. Р. Шегельман [и др.]. Петрозаводск: Verso, 2016. 134 с.
10. Жуков А. В. Теория лесных машин. Минск: БГТУ, 2001. 640 с.
11. Федоренчик А. С., Ледницкий А. В. Энергетическое использование низкокачественной древесины и древесных отходов. Минск: БГТУ, 2010. 446 с.
12. Матвейко А. П. Технология и оборудование лесозаготовительного производства. Минск: Техноперспектива, 2006. 444 с.
13. Леонов Е. А., Игнатенко В. В., Клоков Д. В. Оценка применения двухступенчатой трелевки по критерию удельной производственной себестоимости // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: материалы 86-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов, Минск, 31 янв. – 12 февр. 2022 г. Минск, 2022. С. 150–152.
14. Совершенствование технологии освоения труднодоступного лесосечного фонда / А. А. Духовник [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 196–201.
15. Леонов Е. А., Клоков Д. В., Исаченков В. С. Применение двухступенчатой трелевки в условиях Республики Беларусь // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 202–207.

### References

1. Hermanovich A. O., Leonov E. A., Mokhov S. P. *Oborudovaniye lesopromyshlennykh predpriyatiy. Praktikum* [Equipment for timber industry enterprises. Practicum]. Minsk, BG TU Publ., 2020. 223 p. (In Russian).
2. Ignatenko V. V., Leonov E. A. Establishment of rational parameters of multi-operation machines in the timber industry. *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice], 2015, vol. 3, no. 5–4, pp. 291–295 (In Russian).
3. Leonov E. A., Klokov D. V. *Tekhnologiya lesozagotovok i pererabotki drevesiny* [Logging and wood processing technology]. Minsk, BG TU Publ., 2018. 231 p. (In Russian).
4. Fedorenchik A. S., Klokov D. V., Leonov E. A. *Tekhnologiya i oborudovaniye lesosechnykh i lesoskladskikh rabot* [Technology and equipment for logging and timber storage operations]. Minsk, BG TU Publ., 2016. 204 p. (In Russian).
5. Klokov D. V., Turlay I. V., Leonov E. A. *Oborudovaniye lesopromyshlennykh predpriyatiy. Laboratornyy praktikum* [Equipment timber companies. Laboratory practicum]. Minsk, BG TU Publ., 2015. 200 p. (In Russian).
6. Fedorenchik A. S., Klokov D. V., Leonov E. A. *Energeticheskoye ispol'zovaniye drevesnoy biomassy. Praktikum* [Energy use of wood biomass. Practicum]. Minsk, BG TU Publ., 2015. 212 p. (In Russian).
7. Fedorenchik A. S., Mokhov S. P., Klokov D. V., Leonov E. A. *Tekhnologiya i oborudovaniye kompleksnogo ispol'zovaniya drevesnogo syr'ya. Praktikum* [Technology and equipment for the integrated use of wood raw material. Practicum]. Minsk, BG TU Publ., 2014. 274 p. (In Russian).

8. Grigor'ev I. V., Valyazhonkov V. D. *Sovremennyye mashiny i tekhnologicheskiye protsessy lesosechnykh rabot* [Modern machines and technological processes logging activities]. St. Petersburg, Templan Publ., 2009. 287 p. (In Russian).
9. Shegel'man I. R., Laurila Ya. T., Skrypnik V. I., Galaktionov O. N. *Innovatsionnyye tekhnologii lesosechnykh rabot* [Innovative logging technology]. Petrozavodsk, Verso Publ., 2016. 134 p. (In Russian).
10. Zhukov A. V. *Teoriya lesnykh mashin* [The theory of forest machines]. Minsk, BGTU Publ., 2001. 640 p. (In Russian).
11. Fedorenchik A. S., Lednitskiy A. V. *Energeticheskoye ispol'zovaniye nizkokachestvennoy drevesiny i drevesnykh otkhodov* [Energy use of low-quality wood and wood waste]. Minsk, BGTU Publ., 2010. 446 p. (In Russian).
12. Matveyko A. P. *Tekhnologiya i oborudovaniye lesozagotovitel'nogo proizvodstva* [Technology and equipment of timber production]. Minsk, Tekhnoperspektiva Publ., 2006. 444 p. (In Russian).
13. Leonov E. A., Ignatenko V. V., Klokov D. V. Evaluation of the use of two-stage skidding according to the criterion of specific production cost. *Lesnaya inzheneriya, materialovedeniye i dizayn: materialy 86-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Forest engineering, materials science and design: materials of the 86th scientific and technical conference], Minsk, 2022, pp. 150–152 (In Russian).
14. Dukhovnik A. A., Leonov E. A., Ariko S. Ye., Klokov D. V. Perfection of technology development of difficult-cutting fund. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2021, no. 2 (246), pp. 196–201 (In Russian).
15. Leonov E. A., Klokov D. V., Isachenkov V. S. Using the two-stage skidding in the conditions of the Republic of Belarus. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2021, no. 2 (246), pp. 202–207 (In Russian).

#### Информация об авторах

**Леонов Евгений Анатольевич** – 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: debager13@rambler.ru

**Клоков Дмитрий Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод». Белорусский национальный технический университет (220013, г. Минск, пр. Независимости, 65, Республика Беларусь). E-mail: klokov\_dm@mail.ru

#### Information about the authors

**Leonov Evgeniy Anatol'yevich** – 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: debager13@rambler.ru

**Klokov Dmitriy Viktorovich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Hydropneumatic Automatics and Hydropneumatic Drive. Belarusian National Technical University (65, Nezavisimosti Ave., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: klokov\_dm@mail.ru

Поступила 14.10.2022