

DOI: 10.15393/j2.art.2024.7564

УДК 630.36(075.8)

Статья

Повышение производительности валочно-пакетирующей машины типа ЛП-19 за счёт совершенствования траектории движения рабочего органа

Богданов Евгений Николаевич

*младший научный сотрудник, Институт механики и машиностроения, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация),
bogdanoven@volgatech.net*

Получена: 21 ноября 2023 / Принята: 18 января 2024 / Опубликовано: 1 февраля 2024

Аннотация: В настоящее время отчётливо прослеживается потребность в отечественной лесозаготовительной технике. В отрасли заняты 1,5 тыс. валочно-пакетирующих машин (ВМП), в т. ч. ВПМ ЛП-19 и ещё 3,5 тыс. других устройств, как отечественного, так и импортного производства. Большая часть машин эксплуатируется несколько десятков лет и требует замены. Обновление парка происходит примерно на 3 % в год, а степень износа в лесозаготовках превышает 53 %. Этот факт требует основательной работы над импортозамещением крупной техники. В работе приведено технико-экономическое обоснование использования в ВПМ ЛП-19 разработанного комплексного устройства управления траекторией рукояти, стрелы и захватно-срезающего устройства машины типа ЛП-19. Использование разработанного комплексного устройства управления обеспечивает относительное снижение отклонения от вертикали захватно-срезающего устройства при горизонтальном перемещении стрелы в диапазоне от 150 до 160 % по сравнению с базовой конструкцией машины типа ЛП-19. Экспериментально установлено, что использование разработанного комплексного устройства управления обеспечивает сокращение времени осуществления операции наводки захватно-срезающего устройства машины типа ЛП-19 (изменение вылета стрелы) с 13,2 с до 7,7 с. Также выявлено, что при использовании разработанного комплексного устройства управления среднее время производства 1 м³ древесины меньше, чем у базовой машины, а это позволило увеличить производительность на 17 %.

Ключевые слова: плоскопараллельное движение; захватно-срезающее устройство; валочно-пакетирующая машина

DOI: 10.15393/j2.art.2024.7564

Article

Increasing the productivity of the felling-and-bunching machine LP-19 by improving the trajectory of the working tool

Evgenii Bogdanov

*research assistant, Institute of Mechanics and Mechanical Engineering,
Volga State University of Technology (Russian Federation), bogdanoven@volgatech.net*

Received: 21 November 2023 / Accepted: 18 January 2024 / Published: 1 February 2024

Abstract: Currently, there is a clear need for domestic logging equipment. The industry employs 1.5 thousand felling-and-bunching machines, including felling-and-bunching machine LP-19 and 3.5 thousands of other devices, both of domestic and imported origin. Most of the machines have been in operation for several decades and require replacement. The machine fleet is updated by about 3 percent per year, and the wear rate during logging operations exceeds 53 percent. This fact requires thorough work to develop import-substituting equipment. The paper presents a feasibility study of a developed integrated device usage for trajectory control of a handle, boom and working body of felling-and-bunching machine LP-19. Using the developed integrated device provides a relative reduction of verticality deviation of the working body with horizontal boom movement in the range from 150 to 160 % compared with the basic felling and bunching LP-19 machine configuration. It has been experimentally established that the use of the developed integrated control device provides a reduction in the time of the guidance operation of the working body (changing the boom outreach) from 13.2 s up to 7.7 s. The author has experimentally established that when using the developed integrated control device the average production time of 1 m³ of wood is less than that of the basic machine, which allowed increasing the productivity of felling and bunching LP-19 machine by 17%.

Keywords: plane-parallel movement; gripping-cutting device; feller buncher

1. Введение

В настоящее время отчётливо прослеживается потребность в отечественной лесозаготовительной технике. В отрасли заняты 1,5 тыс. валочно-пакетирующих машин, в т. ч. ВПМ ЛП-19 [8], и ещё 3,5 тыс. других устройств, как отечественного, так и импортного производства. Большая часть машин эксплуатируется несколько десятков лет и требует замены. Обновление парка происходит примерно на 3 % в год, а степень износа в лесозаготовках превышает 53 %. Этот факт требует основательной работы над импортозамещением крупной техники, данную работу уже ведёт ООО фирма «ЛЕСТЕХКОМ» (г. Йошкар-Ола), которая является единственным производителем валочно-пакетирующих машин в России. Предприятие выпускает валочно-пакетирующие машины ЛП-19, машины дорожные ЛТК-19, погрузчики с полноповоротным грейферным захватом на базе машины ЛП-19. Данная техника востребована, в первую очередь, предприятиями лесозаготовительной и нефтегазовой отраслей. Кроме того, машины отлично себя зарекомендовали при тушении лесных пожаров и ликвидации их последствий. Машины изготавливаются почти полностью из комплектующих российского производства: сама конструкция производится силами самого предприятия. На сегодняшний день машины используются в Ханты-Мансийском автономном округе, Томской, Иркутской и Смоленской областях, в Красноярском крае. Исходя из опыта общения с потребителями нашей техники, срок эксплуатации машины ЛП-19 при односменной работе до списания составляет в среднем 15—17 лет. В период с 2007 по 2023 г. включительно предприятием выпущено 172 единицы новых ВПМ ЛП-19 (серийные номера с 260 по 432) [9].

При ведении сплошных рубок леса валочно-пакетирующими машинами достигается высокая производительность. В то же время ранее проведёнными исследованиями установлено, что работа валочно-пакетирующих машин сопровождается частыми воздействиями оператора на комбинированные органы управления технологическим оборудованием (джойстики управления и включение гидродвигателей технологического оборудования). В результате проведённого анализа опубликованных работ установлено, что операторы валочно-пакетирующих машин затрачивают большую часть времени в технологическом цикле на выполнение определённых повторяющихся операций, таких как наводка захватно-срезающего устройства (ЗСУ) и подтаскивание дерева к машине. Гидравлические системы и конструкции манипуляторов у серийно выпускаемых лесосечных машин не обеспечивают синхронную работу гидродвигателей манипуляторов, необходимую для сокращения времени технологической операции и снижения зависимости от квалификации оператора. Для работы валочно-пакетирующих машин ЛП-19 отводятся лесосеки большой площади (как правило, не менее 50 га), чтобы обеспечить фронт работ для трёх-пяти валочно-пакетирующих машин с необходимым числом трелёвочных тракторов с гидроманипуляторами, сучкорезных машин, средств технического обслуживания машин и бытового обслуживания занятого на лесосеке персонала. Для достижения высоких

показателей производительности и качества работы на валочно-пакетирующих машинах типа ЛП-19 машинист должен следовать ряду рекомендаций, которые имеют силу для технологических схем разработки лесосек [1], [2], [3]. Данные рекомендации являются результатом обобщения передового опыта эксплуатации машин и направлены на снижение потерь рабочего времени, а также на обеспечение наиболее благоприятных условий для работы трелёвочных тракторов с захватами. В ходе проводимого исследования экспериментально было установлено, что затраты времени на цикл обработки дерева в значительной мере зависят от вылета стрелы, на котором дерево спиливается. Отмечено, что наиболее продолжительной операцией является наводка захватно-срезающего устройства на дерево — на неё затрачивается около 40 % общей продолжительности цикла. Эта операция наиболее сложная, т. к. выполняется последовательными или совмещёнными включениями поворота платформы, перемещениями в вертикальной и горизонтальной плоскостях рукоятки и стрелы гидроманипулятора. Задача частично решается предложенным способом улучшения плоскопараллельного движения, что даёт возможность выполнять горизонтальное перемещение ЗСУ при изменении вылета гидроманипулятора одной рукояткой. Следует отметить, что наименьшие величины циклов зафиксированы при вылетах от 5 до 6 м. Несколько больше затраты на малых вылетах (от 3 до 5 м) и в диапазоне 6—7 м. На предельных вылетах (7—8 м) продолжительность цикла наибольшая. Вышеизложенные данные подтверждают актуальность исследования и перспективы внедрения на базе ВПМ ЛП-19 разработанного комплексного устройства управления траекторией движения рабочего органа [4].

2. Материалы и методы

Расчёт проведён на основании существующих нормативно-правовых актов и документов [5—7]. Для расчёта технико-экономического эффекта за основу взят наиболее распространённый тип технологической схемы разработки лесосеки валочно-пакетирующей машиной ЛП-19 — схема разработки лесосеки лентами, перпендикулярными усу.

Для использования выбранной системы машин необходимо проанализировать режим работы (таблица 1).

Таблица 1. Режим работы предприятия

Показатели	Значение
Продолжительность рабочей недели, ч	40
Продолжительность рабочей недели, дни	6
Продолжительность рабочей смены, ч	6,67
Сменность работы	1
Количество рабочих дней за год (Др)	227
Часовой фонд времени работы (Др × ч)	1513

Схема технологического процесса определяется исходя из заданных условий. Расстановка рабочих по операциям и нормы выработки на машино-смену и человеко-день определяются по действующим межотраслевым нормам выработки на лесозаготовительные работы.

3. Результаты

Для расчёта технико-экономического эффекта необходимо определить сменную производительность [3] ВПМ ЛП-19, м³/см, по формуле

$$P_{см} = \frac{3600 * (T_{см} - t_p) * \varphi * V}{T_{ц}}, \quad (1)$$

где $T_{см}$ — продолжительность смены (7 ч); t_p — время на регламентируемые простои (1,15 ч); φ — коэффициент использования рабочего времени (0,82); V — средний объём хлыста, (0,55 м³); $T_{ц}$ — длительность цикла, с.

При расчёте производительности время цикла валочно-пакетирующей машины (с) находим по формуле

$$T_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9. \quad (2)$$

Наименование и характеристики технологических операций отражены в таблице 2.

Таблица 2. Технологические операции

Наименование технологической операции	Условное обозначение	ЛП-19	ЛП-19 модернизированная
Поворот платформы (с выбором дерева)	t_1	5,9	5,9
Наведение ЗСУ (изменение вылета)	t_2	13,2	7,7
Захват ствола	t_3	2,4	2,4
Натяг ствола	t_4	0,5	0,5
Пиление ствола с отводом шины	t_5	3,7	3,7
Подтягивание спиленного дерева	t_6	3,5	2,1
Поворот платформы с деревом	t_7	5,1	5,1
Укладка дерева в пачку	t_8	3,9	3,9
Время на переход машины от одной технологической стоянки на другую	t_9	10,04	10,04

Исследования траекторий и времени движения ЗСУ серийной и экспериментальной машин проводились на основе оценки пространственного положения ЗСУ. Использовались нанесённая на торце оси крепления ЗСУ к рукояти контрастная метка в виде вертикальной мерной шкалы (фото 1) и горизонтальная мерная шкала, которая располагается на поверхности пола цеха с расположенными на расстоянии 500 мм мерными индикаторами (фото 2).



Фото 1. Контрастная вертикальная мерная шкала на ЗСУ ВПМ ЛП-19 [фото автора]



Фото 2. Горизонтальная мерная шкала на полу помещения (расстояние между индикаторами 500 мм) [фото автора]

Рассчитаем время на переход машины от одной технологической стоянки на другую, с:

$$t_9 = \frac{(18000 \times V_x)}{R_B \times q \times V_p}, \quad (3)$$

где R_B — максимальный вылет стрелы (8 м); q — средний запас леса (220 м³/га); V_p — скорость передвижения машины по лесосеке (техническая характеристика) 0,56 м/с; V_x — средний объём хлыста (исходные данные) 0,55 м³.

$$t_9 = \frac{(18000 \times 0,55)}{8 \times 220 \times 0,56} \quad (4)$$

Рассчитаем производительность времени цикла ВПМ ЛП-19:

$$T_{1ц} = 5,9 + 13,2 + 2,4 + 0,5 + 3,7 + 3,5 + 5,1 + 3,9 + 8,69 = 48,24 \text{ с.} \quad (5)$$

$$T_{1ц} = 5,9 + 7,7 + 2,4 + 0,5 + 3,7 + 3,5 + 5,1 + 3,9 + 8,69 = 41,34 \text{ с.} \quad (6)$$

Находим сменную производительность ВПМ ЛП-19:

$$P_{1см} = \frac{(3600 \times (7 - 1,15) \times 0,82 \times 0,55)}{48,24} = 196,89 \text{ м}^3/\text{см}; \quad (7)$$

$$P_{2см} = \frac{(3600 \times (7 - 1,15) \times 0,82 \times 0,55)}{41,34} = 229,75 \text{ м}^3/\text{см}.$$

3.1. Расчёт технико-экономических показателей использования машин и механизмов

Расчёт показателей использования машин выполняется на основе принятого технологического процесса лесозаготовок, режима работы, объёмов производства с учётом конкретных условий работы (таблица 3).

Таблица 3. Расчёт технико-экономических показателей использования машин и механизмов

Наименования показателей	Ед. изм.	ЛП-19	ЛП-19 модернизированная
Объём работ	м ³	16200	16200
Сменная производительность	м ³	196,89	229,75
Количество машино-смен	На основных работах	маш.-см.	80
	На прочих работах	маш.-см.	—
	Всего	—	80
Количество машино-часов в работе	маш.-ч	533	455
Количество мото-часов в работе	мото-ч	453	387
Коэффициент сменности	—	1	1
Количество машино-дней в работе	маш.-дни	80	68
Число дней работы в году	дн.	247	247
Количество машин в работе	шт.	0,32	0,28
Коэффициент резервного оборудования	—	0,83	0,83
Количество исправных машин	шт.	0,39	0,34
Машино-дни в исправном состоянии	маш.-дни	142	124
Коэффициент использования исправных машин	—	0,56	0,55
Машино-дни в ремонте и ТО	маш.-дни	29	25
Машино-дни пребывания в хозяйстве	маш.-дни	171	149
Коэффициент технической готовности	—	0,83	0,83
Списочное количество машин	шт.	0,47(1)	0,41(1)
Годовая выработка на списочную машину	м ³	16200	16200

Для определения машино-дней пребывания в ремонте и техническом обслуживании необходимо рассчитать количество ремонтов и ТО для каждого парка оборудования. Данные расчёты выполняются на основе нормативов периодичности и продолжительности простоев в ремонте и ТО (таблица 4).

Таблица 4. Расчёт времени простоя оборудования в ремонтах и ТО

Наименование оборудования	Объём работ	Виды ремонтов	Периодичность	Количество ремонтов	Время простоя в ТО		
					Норматив времени	Всего	
					часов	дней	
ЛП-19	453	КР	3840	0,12	30 дней		3,6
		ТР	По потребности		15/100 мото-ч	67,95	12,22
		СО	2 раза в год	0,98	7	6,86	1,23
		ТО-3	960	0,35	21	7,35	1,32
		ТО-2	240	1,42	14	19,88	3,58
		ТО-1	60	5,66	7	39,62	7,13
Итого						29	
ЛП-19 модернизированная	387	КР	3840	0,1	30 дней		3
		ТР	По потребности		15/100 мото-ч	58,05	10,44
		СО	2 раза в год	0,86	7	6,02	1,08
		ТО-3	960	0,30	21	6,3	1,13
		ТО-2	240	1,21	14	16,94	3,05
		ТО-1	60	4,84	7	33,88	6,10
Итого						25	

Трудозатраты (ТЗ) по комплексу основных лесозаготовительных работ рассчитываются на основе объёмов работ с учётом действующих норм выработки (таблицы 6, 7, 8). Тарифные ставки установлены в зависимости от минимального размера оплаты труда и фонда времени работы рабочего за месяц (таблица 5). Размер премии зависит от принятых условий премирования и составляет 30 % от тарифного фонда заработной платы (ТФЗП), прочие доплаты составляют 15 %. Доплаты по районному коэффициенту принимаются в размере 15 % от размера тарифного фонда заработной платы, премии и прочих доплат. Фонд дополнительной заработной платы складывается из оплаты плановых неявок [9 % от фонда основной заработной платы (ФОЗП)] и доплат за выслугу лет (6 % от фонда основной заработной платы).

Таблица 5. Расчёт тарифных ставок

Значение	1-й разряд	3-й разряд	4-й разряд	5-й разряд	6-й разряд
Тарифный коэффициент	1,00	1,20	1,35	1,54	1,80
Месячная тарифная ставка по МРОТ (16242 на 01.01.2023)	16242,00	19490,40	21926,70	25012,68	29235,60
Дневная тарифная ставка	649,68	779,62	877,07	1000,51	1169,42

Таблица 6. Трудозатраты и оплата труда основных рабочих

Наименование оборудования	Объём, м ³	Норма выработки на 1 чел.-день	ТЗ, чел.-дни	Дневная тарифная ставка, руб.	ТФЗП, руб.
ЛП-19	16200	202,56	80	1169,42	93553,6
ЛП-19 модернизированная	16200	237,51	68	1169,42	79520,56

Таблица 7. Трудозатраты и оплата труда основных рабочих

Наименование оборудования	Премия, руб.	Прочие доплаты, руб.	Доплаты по районному коэффициенту, руб.	ФОЗП, руб.
ЛП-19	28066,08	14033,04	20347,91	156000,63
ЛП-19 модернизированная	23856,17	11928,08	17295,72	132600,53

Таблица 8. Трудозатраты и оплата труда основных рабочих

Наименование оборудования	Фонд дополнительной зарплаты, руб.			ОФЗП, руб.
	Оплата плановых неявок	Выслуга лет	Итого	
ЛП-19	14040,06	9360,04	23400,09	179400,72
ЛП-19 модернизированная	11934,05	7956,03	19890,08	152490,61

Трудозатраты на содержание основных машин указаны на одну отработанную машино-смену. Трудозатраты по техническому обслуживанию и ремонту оборудования рассчитываются по соответствующим нормативам. При определении объёмов работ указывается количество отработанных мото-часов (таблица 9) по каждому виду машин.

Амортизационные отчисления рассчитывают для возмещения износа основных средств производства. Расчёт амортизации производится по действующим нормам амортизационных отчислений в процентах от балансовой стоимости основных фондов (таблицы 10, 11).

Таблица 9. Расчёт трудозатрат и оплаты труда вспомогательных рабочих

Наименование оборудования	Объём работ, мото-ч	Норматив ТЗ, чел.-дни/ маш.-см.	Общие ТЗ, чел.-дни	Дневная тарифная ставка, руб.	ТФЗП, руб.	ОФЗП, руб.
Содержание основных производственных средств						
ЛП-19	80	0,5	40	877,07	35082,80	57886,62
ЛП-19 модернизированная	68	0,4	27,2	877,07	23856,30	39362,90
Техническое обслуживание и ремонт						
ЛП-19	453	82/100	46,43	877,07	40722,36	67191,89
ЛП-19 модернизированная	387	55,5/100	26,85	877,07	23549,33	38856,39

Таблица 10. Расчёт амортизационных отчислений

Наименование оборудования	Количество единиц	Балансовая стоимость, тыс. руб.		Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления, тыс. руб.
		Единицы	Всего		
ЛП-19	0,47	23500	11045	25	2761,25
ЛП-19 модернизированная	0,41	23500	9635	25	2408,75

Таблица 11. Расчёт затрат на капитальный ремонт

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, тыс. руб.	Нормы отчисления в ремонтный фонд, %	Сумма затрат на капитальный ремонт, тыс. руб.
ЛП-19	3995	10,7	1181,82
ЛП-19 модернизированная	3485	10,7	1030,95

Расчёты потребности в топливе выполняются на основании объёмов работ по видам оборудования и норм расхода горюче-смазочных материалов (ГСМ) и электроэнергии. Объём работ принимается в соответствии с технико-экономическими показателями работы машин и механизмов. Нормы расхода топлива и смазочных материалов определяются в соответствии с действующими нормами расхода. Цены на приобретение топлива и смазочных материалов указаны по данным предприятия с учётом расходов по их доставке и хранению (таблица 12).

Таблица 12. Расчёт потребности и стоимости ГСМ

Виды ГСМ	Объём работ, маш.-см.	Нормы расхода, кг/см.	Цена за 1 кг, руб.	Общая потребность в ГСМ, кг	Общая стоимость ГСМ, руб.	Общая стоимость ГСМ с учётом транспортно-заготовительных расходов, руб.
ЛП-19						
Дизельное топливо	80	94	45	7520	360960,00	389836,80
Бензин		0,92	42	74	3330,00	3596,40
Дизельное масло		5,6	72	448	33600,00	36288,00
Гидромасло		1,99	98	159	16218,00	17515,44
Автол		0,71	60	57	3705,00	4001,40
Нигрол		1,72	68	138	9660,00	10432,80
Солидол		0,82	81	66	5478,00	5916,24
Консталин смаз		0,1	72	8	600,00	648,00
Итого					433551,00	468235,08
ЛП-19 модернизированная						
Дизельное топливо	68	94	45	6392	287640,00	310651,20
Бензин		0,92	42	63	2646,00	2857,68
Дизельное масло		5,6	72	381	18288,00	19751,04
Гидромасло		1,99	98	135	6075,00	6561,00
Автол		0,71	60	48	3600,00	3888,00
Нигрол		1,72	68	117	11934,00	12888,72
Солидол		0,82	81	56	3640,00	3931,20
Консталин смаз		0,1	72	7	490,00	529,20
Итого					334313,00	361058,04

Расчёт стоимости запасных частей и ремонтных материалов и затрат на капитальный ремонт основывается на соответствующих нормах (таблица 13).

Таблица 13. Расчёт стоимости ремонтных материалов и запасных частей

Наименование оборудования	ТФЗП ремонтных рабочих, руб.	Норма расхода, процент от ТФЗП	Стоимость ремонтных материалов и запасных частей, руб.
ЛП-19	40722,36	70	28505,65
ЛП-19 модернизированная	23549,33	70	16484,53

Смета расходов на ТО и ремонт основных производственных фондов представлена в таблицах 14, 15, смета затрат на содержание машин — в таблице 16.

Таблица 14. Смета затрат на ТО и ремонт основного оборудования

Наименование оборудования	Статьи затрат, руб.		
	Оплата труда ремонтных рабочих	Страховые взносы	Стоимость ремонтных материалов и запасных частей
ЛП-19	67191,89	20157,57	28505,65
ЛП-19 модернизированная	38856,39	11656,92	16484,53

Таблица 15. Смета затрат на ТО и ремонт основного оборудования

Наименование оборудования	Статьи затрат, руб.		
	Услуги вспомогательных производств	Прочие затраты	Затраты на капитальный ремонт
ЛП-19	33595,95	14945,11	1181820
ЛП-19 модернизированная	19428,20	8642,60	1030950

Итого: ЛП-19 — 1 346 216,16 руб., ЛП-19 модернизированная — 1 126 018,64 руб.

Таблица 16. Расчёт себестоимости содержания машин и оборудования

Наименование оборудования	Статьи затрат, руб.					
	Оплата труда вспомогательных рабочих	Страховые взносы	Топливо	Амортизация	Ремонт	Прочие затраты
ЛП-19	57886,62	17365,99	468235,08	2761250,00	1346216,16	465095,38
ЛП-19 модернизированная	39362,90	11808,87	361058,04	2408750,00	1126018,64	394699,85

Итого: ЛП-19 — 5 116 049,23 руб., ЛП-19 (модернизированная) — 4 341 698,30 руб.

Результат расчёта эксплуатационных затрат приведён в таблице 17.

Таблица 17. Расчёт эксплуатационных затрат

Наименование	Базовый вариант	Проектируемый вариант
	Объём работ, м ³	16200
Затраты, руб.:	—	—
оплата труда производственных рабочих	179400,72	152490,61
ЕСН	53820,22	45747,18
расходы по содержанию и эксплуатации оборудования	5116049,23	4341698,30
прочие затраты	267463,51	226996,80
Итого, руб.	5616733,68	4766932,89
Удельные эксплуатационные затраты, руб./м ³	346,71	294,26

4. Обсуждение и заключение

Экспериментально установлено, что при использовании разработанного комплексного устройства управления среднее время производства 1 м³ древесины меньше, чем у базовой машины, что позволило повысить производительность ВПМ ЛП-19 на 17 % [4] по сравнению с базовой. Следовательно, можно констатировать благоприятный экономический эффект.

Удельные капитальные вложения составят:

$$K_{уд} = \frac{(23500)}{16,2} = 1450,62 \text{ руб./м}^3. \quad (8)$$

Удельные приведённые затраты по базовому варианту:

$$ПЗ_{уд1} = 346,71 + 0,25 \times 1450,62 = 709,37 \text{ руб./м}^3. \quad (9)$$

Удельные приведённые затраты по проектируемому варианту:

$$ПЗ_{уд1} = 294,26 + 0,25 \times 1450,62 = 656,92 \text{ руб./м}^3. \quad (10)$$

Возможный прирост прибыли следующий:

$$П = (346,71 - 249,26) \times 16200 = 849690 \text{ руб.} \quad (11)$$

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-19-00568 «Методы и интеллектуальная система поддержки динамической устойчивости операторов эргатических систем», <https://rscf.ru/project/23-19-00568/>.

Список литературы

1. Валочно-пакетирующая машина ЛП-19 / Под ред. В. С. Круглова, М. А. Бармана. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 288 с.
2. Машины и оборудование лесозаготовок, лесосплава и лесного хозяйства / Под ред. Ю. В. Шелгунова, Г. М. Кутукова, Г. П. Ильина. М., 1982. 520 с.
3. *Виногоров Г. К.* Технологические циклы валочно-пакетирующих машин // Труды ЦНИИМЭ. 1974. № 141. С. 5—15.
4. Совершенствование движения рабочего органа валочно-пакетирующей машины ЛП-19 / Е. Н. Богданов, И. А. Полянин, А. В. Егоров [и др.] // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2020. № 1. С. 153—160.
5. Нормы расхода горюче-смазочных материалов на механизированные работы, выполняемые в лесном хозяйстве: Утв. Федеральной службой лесного хозяйства Российской Федерации: Приказ № 180 от 13.09.1999. М., 1999. 144 с.
6. Типовые нормы выработки, нормы времени на рубки ухода за лесом в равнинных условиях: Утв. Федеральной службой лесного хозяйства Российской Федерации: Приказ № 148 от 15.07.1999. М., 1999. 82 с.
7. Руководство по эксплуатации валочно-пакетирующей машины ЛП-19А с сервоуправлением, отечественным гидрооборудованием и импортными механизмами

передвижения и механизмом поворота / ООО фирма «ЛЕСТЕХКОМ», Республика Марий-Эл, г. Йошкар-Ола, 2008.

8. Опрос Рослесинфорга: 35 % лесозаготовителей готовы закупать лесную технику российского производства // Рослесинфорг. URL: <https://roslesinforg.ru/news/all/opros-roslesinforga-35-lesozagotoviteley-gotovy-zakupat-lesnuyu-tekhniku-rossiyskogo-proizvodstva/> (дата обращения: 19.12.2023). Текст: электронный.
9. Волгатех и Лестехком обсудили вопросы развития лесного машиностроения // Официальный сайт ПГТУ. URL: https://www.volgatech.net/news/Novosti_universiteta/412782/ (дата обращения: 19.12.2023). Текст: электронный.

References

1. *Felling-and-bunching machine LP-19*. Edited by V. S. Kruglov, M. A. Barman. Moscow, Forest Industry, 1982. 288 p. (In Russ.)
2. *Machines and equipment for logging, timber rafting, and forestry*. Edited by Iu. V. Shelgunov, G. M. Kutukov, G. P. Iliin. Moscow, 1982. 520 p. (In Russ.)
3. Vinogorov G. K. Tekhnologicheskie tsikly valочно-paketiruiushchih mashin. *Technological cycles of felling-and-bunching machines. Proceedings of TSNIIME*, 1974, no. 141, pp. 5—15. (In Russ.)
4. Bogdanov E. N., Polianin I. A., Egorov A. V., Bagautdinov I. N. Improving the movement of the working head in the felling-and-bunching machine LP-19. *Scientific and technical bulletin of Briansk State University*, 2020, no. 1, pp. 153—160. (In Russ.)
5. Fuel and lubricants consumption rates for mechanized work performed in forestry: Approved by the Federal Forestry Service of the Russian Federation: order no. 180 of 13.09.1999. Moscow, 1999. 144 p. (In Russ.)
6. Standard norms of production and time for selective cutting in lowland conditions: Approved by the Federal Forestry Service of the Russian Federation: order no. 148 of 15.07.1999. Moscow, 1999. 82 p. (In Russ.)
7. Operating manual of the LP-19A felling-and-bunching machine with servo control, domestic hydraulic equipment and imported movement and rotation mechanisms. LESTЕХКОМ, LLC, Republic of Mari-El, Yoshkar-Ola, 2008. (In Russ.)
8. Roslesinforg survey: 35 % of forest harvesters are ready to purchase Russian-made forestry equipment. The survey Roslesinforga. Available at: <https://roslesinforg.ru/news/all/opros-roslesinforga-35-lesozagotoviteley-gotovy-zakupat-lesnuyu-tekhniku-rossiyskogo-proizvodstva/> (accessed: 19.12.2023). Text. Image: electronic. (In Russ.)
9. Volgatech and Lestekhkom discussed the development of forestry engineering. The official website of the State Technical University. Available at: https://www.volgatech.net/news/Novosti_universiteta/412782/ (accessed: 19.12.2023). Text. Image: electronic. (In Russ.)