


Научная статья

УДК 630*37;630*83

DOI: 10.37482/0536-1036-2022-3-139-152

Применение комплексов лесозаготовительных машин в условиях Республики Башкортостан

А.Н. Заикин, д-р техн. наук, проф.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1831-6893>

В.В. Сиваков  канд. техн. наук, доц.; ResearcherID: [R-7264-2019](https://orcid.org/0000-0002-0175-9030),


ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0175-9030>

Н.А. Булхов, канд. экон. наук, доц.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0373-374X>

С.А. Коньшакова, канд. экон. наук, доц.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3523-1488>

С.Г. Кузнецов, канд. экон. наук, доц.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4617-2732>

Брянский государственный инженерно-технологический университет, просп. Станке Димитрова, д. 3, г. Брянск, Россия, 241037; zaikin.anatolij@yandex.ru, sv@bgitu.ru , pismaanick@mail.ru, gler@bk.ru, pro-econom@bgitu.ru

Поступила в редакцию 18.01.21 / Одобрена после рецензирования 15.04.21 / Принята к печати 19.04.21

Аннотация. Распад комплексов из лесозаготовительных предприятий и леспромхозов, снижение внимания органов управления к выпуску специализированных машин и оборудования, производственному процессу лесозаготовок привели к ухудшению оснащенности лесозаготовительных предприятий специализированной техникой и эффективной организации ее работы. Появились мелкие частные лесозаготовительные предприятия, техническая база которых находится на низком уровне. Можно сказать, что произошел возврат к технологии 60-х гг. прошлого века. При валке, обрезке сучьев и раскряжке применяются бензопилы зарубежного производства. Для трелевки используются тракторы общего назначения типа МТЗ-80(82) с простейшим технологическим оборудованием – комплектом чокеров. На отдельных более крупных предприятиях есть зарубежные харвестеры и форвардеры. В таком же положении находятся и лесхозы Республики Башкортостан. С целью повышения оснащенности техникой и совершенствования организации ее работы на предприятиях Республики Башкортостан нами рассмотрен и предлагается к применению ряд комплектов машин. Приобрести современные машины, оборудование и оснастить ими производство недостаточно. Необходима организация производственного процесса, обеспечивающая эффективную работу этих машин. Лесосечные работы как сложный многооперационный дискретный технологический процесс могут выполняться с применением различных технологий. Наибольшее распространение в настоящее время получила технология заготовки и вывозки сортиментов с использованием нескольких видов лесозаготовительных машин и оборудования. Для эффективной работы лесозаготовительные машины, выполняющие отдельные операции, объединяются в комплекты машин. Однако на практике невозможно подобрать машины и оборудование с одинаковой или незначительно отличающейся производительностью. Объем выработки таких комплектов, как правило, равен объему выработки на операции с наименьшей производительностью или даже оказывается ниже него. С целью повышения объема выработки комплекта машин до объема выработки ведущей машины (машины с наибольшей производительностью) необходимо рассчитать режимы работы машин для конкретных условий эксплуатации. Предложены 5 комплектов лесозаготовительных машин. Рассчи-

таны затраты, которых потребует использование каждого из них. На основе полученных числовых данных сделан вывод о том, что в условиях Республики Башкортостан наиболее экономически целесообразно применение следующего комплекта: бензопила для валки, чокерный трактор для трелевки, две бензопилы для обрезки сучьев и раскряжевки, лесовоз для вывозки.

Ключевые слова: лесосечные работы, комплекты лесозаготовительных машин, лесозаготовки, харвестер, форвардер, организация работы машин, производительность комплекта машин, Башкортостан

Для цитирования: Заикин А.Н., Сиваков В.В., Булхов Н.А., Коньшакова С.А., Кузнецов С.Г. Применение комплексов лесозаготовительных машин в условиях Республики Башкортостан // Изв. вузов. Лесн. журн. 2022. № 3. С. 139–152. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-139-152>

Original article

The Use of Logging Machinery Sets in the Republic of Bashkortostan

Anatoliy N. Zaikin, Doctor of Engineering, Prof.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1831-6893>

Vladimir V. Sivakov[✉], Candidate of Engineering, Assoc. Prof.;

ResearcherID: [R-7264-2019](https://orcid.org/0000-0002-0175-9030), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0175-9030>

Nikolay A. Bulkhov, Candidate of Economics, Assoc. Prof.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0373-374X>

Svetlana A. Konshakova, Candidate of Economics, Assoc. Prof.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3523-1488>

Sergey G. Kuznetsov, Candidate of Economics, Assoc. Prof.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4617-2732>

Bryansk State Engineering and Technology University, prosp. Stanke Dimitrova, 3, Bryansk, 241037, Russian Federation; zaikin.anatolij@yandex.ru, sv@bgitu.ru[✉], pismaanick@mail.ru, gler@bk.ru, pro-econom@bgitu.ru

Received on January 18, 2021 / Approved after reviewing on April 15, 2021 / Accepted on April 19, 2021

Abstract. The disintegration of the integrated logging enterprises, as well as of the forestry enterprises and the reduced attention of the authorities to the production of specialized machinery and equipment, the logging production process, have led to a decline in the equipment of the logging enterprises with specialized machinery and the effective organization of their operation. Small, privately owned, poorly equipped with machinery logging companies have emerged. Practically we reverted to the technology of the 1960s. Foreign chainsaws are used for felling, delimiting and crosscutting. The skidding operation practically uses general-purpose tractors of MT3-80(82) type with the simplest technological equipment – a set of chokers. Some of the larger companies use foreign harvesters and forwarders. According to our research, forestry farms of the Republic of Bashkortostan are in a similar position. In order to increase the level of equipment and improve the organization of its work at the enterprises of the Republic of Bashkortostan we have considered and proposed for use a number of machinery sets. However, practice shows that it is not enough to acquire and equip the production with modern machinery and equipment. A production process must be set up to ensure the effective operation of these machines. Logging as a complex, multi-operated, discrete process



can be carried out using a variety of technologies. The most common technology nowadays is the logging and hauling of assortments, for which various harvesting machines and equipment can be used. For the effective operation, harvesting machines performing individual operations are combined into machinery sets. However, current practice shows that it is not possible to match machines and equipment with the same or slightly different capacities. Therefore, the output of such sets is usually equal to, or even lower than, the output of the operation with the lowest capacity. In order to increase the output of the machinery set to the output of the leading machine (the machine with the highest capacity), it is necessary to calculate the modes of operation of machines for specific operating conditions. There are five sets of logging machines offered. The costs that the use of each of them will require are calculated. On the basis of the obtained data it is concluded that in the conditions of the Republic of Bashkortostan it is most economically feasible to use the following set: chainsaw for felling, choker tractor for skidding, two chainsaws for delimiting and crosscutting, lumber carrier for hauling.

Keywords: logging operations, logging machinery sets, harvesting, harvester, forwarder, organization of machine operation, machine set performance

For citation: Zaikin A.N., Sivakov V.V., Bulkhov N.A., Konshakova S.A., Kuznetsov S.G. The Use of Logging Machinery Sets in the Republic of Bashkortostan. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2022, no. 3, pp. 139–152. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-139-152>

Введение

Леса занимают 39,8 % территории Республики Башкортостан, запас древесины достигает 760,3 млн м³, установленный объем ее ежегодной заготовки составляет 9156 тыс. м³ [11]. Все это определяет высокую значимость лесного сектора для экономики региона, его инвестиционную привлекательность.

Однако техническое оснащение лесозаготовительных предприятий республики находится на низком уровне. Для валки применяются в основном бензопилы фирм Stihl или Husqvarna. Для трелевки в отдельных лесхозах используются трелевочные тракторы типа ТДТ-55 [7], практически в 100 % лесхозов – трактор общего назначения типа МТЗ-80(82) с простейшим технологическим оборудованием – комплектом чокеров. Этими же тракторами, оборудованными вилочными погрузчиками, осуществляется уплотнение штабеля сортиментов. Вывозка сортиментов с лесосеки выполняется или имеющимися в лесхозах сортиментовозами, оборудованными гидроманипуляторами, или машинами, принадлежащими сторонним организациям или частным лицам.

Техника лесхозов в основном выработала свой ресурс [7]. Дальнейшее ее применение в соответствии с имеющимися схемами работы экономически нецелесообразно. В данной статье рассмотрены возможные варианты формирования и использования комплектов лесозаготовительных машин в условиях Республики Башкортостан, рассчитаны сопряженные с этим затраты.

Объекты и методы исследования

Лесосечные работы представляют собой сложный многооперационный дискретный технологический процесс [24]. Лесозаготовительные машины, выполняющие отдельные операции, объединяются в комплекты машин. Однако,

как показывает существующая практика, не удастся подобрать машины и механизмы в комплекте так, чтобы их производительность была одинакова или отличалась незначительно. Зачастую, если на 1-й операции работает одна машина комплекта, то на 2-й – две-три, а на 3-й – одна-две и т. д. Объем выработки на операциях при этом все равно остается разным. Особенность лесосечных работ заключается в том, что каждый раз между выполняемыми операциями создаются технически и технологически перемещаемые запасы древесины [2–6, 9, 17] – все операции в технологическом процессе, за исключением погрузки и вывозки, связаны ими между собой [14, 15, 18, 27]. Несбалансированность объемов выработки приводит к простоям наиболее производительных (головных) машин и снижению общего объема их выработки до минимального на одной из основных операций, т. е.

$$Q = \min \{Q\} = Q_{\min}.$$

Требуется так организовать процесс, чтобы общий объем выработки всего комплекта машин был равен или близок максимальному объему выработки головной машины на основной операции, т. е.

$$Q = \max \{Q\} = Q_{\max}.$$

Данное условие может быть реализовано при поддержании на требуемом уровне необходимых в конкретных производственных условиях объемов оперативных запасов путем маневрирования численностью и/или сменностью работы машин на отстающих операциях. То есть на операциях с объемом выработки меньше Q_{\max} следует на определенное, рассчитанное для конкретных условий время подключать дополнительную машину или на это время увеличивать сменность работы на данной операции одной или нескольких основных машин. Для такой организации производственного процесса сначала следует установить, на каких операциях нужно маневрирование численностью или сменностью работы машин по условию:

$$Q_i - Q_s \begin{cases} < 0 - \text{требуется маневрирование на } i\text{-й операции;} \\ = 0 - \text{маневрирование не требуется;} \\ > 0 - \text{требуется маневрирование на } s\text{-й операции,} \end{cases}$$

где Q_i – объем пополнения запаса машинами i -й операции, $Q_i = \Pi_i n_i k_i$; Q_s – объем выработки запаса машинами s -й операции, $Q_s = \Pi_s n_s k_s$; Π_i и Π_s – производительность машин на i -й и s -й операциях; n_i и n_s – число машин на i -й и s -й операциях; k_i и k_s – число смен работы машин на i -й и s -й операциях; i – любое целое число ($i = 1, 2, 3, \dots, l$), $s = i + 1$.

Для операций, на которых требуется маневрирование численностью (сменностью работы) машин, определяется продолжительность их работы в планируемый период времени. Контроль за соответствием режимов работы машин и оборудования на отдельных операциях удобно вести по объемам межоперационных запасов (z , м³), рассчитанным для этих же условий.

Например, для расчета режимов работы машин нами разработаны математические модели [2–4]. Они отличаются от существующих [8, 9] тем, что позволяют определять не только объемы запасов, но и режимы работы комплекта машин, выполняющего две и более операции, с учетом его максимальной выработки и маневрирования (в сторону увеличения) численностью

или сменностью работы машин на операциях с меньшей выработкой, чем у ведущей машины (рис. 1 и 2).

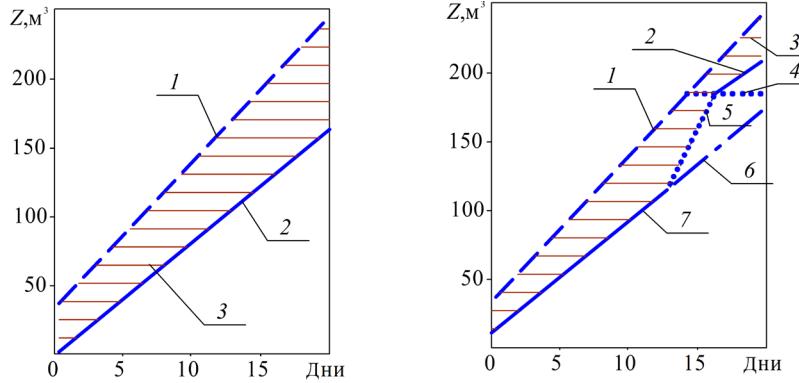


Рис. 1. Характер изменения объемов валки (1), трелевки (2) и запасов между ними (3) при остановке валочно-пакетирующей машины (4), при подключении (5) и до подключения (6) дополнительной трелевочной машины

Fig. 1. Pattern of change in felling volumes (1), skidding volumes (2) and stockpile volumes between them (3), when the feller-buncher is stopped (4), when the additional skidder is connected (5), before the additional skidder is connected (6)

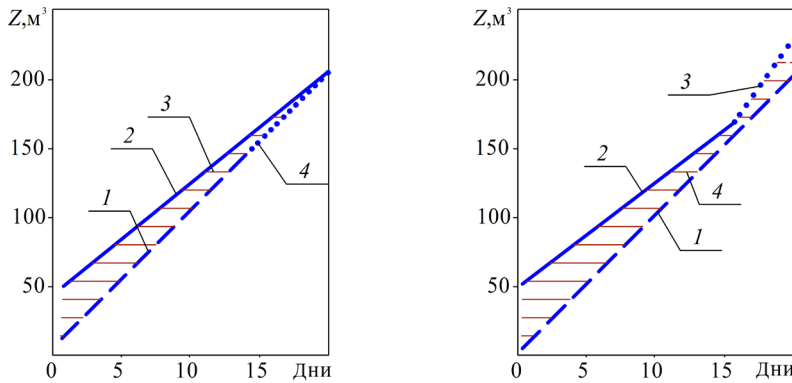


Рис. 2. Характер изменения объемов обрезки сучьев (1), трелевки до (2) / после (3) подключения дополнительной трелевочной машины и объемов запасов между ними (4)

Fig. 2. Pattern of change in delimiting (1), skidding before (2) and after (3) connection of additional skidder and stocking volumes between them (4)

Из рис. 1, 2 видно, что увеличение числа техники на отстающих операциях обеспечивает бесперебойную работу машин и выработку комплекта, равную выработке ведущей машины.

Проведенные нами исследования [7] и экономические расчеты показали, что в качестве дополнительного комплекта машин целесообразно применять при валке и обрезке сучьев бензиномоторную пилу, при трелевке – чокерный трелевочный трактор.

Для повышения эффективности производственного процесса лесозаготовок, получения лесхозами Республики Башкортостан древесины в требуемом перерабатывающим предприятиям региона (например, ООО «Кроношпан-Башкортостан») объеме следует рассмотреть несколько применимых в данных условиях вариантов обеспечения лесхозов техникой. При этом виды, типы и марки приобретаемых машин могут быть различными, так как рельеф местности, почвенно-грунтовые условия, средние запасы древостоя, запасы на 1 га и т. д. у разных лесхозов неодинаковы. Кроме того, эффективность работы как лесозаготовительных предприятий, так и лесной отрасли в целом во многом определяется существующей дорожной сетью и возможностями ее совершенствования [19–26].

В связи с тем, что в основном лесонасаждения лесхозов республики составлены лиственными породами (осина, береза, липа) и объем хлыста не превышает $0,4 \text{ м}^3$, рекомендуются следующие машины и оборудование: для валки – профессиональные средние бензопилы, например фирмы Stihl, валочно-пакетирующие машины типа ЛП-119 с накопителем или харвестеры; для трелевки – колесные тракторы типа МТЗ-82.1 с трелевочным приспособлением, чокерные тракторы «Онежец-350» и колесные или гусеничные форвардеры; для обрезки сучьев и раскряжевки – самоходные или навесные сучкорезно-раскряжевочные машины и профессиональные легкие бензопилы; для погрузки – трактор МЗ-82.1 с клещевым захватом; для погрузки и вывозки – сортиментовозы с манипулятором или без него.

Для указанного оборудования применимы, с учетом несущей способности грунтов как в Республике Башкортостан, так и в других регионах РФ, следующие схемы организации лесозаготовок комплектами машин (рис. 3): 1, 2 – для сухих лесосек; 3–5 – для лесосек с низкой несущей способностью грунтов [1, 10, 12–14, 16].

1-й вариант: при валке работает одна бензопила производительностью около 74 м^3 , при трелевке – один чокерный трактор производительностью $50\text{--}60 \text{ м}^3$ (в зависимости от условий эксплуатации), при обрезке сучьев и раскряжевке – две бензопилы производительностью до 30 м^3 каждая, при вывозке – один лесовоз, объем его выработки за смену составляет до 50 м^3 (из расчета сменного объема выработки – 50 м^3 , числа рабочих дней в месяце – 20 и числа месяцев – 11).

2-й вариант: то же оборудование, что и для 1-го варианта, но с заменой на вывозке чокерного трактора на бесчокерный (МТЗ-82.1) и лесовоза с гидроманипулятором на челюстной погрузчик (МТЗ-82.1) и безманипуляторный сортиментовоз.

3-й вариант: сменный объем выработки валочно-пакетирующей машиной (например, ЛП-119) – 200 м^3 , в комплекте при трелевке как минимум с двумя подборщиками пачек (например, ЛТ-187), двумя сучкорезно-раскряжевочными машинами или харвестером при обрезке сучьев и раскряжевке и для вывозки два лесовоза при двухсменном режиме работы с объемом выработки около 180 м^3 .

4-й вариант: сменный объем выработки харвестера (например, ЛП-19Б3) – 200 м^3 , в комплекте при трелевке с двумя форвардерами (например, «Онежец-350») и при вывозке с двумя лесовозами, оснащенными гидроманипулятором, при двухсменной работе с объемом выработки около 180 м^3 .

Комп-лект	Валка	Трелевка	Обрезка сучьев, раскряжевка	Погрузка	Вывозка
1	 1 шт.	 1 шт.	 2 шт.		1 см 1 шт.
	Бензопила 25 000 р	Трактор 1 940 000 р	Бензопила 19 000 р	Сортиментовоз с гидроманипулятором 5 500 000 р	
2	 1 шт.	 1 шт.	 2 шт.	 1 шт.	 1 шт. 1 см
	Бензопила 25 000 р	Трактор 1 215 000 р	Бензопила 19 000 р	Трактор 1 084 000 р	Сортиментовоз 3 500 000 р
3	 1 шт.	 2 шт.	 2 шт.		2 см 2 шт.
	Валочно-пакетирующая машина 8 168 000 р	Трактор 4 850 000 р	Сучкорезно-раскряжевная машина 5 050 000 р	Сортиментовоз с гидроманипулятором 5 500 000 р	
4	 1 шт.	 2 шт.			2 см 2 шт.
	Харвестер 8 168 000 р	Форвардер 6 000 000 р		Сортиментовоз с гидроманипулятором 5 500 000 р	
5	 1 шт.	 2 шт.	 1 шт.		1 см 1 шт.
	Бензопила 25 000 р	Бензопила 19 000 р	Форвардер 6 000 000 р	Сортиментовоз с гидроманипулятором 5 500 000 р	

Рис. 3. Возможные варианты комплектов машин и оборудования

Fig. 3. Possible options for sets of machinery and equipment

5-й вариант: на валке будет работать одна, а на обрезке сучьев и раскряжевке – две бензопилы, на трелевке – один форвардер и на вывозке – один лесовоз при сменном объеме выработки 50 м³.

Результаты исследования и их обсуждение

С целью экономической оценки предложенных вариантов комплектов машин нами был выполнен расчет капитальных затрат и удельных годовых капитальных затрат по каждому варианту.

Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Капитальные и удельные годовые капитальные затраты по вариантам схем организации лесозаготовок (комплектов машин)

Table 1

Capital costs and specific annual capital costs by logging scheme options (machinery sets)

Комплект	Капитальные затраты, р	Удельные годовые капитальные затраты, р/м ³
1	7 503 000	682
2	5 862 000	533
3	38 968 000	885
4	31 168 000	708
5	11 563 000	1051

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что наиболее эффективным по капиталовложениям будет комплект машин номер 2. Удельные годовые капитальные затраты при его использовании составят 533 р/м³.

Далее рассчитаем для каждого предложенного варианта эксплуатационные затраты, которые включают в себя годовую заработную плату основных рабочих (основную и дополнительную с начислениями) и затраты на содержание машин за год. Расчет заработной платы проводился по стандартной методике, результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Заработная плата рабочих

Table 2

Wages of workers

Специальность	Ставка, р/ч	Заработная плата		Отчисления во внебюджетные фонды, р.
		средняя за месяц (5-дневная рабочая неделя), р	за год (247 рабочих дней), р	
Вальщик леса	200	32 933	395 200	126 464
Трелевщик	180	29 640	355 680	113 817
Водитель сортиментовоза	210	34 580	414 960	132 787
Машинист валочно-пакетирующей машины	210	34 580	414 960	132 787
Машинист трелевочного трактора	180	29 640	355 680	113 818
Машинист форвардера	290	47 753	573 040	183 373
Вспомогательный рабочий	120	19 750	237 120	75 878

Результаты расчета стоимости горюче-смазочных материалов для машин и оборудования приведены в табл. 3, сменной оснастки для каждой машины – в табл. 4.

Таблица 3

Расчет стоимости горюче-смазочных материалов

Table 3

Cost of fuel and lubricants

Тип машины	Номинальная мощность двигателя, кВт	Удельный расход топлива, г/кВт·ч	Расход топлива		Стоимость топлива, р	Расходы на ГСМ	
			л/ч	л/смена		средние за месяц, р	за год, р
Бензопила для валки Stihl MS 260	2,4	–	2,9	23	42	20 056	240 676
Бензопила для обрезки сучьев Stihl MS 230	1,9	–	2,5	20	42	17 290	207 480
Трактор трелевочный	95,6	233	22,5	180	45	165 798	1 989 585
Сортиментовоз с гидроманипулятором	220,0	200	44,4	355	45	328 652	3 943 824
Трактор МТЗ-82.1	59,6	226	13,6	109	45	100 609	1 207 311
Сортиментовоз КАМАЗ 6520	190,0	200	38,3	307	45	283 831	3 405 969
Валочно-пакетирующая машина	95,5	210	20,2	162	45	149 793	1 797 518
Форвардер «Онежец-350»	88,2	227	20,2	162	45	149 543	1 794 517
Трактор гусеничный	95,5	210	20,2	161,72	45	149 793	1 797 518
Сучкорезно-раскряжевая машина	95,5	210	20,2	162	45	149 793	1 797 517

Таблица 4

Расчет стоимости оснастки

Table 4

Cost of equipment

Тип машины	Шины		Стоимость шин, р		Затраты на сменную оснастку, р/год
	передние	задние	передние	задние	
Трактор	360/70R24	18.4R34	15 650	47 340	25 196
Сортиментовоз с гидроманипулятором	425/85 R21	425/85 R21	25 750	25 750	30 900
Трактор МТЗ-82.1	11.2 R20	15.5 R38	6 000	16 800	9 120
Сортиментовоз	425/85 R21	425/85 R21	25 750	25 750	30 900

Результаты расчетов эксплуатационных расходов отражены в табл. 5, удельных эксплуатационных расходов – в табл. 6, удельных приведенных затрат – в табл. 7.

Таблица 5

Расчет годовых эксплуатационных расходов

Table 5

Annual operating costs

Комплект	Заработная плата рабочих, р	Стоимость ГСМ, р	Амортизационные отчисления, р	Затраты на ТР и ТО, р	Прочие расходы, р	Затраты на сменную оснастку, р	Полные эксплуатационные затраты, р
1	2 107 206	5 513 336	1 488 200	351 903	210 720	56 096	9 727 462
2	2 261 334	6 476 228	1 116 000	377 642	226 133	49 140	10 166 479
3	6 310 948	20 460 047	6 693 600	1 053 928	631 094	123 600	35 273 219
4	4 093 544	19 444 581	6 233 600	683 621	409 354	123 600	30 988 301
5	2 396 888	5 535 374	2 300 200	400 280	239 688	30 900	10 903 331

Примечание: ТР – текущий ремонт, ТО – техническое обслуживание.

Таблица 6

Расчет удельных эксплуатационных расходов

Table 6

Specific operating costs

Комплект	Полные эксплуатационные затраты, р/год	Производительность, м ³ /мес. (20 рабочих дн.)	Производительность, м ³ /год	Удельные эксплуатационные затраты, р/м ³
1	9 727 462	1483	16 320	596
2	10 166 479	1483	16 320	623
3	35 273 219	5236	57 600	612
4	30 988 301	2487	27 360	1132
5	10 903 331	1483	16 320	668

Таблица 7

Расчет удельных приведенных затрат

Table 7

Specific overhead costs

Комплект	Удельные эксплуатационные затраты, р/м ³	Удельные капитальные затраты, р/м ³	Нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат	Удельные приведенные затраты, р/м ³
1	596	682	0,15	698
2	623	533	0,15	702
3	612	885	0,15	745
4	1132	708	0,15	1239
5	668	1051	0,15	825

Из расчетов следует, что наиболее экономически эффективным является 1-й комплект машин.

Заключение

Анализ годовых эксплуатационных и удельных эксплуатационных расходов, а также приведенных затрат показывает, что наиболее низкие годовые и удельные эксплуатационные затраты в условиях Республики Башкортостан и сходных с ней по природно-климатическим показателям регионах будет иметь 1-й комплект машин из бензопилы для валки, чокерного трактора для трелевки, двух бензопил для обрезки сучьев и раскряжевки, лесовоза для вывозки. У этого же комплекта наиболее низкие приведенные затраты. Получается, что экономически целесообразно внедрение 1-го комплекта машин, так как данный состав комплекта потребует наименьших капитальных затрат.

Расчет экономических параметров по каждому комплекту выполнен с учетом минимального объема выработки машин. С целью получения максимального объема выработки комплекта машин необходимо варьирование численности или сменность работы машин на отстающих операциях, что требует проведения дополнительных исследований для конкретных условий эксплуатации.

В связи с тем, что эксплуатация лесозаготовительных машин в условиях Республики Башкортостан имеет свою специфику, потребуются выполнение определенного объема работ для планирования норм выработки на отдельных видах лесозаготовительных операций. Только имея нормы выработки лесозаготовительных машин для конкретных условий эксплуатации, можно рассчитать достоверные режимы работы машин и на основе этих данных получить алгоритм организации работы различных комплектов машин. Изучив опыт организации использования лесозаготовительных машин и оборудования в пилотных лесхозах, следует принимать решение о возможности его распространения на другие площадки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Денисов С.А., Торопов А.С., Микрюкова Е.В., Волкова Л.П., Шарпов Е.С., Тетерина М.А., Ефимов Ю.В., Мартынов А.М., Романов Э.Г. Обоснование ресурсосберегающих технологий лесопромышленного комплекса, адаптированных к природным условиям Пермского края, с минимизацией затрат на лесовосстановление: отчет о НИР/ НИОКР (заключительный) / ГОУ ВПО Марийский государственный технический университет; рук. С.Б. Якимович. Грант № 6.6-29/2 от 03.08.2007. Государственная регистрация № 2007-01.29. Йошкар-Ола, 2007. 500 с.

Denisov S.A., Toropov A.S., Mikryukova E.V., Volkova L.P., Sharapov E.S., Teterina M.A., Efimov Yu.V., Martynov A.M., Romanov E.G. *Justification of Resource-Saving Technologies of the Timber Industry, Adapted to the Natural Conditions of Perm Krai, with Cost Minimization for Reforestation: Research/Research and Development Report (Final)*. Mari State Technical University. Supervisor S.B. Yakimovich. Grant No. 6.6-29/2 Dated August 3, 2007. State registration No. 2007-01.29. Yoshkar-Ola, Publ., 2007. 500 p.

2. Заикин А.Н. Моделирование режимов работы лесосечных машин // Изв. вузов. Лесн. журн. 2009. № 1. С. 71–77.

Zaikin A.N. Simulation of Logging Machines Operation Modes. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2009, no. 1, pp. 71–77. <http://lesnozhurnal.ru/upload/iblock/27d/27d123e35cbb74f7f17b1974f6f195da.pdf>

3. Заикин А.Н. Математическое моделирование режимов работы лесосечных машин и анализ изменения объемов оперативных запасов // Вестн. МГУЛ – Лесн. вестн. 2010. № 1. С. 69–76.

Zaikin A.N. Designing of Operation Modes of Logging Machines. *Lesnoy vestnik = Forestry Bulletin*, 2010, no. 1, pp. 69–76.

4. Заикин А.Н. Математические модели расчета режимов работы лесосечных машин // В мире научных открытий. 2010. № 4-13(10). С. 126–130.

Zaikin A.N. Mathematical Models for Calculating the Operating Modes of Logging Machines. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2010, no. 4-13(10), pp. 126–130.

5. Заикин А.Н. Типы и назначение запасов древесины в производственном процессе лесозаготовок // Изв. вузов. Лесн. журн. 2013. № 3. С. 71–78.

Zaikin A.N. The Types and Purpose of Timber Stocks in the Process of Timber Production. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2013, no. 3, pp. 71–78. <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/d4f/le2.pdf>

6. Заикин А.Н., Рыжикова Е.Г., Теремкова И.И. Метод оперативного планирования и управления лесосечными работами // Изв. вузов. Лесн. журн. 2017. № 2. С. 107–118.

Zaikin A.N., Ryzhikova E.G., Teremkova I.I. Method of Operational Planning and Control of Logging Operations. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2017, no. 2, pp. 107–118. <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2017.2.107>

7. Заикин А.Н., Коньшакова С.А., Сиваков В.В., Кузнецов С.Г., Булхов Н.А. Технологический ресурс лесозаготовительной техники лесхозов Республики Башкортостан // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 4. С. 123–133.

Zaikin A.N., Konshakova S.A., Sivakov V.V., Kuznetsov S.G., Bulkhov N.A. Technological Resources of Harvesting and Logging Machinery of Bashkortostan Forestries. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2020, no. 4, pp. 123–133. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2020-4-123-133>

8. Климушев Н.К. Методы и модели управления запасами лесоматериалов: моногр. Ухта: УГТУ, 2001. 76 с.

Klimushev N.K. *Methods and Models of Timber Stock Management*: Monograph. Ukhta, USTU Publ., 2001. 76 p.

9. Климушев Н.К. Управление запасами лесоматериалов: моногр. М.: МГУЛ, 2005. 187 с.

Klimushev N.K. *Management of Timber Stocks*: Monograph. Moscow, MGUL Publ., 2005. 187 p.

10. Ле Ан Туан, Смирнова А.И. Экономические подходы к обоснованию технологий лесозаготовок в лесопромышленном холдинге // Изв. вузов. Лесн. журн. 2001. № 5–6. С. 170–174.

Le An Tuan, Smirnova A.I. Economic Approaches to Harvesting Technologies Substantiation in Forest Industrial Holding Company. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2001, no. 5-6, pp. 170–174. <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/e24/e24ee1b43b9cd-52e8c6d87c1e855e3f0.pdf>

11. Лесной план Республики Башкортостан. Кн. 1. Пояснительная записка: утв. Указом Главы Республики Башкортостан от 27.12.18 № УГ-76С. Уфа, 2018. 337 с.

Forest Plan of the Republic of Bashkortostan. Book 1. Explanatory Note: Approved by the Decree of the Head of the Republic of Bashkortostan Dated December 27, 2018, No. УГ-76С. Ufa, 2018. 337 p.

12. Мохирев А.П., Горяева Е.В., Медведев С.О. Оценка технологических процессов лесозаготовительных предприятий // Лесотехн. журн. 2016. Т. 6, № 4(24). С. 139–147.

Mokhiev A.P., Goryaeva E.V., Medvedev S.O. Estimation of Technological Processes of Logging Enterprises. *Forestry Engineering Journal*, 2016, vol. 6, no. 4(24), pp. 139–147. <https://doi.org/10.12737/23448>

13. Рукотойников К.П., Мохирев А.П. Обоснование технологической схемы лесозаготовительных работ путем создания динамической модели функционирования предприятия // Изв. вузов. Лесн. журн. 2019. № 4. С. 94–107.

Rukotojnikov K.P., Mokhiev A.P. Validation of the Logging Operations Scheme through the Creation of Dynamical Model of the Enterprise Functioning. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2019, no. 4, pp. 94–107. <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.4.94>

14. Шегельман И.Р., Скряпник В.И., Кузнецов А.В. Анализ показателей работы и оценка эффективности лесозаготовительных машин в различных природно-производственных условиях // Уч. зап. ПетрГУ. Сер.: Естеств. и техн. науки. 2010. № 4(109). С. 66–75.

Shegelman I.R., Skrypnik V.I., Kuznecov A.V. Harvesting Machines Performance Analysis and Evaluation of Their Effectiveness in Various Working Environments. *Proceedings of Petrozavodsk State University. Series: Natural & Engineering Sciences*, 2010, no. 4(109), pp. 66–75.

15. Шегельман И.Р., Щеголева Л.В., Пономарев А.Ю. Математическая модель выбора сквозных потоков заготовки, транспортировки и переработки древесного сырья // Изв. СПбЛТА. 2005. № 172. С. 32–37.

Shegelman I.R., Shchegoleva L.V., Ponomarev A.Yu. Mathematical Model of the Choice of Through Flows of Procurement, Transportation and Processing of Wood Raw Materials. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, 2005, no. 172, pp. 32–37.

16. Якимович С.Б., Володина И.Ю. Формирование комплектов машин лесозаготовок на основе распределения состояний предмета труда по маршруту технологического процесса // Лесн. вестн. 2001. № 2. С. 128–136.

Yakimovich S.B., Volodin I.Yu. Formation of Sets of Logging Machines Based on the State Distribution of the Subject of Labor along the Technological Process Route. *Lesnoy vestnik = Forestry Bulletin*, 2001, no. 2, pp. 128–136.

17. Якимович С.Б., Тетерина М.А. Классификация обрабатывающих транспортных систем заготовки и первичной обработки древесины // Вестн. МГУЛ – Лесн. вестн. 2009. № 2. С. 67–73.

Yakimovich S.B., Teterina M.A. Classification of Wood Harvesting and Primary Processing Processing-Transporting Systems. *Lesnoy vestnik = Forestry Bulletin*, 2009, no. 2, pp. 67–73.

18. Carlsson D., D'Amours S., Martel A., Rönnqvist M. Decisions and Methodology for Planning the Wood Fiber Flow in the Forest Supply Chain. *Recent Developments in Supply Chain Management*. Ed by R. Koster, W. Delfmann. Helsinki, University Press, 2008, pp. 11–39.

19. Henningson M., Karlsson J., Rönnqvist M. Optimization Models for Forest Road Upgrade Planning. *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 2007, vol. 6, iss. 1, pp. 3–23. <https://doi.org/10.1007/s10852-006-9047-0>

20. Luce Ch.H. Effectiveness of Road Ripping in Restoring Infiltration Capacity of Forest Roads. *Restoration Ecology*, 1997, vol. 5, iss. 3, pp. 265–270. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.1997.09731.x>

21. Medvedev S., Mokhiev A., Rjabova T. Methodical Approach to Increase Efficiency of Use of Wood Resource Potential of the Region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 316, art. 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/316/1/012036>

22. Mokhiev A., Gerasimova M., Pozdnyakova M. Finding the Optimal Route of Wood Transportation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 226, art. 012053. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012053>
23. Pentek T., Nevečerel H., Ecimović T., Lepoglavec K., Papa I., Tomašić Z. Strategijsko planiranje šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj – raščlamba postojećega stanja kao podloga za buduće aktivnosti. *Nova Mehanizacija Šumarstva*, 2014, vol. 35, no. 1, pp. 63–78. (In Croat.).
24. Rukomojnikov K.P. Structuring of Loading Points and Main Skid Road in Conditions of Existing Road Network in Forest Compartment. *Journal of Applied Engineering Science*, 2015, vol. 13, no. 3, pp. 167–174. DOI: <https://doi.org/10.5937/jaes13-8866>
25. Trømborg E., Sjølie H., Solberg B., Hovi I.B., Madslie A., Veisten K. Economic and Environmental Impacts of Transport Cost Changes on Timber and Forest Product Markets in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2009, vol. 24, iss. 4, pp. 354–366. <https://doi.org/10.1080/02827580903035994>
26. Zaikin A.N., Mukovnina M.V., Nikitin V.V., Scherbakov E.N. Reducing Industrial Impact on Forest Ecosystems by Improving the Organization of Harvesting Operations. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*, 2018, vol. 11(60), no. 1, pp. 69–76.
27. Zyryanov M., Medvedev S., Mokhiev A. Study of the Possibility of Using Logging Residue for the Production of Wood Processing Enterprises. *Journal of Applied Engineering Science*, 2020, vol. 18, no. 1, pp. 15–18. <https://doi.org/10.5937/jaes18-22611>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest