УДК 625.8.630 DOI: 10.18324/2077-5415-2019-1-101-106

Результаты экспериментальных исследований общей производительности проходных рубок в природно-производственных условиях ОАО «Группа Илим» (лесной филиал в г. Коряжма Архангельской области)

Ф.В. Свойкин[a], В.А. Соколова[b], В.В. Орлов[c], В.Ф. Свойкин[d]

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер. 5, Санкт-Петербург, Россия
[a]Svoykin_fv@mail.ru, [b]sokolova_vika@inbox.ru, [c]artictvetal1987@gmail.com, [d]svoykinvf@mail.ru
[a]https://orcid.org/0000-0001-8989-4626, [b]https://orcid.org/0000-0001-6880-445X,
[c]https://orcid.org/0000-0002-1693-0515, [d]https://orcid.org/0000-0002-8507-9584
Статья поступила 07.02.2019, принята 11.02.2019

В статье приведены результаты опытных рубок ухода (прореживания) в природно-производственных условия арендной базы ОАО «Группа Илим» (г. Коряжма, Архангельская область, Северо-Западный федеральный округ. Технология разработки лесосеки без предварительного клеймения системой машин: валочно-сучкорезная раскряжевочная машина (ВСРМ) Rottne H8, колесный сортиментоподборщик Rottne F10B). В ходе исследований апробированы новая технология для осуществления рубок ухода и применение технических средств для повышения эффективности фазы первичной заготовки древесины в молодых лесах и насаждениях, обладающих незначительным запасом древесины. Внедрение системы геопозиционирования и записи трека ВСРМ и колесного сортиментоподборщика GPS GEO Info с существующими технологическими картами, без GSM/GPRS подложки и привязки карт позволит исключить натурный отвод и маркировку волоков при проведении лесозаготовительных работ в ближайщем будущем, что значительно сократит время на подготовительные работы. Калибровка харвестерной головки ВСРМ Rottne EGS 405 и измерительной системы Rottne Dasa 5 измерительной и калибровочной вилкой Haglof Digitech позволит повысить выход сортиментов за счет увеличения точности измерения. Учет заготовленной древесины по породам, количеству стволов, часовой, дневной, итоговой производительности; учет потребления топлива; учет использования рабочего времени (применение файлов STM, а также PRD- и DRF-отчетов, возможность мониторинга в режиме реального времени показателей лесной машины) — все это позволяет оперативно контролировать параметры лесозаготовительного процесса. Также приведена предлагаемая технология для осуществления данного вида рубок, способствующая исключению ручного моторного инструмента на рубках ухода и стимулирующая внедрение интенсивной модели лесопользования.

Ключевые слова: рубки ухода; разработка лесосек, прореживание; проходные рубки; малогабаритная ВСРМ; малогабаритный колесный сортиментоподборщик.

The results of commercial thinning test-drive in rental cutting areas of OJSC «Ilim Group» (forest branch in Koryazhma, Arkhangelsk region)

F.V. Svoykin[a], V.A. Sokolova[b], V.V. Orlov[c], V. F. Svoykin[d]

St. Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia
[a]Svoykin_fv@mail.ru, [b]sokolova_vika@inbox.ru, [c]artictvetal1987@gmail.com, [d]svoykinvf@mail.ru
[a]https://orcid.org/0000-0001-8989-4626, [b]https://orcid.org/0000-0001-6880-445X,
[c]https://orcid.org/0000-0002-1693-0515, [d]https://orcid.org/0000-0002-8507-9584
Received 07.02.2019, accepted 11.02.2019

The article presents the results of experimental thinning in the natural production conditions of the rental base of OJSC "Ilim Group" (Koryazhma, Arkhangelsk region, North-West Federal District) and the technology for developing the cutting area without prior marking by the machine system: the feller-delimbing bucking machine Rottne H8, wheeled assortment picker RottneF10B. In the course of the research, a new technology was tested for the implementation of thinning and the use of technical means to increase the efficiency of the phase of primary harvesting of wood in young forests and plantations with an insignificant amount of wood. The introduction of the georeferencing system and the recording of Rottne H8 track and the wheel assortment of the GPSGEOInfo picker with existing technological maps, without a GSM / GPRS substrate and map bindings will eliminate the natural removal and marking of ditches during logging operations in the near future, which will significantly reduce the time for preparatory work. Calibrating the RottneEGS 405 harvester head and the RottneDasa 5 measuring system with a HaglofDigitech measuring and calibration fork will increase the yield of assortments by increasing the measurement accuracy. Accounting for harvested wood by species, number of trunks,

hourly, daily, total performance; fuel consumption accounting; accounting of working time (use of STM files, as well as PRD and DRF reports, the ability to monitor forest machine indicators in real time) - all this allows you to quickly monitor the parameters of the logging process. The proposed technology for the implementation of this type of logging is also presented, which promotes the elimination of manual motor tools in the thinning and stimulates the introduction of an intensive forest management model.

Keywords: thinning; development of cutting areas; thinning; small harvester; small forwarder.

Введение

Ценность осуществления проходных рубок для увеличения продуктивности насаждения в будущем (повышение интенсивности прироста древесины и выхода деловой древесины, снижение отпада деревьев, фаутности) очевидна и доказана многими учеными. Этим обусловлен интерес к поиску альтернативных тяжелой лесозаготовительной технике решений для лесной отрасли [1; 2].

На данный момент экспериментальные площади под проведение рубок ухода в древостоях разного возраста (осветление, прочистка, прореживание) заложены в арендованных лесах крупнейших лесозаготовительных предприятий РФ — ОАО «Группа Илим» и «Монди СЛПК», ЗАО «Интернешнл пейпер» и т. д.

Особый интерес крупнейших ЦБК к рубкам ухода, прореживанию, не случаен: за период освоения лесов к настоящему времени вокруг крупнейших комбинатов (Коряжма, Сыктывкар) в радиусе 60 км накопились леса возраста 30–50 лет, имеющие средний объем хлыста 0,11, подходящие под рубки прореживания. Короткое плечо вывозки, развитая дорожная сеть, большой выход балансов, полностью потребляемых комбинатами, делают рубки прореживания экономически целесообразными. На данный момент среднее плечо вывозки достигает 200 км, что делает заготовку и вывозку балансовой древесины экономически нецелесообразными.

Тенденция лесозаготовительной отрасли РФ, в особенности в Северо-Западном Федеральном округе, — переход на сортиментную заготовку древесины с применением валочно-сучкорезных раскряжевочных машин (ВСРМ) на колесной базе и колесных сортиментоподборщиков [3]. С учетом этого особый интерес представляет вопрос формирования парка лесосечных машин предприятий для решения актуальных задач [4; 5].

Этими факторами был обусловлен тест-драйв харвестера малого класса (ВСРМ) для рубок ухода Rottne H8 в период с 24 сентября по 13 октября 2013 г. на территории арендной базы ОАО «Группа Илим» (Котласское и Черемушское участковые лесничества, Архангельская область, и Куратовское участковое лесничество, Республика Коми).

Стоит отметить, что новые технические решения в этой области имеются, например [6], однако доведение опытных образцов до серийного выпуска может занять определенное время, а необходимость проведения рубок ухода в молодых насаждениях в данный момент не вызывает сомнений [7].

Цели и задачи исследования: обоснование применения специализированной техники и технологии для рубок ухода; адаптация интенсивной модели лесопользования; исключение труда ручным моторным инструментом; лесохозяйственный эффект: формирование к возрасту рубки главного пользования древостоя с максимальным запасом древесины и наиболее выгодной сортиментной структурой, сохранение общей продуктивности древостоя.

Вопрос использования машин для главного пользования на рубках ухода был изучен в работе [8]. Названы следующие основные недостатки использования машин для главного пользования при работе на среднем объеме хлыста до 0,20 м³:

– большие эксплуатационные расходы;

– большое потребление топлива;

– большое количество поврежденного подроста и древостоя во всех ярусах;

– снижение производительности из-за необходимости постоянного маневрирования длинным гидроманипулятором (вылет стрелы 11 м и более) и габаритной массивной харвестерной головкой среди существующего подроста и древостоя;

– использование ручного моторного инструмента для работы в пасеки;

– большой объем подготовительных работ (маркировка, «клеймение»).

Результаты тест-драйва по проведению опытных рубок ухода сведены в табл. 1. На основании данных таблицы можно сделать выводы: применение малогабаритной техники обладает приемлемой производительностью и эксплуатационными характеристиками для применения в производственном процессе предприятия; техническое оснащение техники позволяет решать производственные задачи, обеспечивая процесс заготовки и учет заготовленной древесины.

Методика исследования. Известно, что чем меньше результаты измерений отличаются от истинного значения измеряемой величины, тем выше точность измерений [9].

Для определения количества измерений объема заготовки лесозаготовительной техники необходимо провести замеры. Перед началом проведения эксперимента было сделано 20 пробных измерений, по которым были определены статистические характеристики и количество необходимых опытов. При доверительной вероятности P = 0,95 объем выборки составил n = 20, $t(19; 0.95)$ = 2,09. Статистическая обработка результатов предварительных испытаний по определению объема заготовки лесной машины представлена в табл. 2.

Таблица 2

Статистические характеристики объема заготовки и количество опытов

X_{cp}	S^2	σ	V	σ_X	K	δ	ε	N
14.3	3.247	1.801	12.603	0.402	2.81	0.840	5.87	17.51

Можно сказать, что для получения достоверного результата в пределах 5%-ной точности с вероятностью 0,95 следует провести 18 измерений объема заготовки древесины.

Измерение длины, диаметра и объема сортиментов осуществлялось системой измерения ВСРМ Rottne H8 [10] при помощи харвестерной головки (ХГ) EGS 405 [11], под управлением программы Dasa 5 [12]. ХГ откалибрована измерительной и калибровочной вилкой Haglof Digitech [13].

Измерение длины осуществляется системой на основе данных датчика длины, измерение диаметра — на основе данных датчиков диаметров. Диаметр измеряется системой с интервалом в 0,01 м, объем ствола — с интервалом в 0,1 м. Диаметр измеряемого сегмента равен наименьшему диаметру в том же сегменте дерева. В программе определяется объем древесины по формуле с нарастающим итогом:

$$V = \sum_{j=1}^{в} V_j \ , \qquad (1)$$

где n — количество стволов хлыстов; j = 1, 2, 3….n.

Далее заносятся диаметр $d_{1,3}$ каждого хлыста на высоте груди, который определяется системой измерения ВСРМ.

Затем в систему заносятся высоты хлыстов Н, которые также определяются системой измерения. Количество откомлеванной древесины, сортиментов, порубочных остатков определяется системой измерения, т. е. содержится информация о каждом резе пильного механизма. Система может собирать, а также сохранять большой объем информации о заготавливаемой древесине для дальнейшего анализа данных лицом, принимающим решение.

STM-файл — это файл классов товарности ствола программы Dasa 5 (возможность накопления и использования данных файлов реализована в ВСРМ других производителей, например, John Deere, Ponsse, Komatsu, Volvo). В этом файле отражается подробная информация о каждом стволе дерева, который был пропущен через ХГ EGS 405 валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины Rottne H8. Также в STM-файлах отображаются длина обработанного дерева, диаметр ствола на высоте груди и способ измерения объема хлыста, в коре или без коры, время $t_Н$ начала обработки дерева и время $t_К$ окончания обработки. Эти данные позволяют произвести точный учет объема заготовленной древесины, а также проанализировать потери производительности, связанные с различными природно-производственными факторами.

Таблица 1

Результаты тест-драйва по проведению опытных рубок

№ деляни ки	Дата	Производитель ность, *м³/ч*		Количество деревьев		Время по БК		Заготовка			Объем хлыста			Примечание, заготовка по обмеру	Топливо		
		В коре	Без коры	Всего	В час	Рабочее	Машино-час	В коре	Без коры	% коры	В коре	Без коры	% коры		Расход	На 1 м³	На маш.ч тракторный
1	2	3	4	5	6	7,00	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
139	23.09						4							Переезд	4х8=32		
139	24.09	9,4	8,32	1154	111	10,37	10,37	99,76	88,3	0,11	0,09	0,08	0,11	Сосна – 172 м³, береза – 12 м³, осина – 0 м³	92	1	9,4
139	25.09	10,22	9,01	1223	118	13,42	10,4	108,97	96,09	0,12	0,09	0,08	0,11		94	1	9,3
	Итог	*9,37*	*8,28*	*2377*	*112*	*24,19*	*21,17*	*208,73*	*184,39*	*0,12*	*0,09*	*0,08*	*0,11*		*186*+32	*1*	*9,4*
РАСЧЕТ		*9,86*	*8,71*		*112,28*	23,79	20,77	*208,73*	*184,39*		*0,09*	*0,08*				*1,0*	*8,8*
114	26.09						2							Переезд	2х8=16		
114	27.09	10,4	9,32	787	77	11,15	10,23	108,06	96,78	0,10	0,14	0,12	0,14	Сосна – 0 м³, ель – 15 м³, береза – 0 м³, осина – 252 м³	78	0,8	8,6
114	28.09	11,88	10,64	719	86	10,32	8,36	102,21	91,56	0,10	0,14	0,13	0,07		68	0,7	8,4
114	29.09	14,11	12,65	554	91	6,08	6,08	88,55	77,58	0,12	0,16	0,14	0,13		52	0,7	9
114	30.09	2,61	2,3	28	97	0,51	0,29	1,28	1,13	0,12	0,05	0,04	0,20		6	0,7	9
	Итог	*11,71*	*10,49*	*2088*	*83*	*28,37*	*25,27*	*298,09*	*267,05*	*0,10*	*0,14*	*0,13*	*0,07*		*204*+16	*0,8*	*8,7*
РАСЧЕТ		*11,80*	*10,57*		*82,63*	28,06	24,96	*300,1*	*267,05*		*0,14*	*0,13*				*0,8*	*8,1*
112	30.09						1							Переезд	1х8=8		
112	30.09	19,74	17,7	195	129	1,51	1,51	36,44	32,67	0,10	0,19	0,17	0,11	Сосна – 0 м³, ель – 16 м³, береза –	16	0,5	9,4
112	01.10	19,91	17,8	1172	116	10,50	10,13	203,45	181,93	0,11	0,17	0,16	0,06		92	0,5	8,9
112	02.10	13,58	12,13	541	97	5,59	5,59	81,33	72,66	0,11	0,15	0,13	0,13		46	0,6	8,5

№ делянки	Дата	Производительность, *м³/ч*		Количество деревьев		Время по БК		Заготовка			Объем хлыста			Примечание, заготовка по обмеру	Топливо		
		В коре	Без коры	Всего	В час	Рабочее	Машино-час	В коре	Без коры	% коры	В коре	Без коры	% коры		Расход	На 1 м³	На маш.ч тракторный
112	03.10	15,94	14,26	656	91	7,22	7,22	117,51	105,16	0,11	0,18	0,16	0,11	0 м³, осина – 376 м³	67	0,6	9,1
	Итог	*17,08*	*15,28*	*2564*	*101*	*26,17*	*25,41*	*438,73*	*392,41*	*0,11*	*0,17*	*0,15*	*0,12*		*221*+8	*0,6*	*8,9*
РАСЧЕТ		*17,27*	*15,44*		*100,91*	24,82	24,45	*438,73*	*392,42*		*0,17*	*0,15*				*0,6*	*8,7*
49/4	04.10						1							Переезд	1х8=8		
49/4	04.10	13,27	11,78	505	111	4,57	4,57	65,78	58,43	0,11	0,13	0,12	0,08	Сосна – 0 м³, ель – 16 м³, береза – 170 м³, осина – 325 м³	46	0,8	9,3
49/4	05.10	13,22	11,72	1157	113	10,49	10,28	138,45	122,74	0,11	0,12	0,11	0,08		94	0,8	8,7
49/4	06.10	9,26	8,68	670	91	9,50	7,34	70,05	65,66	0,06	0,1	0,10	0,00		59	0,9	8,7
49/4	07.10	11,7	11,26	1132	124	9,32	9,13	107,81	103,69	0,04	0,1	0,09	0,10		95	0,9	10,3
49/4	08.10	13,15	12,54	409	131	10,14	3,12	40,12	38,38	0,04	0,1	0,09	0,10		32	0,8	9,4
49/4	09.10	10,4	10,1	801	95	9,12	8,45	91,13	88,05	0,03	0,11	0,11	0,00		71	0,9	8,9
49/4	10.10	13,52	12,02	338	133	2,54	2,54	39,22	34,87	0,11	0,12	0,10	0,17		30	0,9	8,8
	Итог	*12,15*	*11,2*	*5012*	*107*	*57,38*	*47,03*	*552,57*	*511,82*	*0,07*	*0,11*	*0,10*	*0,09*		*427*+8	*0,8*	*9,1*
РАСЧЕТ		*11,75*	*10,88*		*106,57*	55,68	45,43	*552,56*	*511,82*		*0,11*	*0,10*				*0,8*	*9,1*
49/14	10.10	15,79	15,37	703	134	5,23	5,23	85,15	82,89	0,03	0,12	0,12	0,00	Сосна – 0 м³, ель – 9 м³, береза – 155 м³, осина – 238 м³	50	0,6	9,5
49/14	11.10	15,02	14,51	1082	131	8,27	8,27	126,8	122,48	0,03	0,12	0,11	0,08		80	0,7	9,5
49/14	12.10	13,49	13,13	982	130	7,58	7,58	107,39	104,48	0,03	0,11	0,11	0,00		71	0,7	8,9
49/14	13.10	13,53	13,17	842	119	7,06	7,06	95,96	93,41	0,03	0,11	0,11	0,00		60	0,6	8,6
	Итог	*14,66*	*14,24*	*3609*	*126*	*28,54*	*28,54*	*415,3*	*403,26*	*0,03*	*0,12*	*0,11*	*0,08*		*261*+32	*0,6*	*9,2*
РАСЧЕТ		*14,55*	*14,13*		*126,45*	28,14	28,14	*415,3*	*403,26*		*0,12*	*0,11*				*0,6*	*9,1*
Итог за весь период																	
Всего		*12,58*	*11,26*	*15664*	*106*	*165,45*	*148,22*+8	*1914,37*	*1759,74*	*0,08*	*0,12*	*0,11*	*0,08*		*1299*+96	*0,7*	*9,8*
РАСЧЕТ		*12,92*	*11,87*		*105,68*	160,49	143,75	*1915,42*	*1758,94*		*0,12*	*0,11*				*0,7*	*8,8*

В ходе проведения тест-драйва в природно-производственных условиях арендной базы ОАО «Группа Илим» в средней тайге были апробированы следующие технологии.

1. Работа харвестера в ночное время (ксеноновое рабочее освещение) — двухсменная (круглосуточная) работа; совершенствование состоит в применении светодиодного, а в будущем и лазерного освещения с регулируемым потоком и яркостью пучка света.

2. Работа харвестера на сложных рельефах (переувлажненные грунты, заболоченная местность, холмисто-грядовая местность) [14].

3. Работа харвестера в тяжелых погодных условиях (дождь, снег, град, толщина снежного покрова до 1 м).

4. Работа системы позиционирования и записи трека GPS GEO Info с существующими технологическими картами, без GSM/GPRS подложки и привязки карт, т. е. возможность исключения натурного отвода и маркировки волоков в ближайшем будущем [15], что существенно ускорит и упростит фазу подготовительных работ.

5. Доступность и легкость осуществления текущего сервиса и ремонта ВСРМ Rottne H8 колесного сортиментоподборщика Rottne F10B.

6. Калибровка харвестерной головки Rottne EGS 405 и измерительной системы Rottne Dasa 5 измерительной и калибровочной вилкой Haglof Digitech.

7. Учет заготовленной древесины по породам, количеству стволов, часовой, дневной, итоговой производительности; учет потребления топлива; учет использования рабочего времени (применение файлов STM, а также PRD- и DRF-отчетов, возможность мониторинга показателей лесной машины в режиме реального времени).

8. Общие приемы оператора для осуществления заготовки (технология валки, раскряжевки) и вывозки древесины. Стоит отметить необходимость высокой квалификации оператора для осуществления операций [16].

9. Технология разработки лесосек ВСРМ малого класса для рубок ухода (рис. 1).

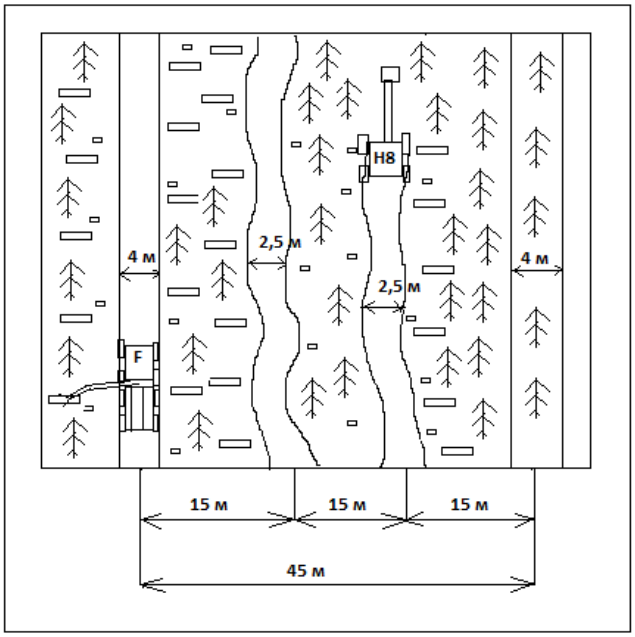

Рис. 1. Технология разработки лесосеки рубкой прореживания системой машин: ВРСМ — харвестер Роттне Н8; колесный сортиментоподборщик — форвардер Роттне F10B

Технология разработки лесосеки: расстояние между грузовыми волоками — 45 м, харвестер Rottne H8 осуществляет два прохода в пасеке (расстояние между проходами 15 м). Ширина грузового волока (проход колесного сортиментоподборщика Роттне F10B) — 4 м, ширина волока в пасеки 15 м Н8 — 2,5 м. Укладка и сортировка сортиментов с проходов в пасеке осуществляется к ближайшему грузовому волоку.

Некоторые результаты тест-драйва (п. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8) успешно внедряются в настоящее время.

Результаты исследований легли в основу стохастической модели оптимизации затрат при планировании технологических процессов лесозаготовок для системы машин «ВСРМ + колесный сортиментоподборщик» разных классов [17].

Повышение эффективности фазы лесозаготовок за счет внедрения вышеуказанных технологий позволит повысить производительность труда на рубках ухода и главного пользования ориентировочно до 15 % (фаза валки и первичной вывозки древесины).

Выводы и рекомендации

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Возможность и эффективность применения специализированной техники и технологии для рубок ухода (малогабаритный ВРСМ «харвестер» снаряженной массой до 9 000 кг, колесная формула 4х4, и колесный сортиментоподборщик «форвардер», грузоподъемность до 10 000 кг) в Северо-Западном федеральном округе.

2. Исключение применения ручного моторного инструмента и отвода («клеймения») на рубках ухода для повышения производительности фазы лесозаготовки данного вида рубок.

3. Внедрение интенсивной модели лесопользования для повышения продуктивности лесных насаждений в Северо-Западном федеральном округе с возможностью масштабирования в других лесных регионах РФ.

4. Применение новых технических средств и технологии для совершенствования технологического процесса лесозаготовительных работ в регионе.

Таким образом, опыт применения лесозаготовительной техники малого класса способствует внедрению интенсивной модели лесопользования в арендной базе предприятий Северо-Западного федерального округа РФ.

Литература

1. Григорьев И.В., Жукова А.И., Григорьева О.И., Иванов А.В Средощадящие технологии разработки лесосек в условиях Северо–Западного региона Российской Федерации: моногр. СПб.: Изд–во ЛТА, 2008. 174 с.

2. Мясищев Д.Г. Особенности малой механизации лесозаготовок за рубежом // Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журнал. 2005. № 6. С. 63–68.

3. Свойкин Ф.В. Обоснование оптимальных технологических процессов лесозаготовок в условиях СЗФО РФ // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка: материалы междунар. науч.-технической конф. молодых ученых и специалистов. СПб., 2012. С. 116–118.

4. Макуев В.А. Критерии формирования парка лесосечных машин // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. 2010. № 1. С. 82–84.

5. Макуев В.А. Новые экономические подходы к формированию парка лесосечных машин // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. 2010. № 2. С. 123–124.

6. Svoykin F. Wälder und Klimawandel – Zusammenlegbare, mobile Holzückanlage // Sprungbrett- Internationale Studierendenkonferenz. Oktober 2012. Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau, Biel, Switzerland, 2012. P. 144–153.

7. Свойкин Ф.В., Фролов И.С., Бачериков И.В., Симоненков М.В. Результаты тест-драйва по проведению рубок ухода в СЗФО РФ. Вологда: ВоГУ, 2014. С. 32–34.

8. Развитие системы устойчивого управления лесными ресурсами на Северо-Западе России: проект. Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии, Исслед. центр, 2004.

9. Зайдель А.Н. Погрешности измерений физических величин. М.: Наука, 1985. 48 с.

10. Руководство для оператора Роттне Н8. Швеция, 2012. 50 с.

11. Руководство для оператора EGS405. Швеция, 2012. 42 с.

12. Руководство для оператора Роттне Н8. Система управления и измерения. Швеция, 2012. 84 с.

13. Руководство пользователя измерительной и калибровочной вилкой Haglof Digitech, Швеция, 2011. 24 с.

14. Свойкин Ф.В., Коваленко Т.В., Вохмянин Н.А. Вопросы учета влияния климатических факторов на организацию транспортно-технологических процессов лесозаготовительного производства. Петрозаводск: ПетрГУ, 2011. С. 15-16.

15. Свойкин Ф.В., Акишин В.С., Григорьев И.В., Комяков А.Н., Макаренко А.В. Беспилотные воздушные комплексы как средство сбора информации для географических информационных систем. Мытищи: Мытищинская типография, 2012. С. 18-21.

16. Макуев В.А., Дац Ф.А., Клубничкин В.Е. Обучение человека–оператора как основная задача управления зарубежной лесозаготовительной техники // Надёжность и качество: тр. междунар. симпозиума. 2010. Т. 2. С. 36–38.

17. Свойкин Ф.В., Бачериков И.В., Бирман А.Р., Соколова В.А. Стохастическая модель оптимизации затрат при планировании технологических процессов лесозаготовок // Системы. Методы. Технологии. 2017. № 4 (36). С. 182-186. DOI: 10.18324/2077-5415-2017-4-182-186.

References

1. Grigoriev I.V., Zhukova A.I., Grigorieva O.I., Ivanov A.V. Sidodadi technology development of cutting areas in the North–West region of the Russian Federation: monograph. SPb.: Lta publishing house, 2008. 174 p.

2. Myasishchev D. G. Features of mechanization of logging abroad / D. G. Myasishchev // IVUZ, Forest magazine. 2005. № 6. P. 63-68.

3. Svoykin F.V. Substantiation of optimum technological processes of logging in terms of the NWFD of the Russian Federation. Modern problems and prospects of sustainable forest management in market conditions: materials of International scientific-technical conference of young scientists and specialists Under the editorship of authors Spbgltu / F. V. Svoykin. SPb: SPbFTU, 2012. P. 116–118.

4. Makeev V.A.Criteria of formation of Park of harvesting machines // Bulletin of Moscow state forest University – Forest Herald. 2010. № 1. P. 82-84.

5. Makeev V.A. New economic approaches to the formation of the Park of harvesting machines // Bulletin of Moscow state forest University – Forest Herald. 2010. № 2. P. 123-124.

6. Svoykin F. Wälder und Klimawandel – Zusammenlegbare, mobile Holzückanlage // Sprungbrett- Internationale Studierendenkonferenz. Oktober 2012, Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau, Biel, Switzerland. 2012. P. 144–153.

7. Svoykin, F.V., Frolov I.S., Bacherikov, I.V., Simonenko F.V. Results test-drive to commercial thinning in the northwestern Federal district of the Russian Federation.. Vologda: VoSTU, 2014. P. 32-34.

8. Rekomendacii po provedeniyu rubok promezhutochnogo pol'zovaniya na Severo-Zapade Rossii. Proekt «Razvitie sistemy ustojchivogo upravleniya lesnymi resursami na Severo-Zapade Rossii». NII lesa Finlyandii. Issledovatel'skij centr Joehnsuu, 2004.

9. Zaydel. Measurement errors of physical quantities. M. Science, 1985. 48 p.

10. Operator's manual Rottne H8. Sweden, 2012, 50 p.

11. Operator's manual EGS405. Sweden, 2012. 42 p.

12. Operator's manual Rottne H8. Control and measurement system. Sweden, 2012. 84 p.

13. Haglof Digitech User Manual. Sweden, 2011. 24 p.

14. Svoykyn F.V., Kovalenko T.V., Vokhmyanin N.A. The accounting impact of climatic factors on the organization of transport-technological process of timber production. Petrozavodsk: PetrSU, 2011. P. 15-16.

15. Svoykin F.V., Akishin V.V., Grigoriev I.V., Komyakov A.N., Makarenko V.A. Unmanned aerial systems as a means of collecting information for a geographic information systems. Mytishchi: Mytishchi printing house, 2012. P. 18-21.

16. Makeev V.A. Datc F.A., Klubnichkin V.E. Training of the human operator as the main task of the control of foreign logging machinery // Proceedings of the international Symposium. Reliability and quality, 2010. Vol. 2. P. 36-38.

17. Svoykin F.V., Bacherikov I.V., Birman A.R., Sokolova V.A. Stochastic model of cost optimization in planning of technological processes of logging / F. V. Svoykin // System. Methods. Technologies. № 4 (36), 2017. P. 182-186.