

Исследование общей эффективности работы лесозаготовительного оборудования

М.В. Коломинова^a, С.А. Король^b, Ю.А. Мордвинов^c

Ухтинский государственный технический университет, ул. Первомайская 13, Ухта, Республика Коми

^amkolominova@ugtu.net, ^bskorol@ugtu.net, ^cura222_09@mail.ru

^a<https://orcid.org/0000-0001-5300-7220>, ^b<https://orcid.org/0000-0002-5015-7693>,

^c<https://orcid.org/0000-0002-2938-1957>

Статья поступила 2.10.2018, принята 4.11.2018

В условиях современности развитие лесозаготовительного комплекса должно базироваться на наукоемких технологических процессах. В представлении авторов работы, технологический процесс лесозаготовок должен включать три взаимосвязанных элемента — технику, технологию и организацию. В процессе углубленного изучения направления подготовки 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» было решено попытаться создать алгоритм контрольно-оценочного средства общей эффективности лесозаготовительного оборудования для получения максимальной экономической выгоды для предприятия. Кроме того, поскольку лес является сложной системой, мы считаем, что в работе также необходимо учесть влияние способов заготовки на окружающую среду, в частности, на почву, подрост и молодую тонкомер. Задача максимального сохранения элементов разрабатываемой лесосеки важна как с экологической, так и с экономической точек зрения, поскольку подразумевает естественное лесовозобновление. Такой вид лесовозобновления сокращает затраты предприятия и ускоряет возможность повторного проведения рубок на данной территории. Исходя из вышесказанного, разрабатываемый алгоритм должен учитывать огромное количество факторов, при этом быть максимально простым в применении. Помимо этого, авторами учитывается, что наука не стоит на месте, и в разработанном алгоритме должна присутствовать возможность редакции с учетом внедрения новых технологий. Данный алгоритм разрабатывается для первичной оценки эффективности принятой технологии в конкретных условиях. По замыслу авторов, он будет показывать данные, максимально приближенные к действительности, что позволит формировать отчеты для обоснования решений, принимаемых в области лесозаготовительных процессов. Этим самым рассчитывается облегчить труд инженеров лесного хозяйства и других сотрудников, занимающихся данной проблематикой. Такой алгоритм позволит руководителю принимать решение о целесообразности и нецелесообразности использования дорогостоящих систем машин.

Ключевые слова: лесозаготовительное оборудование; оценка эффективности; контрольно-оценочные средства; природно-производственные условия.

Research of the overall efficiency of logging equipment

M.V. Kolominova^a, S.A. Korol^b, Yu.A. Mordvinov^c

Ukhta State Technical University; 13, Pervomayskaya St., Ukhta, Republic of Komi, Russia

^amkolominova@ugtu.net, ^bskorol@ugtu.net, ^cura222_09@mail.ru

^a<https://orcid.org/0000-0001-5300-7220>, ^b<https://orcid.org/0000-0002-5015-7693>,

^c<https://orcid.org/0000-0002-2938-1957>

Received 2.10.2018, accepted 4.11.2018

The timber complex should be based on knowledge-intensive processes in the modern development. In the view of the authors of the work, the technological process of logging should include three interrelated elements - technique, technology and organization. In the process of in-depth study of the specialty 35.04.02 «Technology of logging and woodworking industries» it was decided to try to create an algorithm for the monitoring and evaluation tool for the overall efficiency of the harvesting equipment in order to obtain the maximum economic benefit for the enterprise. In addition, we believe that it is to take need to consider the impact of harvesting methods on the environment, since the forest is a complex system, particularly on soil, youth and young toner. The task of maximum preservation of the elements of the developed cutting area is important both for the ecological point and for the economic one since it implies a natural reforestation. This type of reforestation reduces the costs of the enterprise and accelerates the possibility of re-felling in the given territory. Proceeding from the above, the developed algorithm must consider a huge number of factors, while being as simple as possible in application. Additionally, the authors take into account that science moving ahead. Thus, the developed algorithm should include the possibility of editing, which allows the introduction of new technologies. The algorithm is developed for the primary evaluation of the effectiveness of the adopted technology under specific conditions. According to the authors' intention, it will show data that is as close to reality as possible, which will generate reports to justify decisions made in the field of logging processes. By this, it is calculated to facilitate the work of forestry engineers and other staff involved in this issue.

Key words: logging equipment; efficiency assessment; control and evaluation tools; natural and production conditions.

Введение

При изучении научных статей в области лесозаготовительной промышленности, был сделан вывод о недостаточном количестве контрольно-оценочных средств общей эффективности систем лесозаготовительных машин. Это объясняется большим количеством переменных, которые необходимо учесть для получения данных, максимально приближенных к действительности [1].

Поэтому было решено создать алгоритм контрольно-оценочного средства общей эффективности работы лесозаготовительного оборудования для получения максимальной экономической выгоды для предприятия в виде математической модели.

В ходе работы изучен ряд работ отечественных и зарубежных исследователей [2–15], на основании которых был создан алгоритм.

Данный алгоритм разрабатывается для первичной оценки эффективности принятой технологии в конкретных условиях. По замыслу авторов, он будет показывать данные, максимально приближенные к действительности, что позволит формировать отчеты для обоснования решений, принимаемых в области лесозаготовительных процессов. Этим самым рассчитывается облегчить труд инженеров лесного хозяйства и других сотрудников, занимающихся данной проблематикой. Такой алгоритм позволит руководителю принимать решение о целесообразности и нецелесообразности использования дорогостоящих систем машин. На основе этой работы на базе УГТУ создается симулятор, который позволит на практике демонстрировать студентам важнейшие факторы при планировании лесозаготовительного производства. Это сделает обучение специалистов более наглядным.

Помимо прочего, данный алгоритм может использоваться в качестве обучающего средства для студентов направления 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

Для того, чтобы учесть как можно большее количество факторов, необходимо изучить основные технологические схемы и механизмы, применяемые в лесозаготовительном производстве в данный момент, а также их влияние на окружающую среду. Для этого необходимо детально оценить ситуацию, сложившуюся в этом направлении отрасли, как в России, так и за рубежом.

Методика исследований. На текущий момент в Северо-Западном регионе нашей страны используются три вида технологий лесосечных работ, которые отличаются по способу трелевки: деревьями, хлыстами или сортиментами [16].

Каждый из данных технологических процессов лесозаготовок имеет особенности, которые обуславливаются природно-производственными условиями, долей использования ручного труда, системой применяемых машин и механизмов. В зависимости от уровня механизации и применяемой техники, все выявленные технологические процессы лесосечных работ можно разделить на пять групп:

1) *Сортиментная механизированная*: валка деревьев, обрезка сучьев и раскряжевка хлыстов харвестером, трелевка форвардером: сорт. (х+ф).

2) *Сортиментная механизированная*: валка деревьев бензопилой, обрезка сучьев и раскряжевка хлыстов бензопилой, трелевка форвардером: сорт. (б/п+ф).

3) *Хлыстовая механизированная (традиционная)*: валка деревьев бензопилой, обрезка (обрубка) сучьев бензопилой (топором), трелевка чокерным трелевочным трактором: хлыст. (б/п+ТТ).

4) *Деревьями, механизированная*: валка деревьев валочно-пакетирующей машиной, трелевка деревьев скиддером (трелевочный трактор с пачковым захватом): дер. (ВПМ+ТТ).

5) *Деревьями, механизированная*: валка деревьев бензопилой, трелевка деревьев чокерным трелевочным трактором: дер. (б/п+ТТ).

Для оценки эффективности и целесообразности применения той или иной технологической схемы необходимо учитывать ряд особенностей.

Экологические показатели оценки технологических процессов — это повреждения грунтов (глубина колеи, степень уплотнения почвы по следу машин), сохранность подроста, повреждения оставляемых на подрост деревьев и др.

Экономическая эффективность оценивается показателями производительности и величиной затрат.

Самым важным фактором при сравнении схем лесозаготовок в современных условиях будет показатель качества полученных лесоматериалов [17].

Повышенное внимание следует уделять созданию комфортных и безопасных условий труда рабочих на лесосечных работах. Обеспечение этих условий позволит привлечь молодых специалистов к работе на производстве, сделать труд лесозаготовителей более безопасным.

Кроме того, следует учитывать, что при применении скандинавской технологии многооперационной машиной с большой единичной мощностью управляет один оператор. При этом он должен быть достаточно квалифицирован для использования при управлении не только механических, но и электрических и электронных систем. Эти сложные многооперационные машины имеют высокую стоимость, большую массу, весьма ограниченную надежность и крайне сложные системы управления. Соответственно, оператор не имеет возможности самостоятельно устранить неисправность.

Управление многооперационной машиной не сопровождается значительными физическими нагрузками. Однако возрастают нагрузки психологические и умственные, связанные с принятием и реализацией рабочих решений. Оператор многооперационной лесозаготовительной машины за смену выполняет около 15 тыс. координированных движений, но риск получения физической травмы при таком виде деятельности несравнимо меньше, чем при работе с бензиномоторными пилами и чокерным оборудованием. При этом найти квалифицированного оператора, навыки которого будут соответствовать нужному уровню для управления таким

сложным комплексом, весьма затруднительно, в то время как обучить чокеровщика и вальщика теоретически возможно по ходу выполнения работ.

Такое положение вещей делает оператора харвестера или форвардера весьма ценным кадром, при потере которого производство может столкнуться с серьезной проблемой. Соответственно, помимо высоких расходов на приобретение дорогостоящих комплексов машин, нам необходимо будет учесть и повышенную заработную плату таким специалистам.

В качестве показателей безопасности и комфортности условий труда могут быть использованы эргономические показатели, характеризующие тяжесть труда (уровень шума и вибрации, обзорность и т. д.).

Таким образом, оценка эффективности и выбор наиболее приемлемого для конкретных природно-производственных условий технологического процесса должны осуществляться на основе целого ряда показателей: экономических, экологических, эргономических, а также качества получаемых лесоматериалов.

Основными оцениваемыми параметрами выступают сменная и часовая выработка как систем машин, так и отдельных машин и механизмов по основным операциям лесосечных работ:

1. *Выработка на машино-смену по системе машин* ($m^3/\text{смена}$). Принимается по средним сложившимся показателям эксплуатации машин на лесосеке. Рассчитывается как отношение годового объема работ к количеству отработанных машино-смен. Итоговая средняя выработка на машино-смену определяется как средневзвешенная по объемам работ.

2. *Выработка по отдельным машинам и механизмам* ($m^3/\text{смена}$). Определяется как средняя в течение смены по оцениваемым машинам и механизмам с учетом времени на подготовительно-заключительные работы, время отдыха, технические и технологические перерывы.

Расчет эксплуатационных машин будет производиться по следующему алгоритму:

Шаг № 1. Расчет исходных технико-экономических показателей работы машины.

→ Общая оценка возможности применения определенной системы машин с учетом производственных и природных условий (в случае приобретения новой техники), а также объема заготовки древесины предприятием [10].

→ Выбор вариантов отдельных машин либо систем машин и их сопоставление для определения экономической эффективности. Возможно как сопоставление существующего и нового варианта, так и просто сравнение новых вариантов.

→ Расчет затрат на приобретение вариантов новой техники.

→ Производство расчета эффективного времени работы машин.

→ Определение производительности работы существующей системы машин и новой техники либо вариантов новой техники за смену, за год и за машино-час.

Шаг № 2. Расчет затрат на эксплуатацию техники, сравнение вариантов, выбор оптимальной системы машин.

→ Расчет затрат на производство продукции. Калькуляция затрат на один машино-час, одну машиносмену, на годовой объем.

→ Сбор и сведение фактических затрат на работу базового варианта работы (если таковой имеется). Определение видов затрат.

→ Калькуляция расходов на производство в предлагаемых вариантах техники [18].

Шаг № 3. Соотнесение затрат по различным вариантам моделей машин или технологиям.

→ Анализ полученных данных, проведенный по факторно.

→ Создание на его основе максимально простого и универсального алгоритма расчета.

Главной задачей проведенной работы будет сравнение не отдельных рабочих мест, а различных вариантов технологий лесозаготовок и систем машин. В составе каждой технологии будут использоваться свои типы машин, инструмента, рабочих операций и т. д.

Сравнение двух различных машин или двух рабочих мест не составляет затруднения. Для этого достаточно сопоставить значения интегральной тяжести труда, рассчитанной для этих двух рабочих мест.

Задача осложняется тем, что необходимо будет решить, какая из двух систем машин лучше с точки зрения эргономики и безопасности. Здесь необходимо выбрать такой критерий, который бы позволил свести несколько значений интегральной тяжести труда к одной обобщенной величине.

Для решения этой задачи возможно использование критерия Вальда, в соответствии с которым лучшей считается система машин, в которой наибольшая тяжесть труда из всех видов работ в этой системе окажется меньше.

Другими словами, при сравнении двух систем машин сначала в каждой из них определяются рабочие места с наибольшим значением интегральной тяжести труда. Если в составе технологии или системы машин есть хотя бы одно рабочее место с экстремальными или сверхэкстремальными условиями труда, она не может считаться совершенной с точки зрения эргономики [19].

Еще один важный показатель, который грамотный специалист не имеет право игнорировать, это так называемая экологическая эффективность. Этот термин целесообразно использовать для оценки взаимодействия и экологической совместимости лесных машин с окружающей средой.

Для оценки влияния машин на окружающую среду необходимо проектировать взаимодействие системы «лесная машина – технология – среда».

Методика расчета заключается в создании алгоритма, который позволит производить первичные расчеты лесозаготовительного производства [20].

Сначала необходимо выбрать технику и ввести в соответствующие поля необходимые данные (табл. 1).

Далее следует расчет капитальных затрат, расхода ГСМ и прочих расходов (табл. 2 и 3). На основе этих данных проводится вычисление норм за смену и выводятся соответствующие рекомендации по количеству техники. Результаты расчетов сведены в табл. 4.

Таблица 1

Исходные данные

Харвестер Ponsse		
Мощность двигателя	кВт	180
Удельный расход ГСМ	г/кВт*ч	218
Расход топлива по технической характеристике	л в час	19,62
Скорость перемещения машины	м/с	0,7
Время цикла	с	50
Форвардер Ponsse		
Мощность двигателя	кВт	160
Удельный расход ГСМ	г/кВт*ч	218
Расход топлива по технической характеристике	л в час	17,44
Скорость перемещения машины	м/с	0,7
Время цикла	с	45
Подъемный момент	кН·м	160
К зависимости грузоподъемности от вылета манипулятора		0,07
Среднее значение плотности древесины	кг/м ³	880
Ускорение свободного падения	кг·м/с ²	9,81

Таблица 2

Капитальные затраты

Марка машин	Единицы измерения	Расчетная стоимость, тыс. р.	Норма амортизации
ТЛТ-100	т.р.	3 500	29,2
ТТ-4М	т.р.	3 500	29,2
«Онежец-350»	т.р.	10 000	83,3
ЛП-18К	т.р.	7 000	58,3
ЛТ-230	т.р.	8 000	66,7
«Онежец-330»	т.р.	7 500	62,5
МЛ-135	т.р.	10 000	83,3
ЛП-60-01А	т.р.	11 000	91,7
ЛП-30Г	т.р.	7 000	58,3
ЛП-33Б	т.р.	6 500	54,2
«Урал 2ТЭ»	т.р.	15	от выработки
Husqvarna 445e II	т.р.	19	от выработки
Husqvarna 450e II	т.р.	20	от выработки
ЗУБР ПБЦ – 560 45	т.р.	12	от выработки
Харвестер PonsseBeaver	т.р.	30 000	250
Форвардер PonsseBuffalo	т.р.	25 000	208,3
ЛТ-189М	т.р.	10 000	83,3
ЛО-120	т.р.	9 000	75

Таблица 3

ГСМ и прочие расходы

Марка машины	Эксплуатационные затраты всего, р./смена	В том числе							Расход ГСМ по технической характеристике
		Основная и дополнительная зарплата основных рабочих, р./смена	Затраты по содержанию техники, р./смена	В том числе					
				Основная и дополнительная зарплата вспомогательных рабочих	Амортизационные отчисления	Текущий ремонт	ГСМ	Прочие затраты	
ТЛТ-100	6 046,8	3 032,4	3 014,4	165,1	48,6	143,5	2 521,5	135,7	2 258,5
ТТ-4М	6 721,6	3 032,4	3 689,2	165,6	48,6	189,4	3 117,8	167,8	3 191,6
ОТЗ-350	6 504,3	2 128,0	4 376,3	149,6	396,8	221,9	3 406,6	201,3	2 741,3
ЛП-18К	6 562,4	2 128,0	4 434,4	228,7	194,4	370,2	3 440,8	200,3	3 191,6
ЛТ-230	7 035,9	2 128,0	4 907,9	127,8	254,0	180,1	4 118,4	227,6	2 741,3
ОТЗ-330	6 913,1	2 128,0	4 785,1	168,1	223,2	273,4	3 900,5	219,9	2 741,3
МЛ-135	5 204,8	2 128,0	3 076,8	316,6	396,8	876,6	1 355,4	131,4	3 208,418

Таблица 4

Результаты расчетов

Марка машины	Сменная производительность, м ³ /смена	Межотраслевые нормы выработки, м ³ /смена	Результат по наблюдениям, м ³ /смена
ТЛТ-100	65,36	67,00	–
ТТ-4М	75,00	85,00	–
ЛП-18К	65,59	85,00	–
ЛТ-230	85,50	130,00	–
ОТЗ-330	74,96	104,00	–
ОТЗ-350	73,28	104,00	–
ЛТ-189М	76,00	104,00	–
Ponsse Beaver	124,36	120,00	122,00
Ponsse Buffalo	102,75	100,00	101,00
МЛ-135	58,63	103,00	–
ЛП-60-01А	60,06	103,00	–
ЛП-30Г	74,62	110,00	–
ЛП-33Б	74,62	130,00	–
ЛО-120С	78,17	140,00	–
«Урал-2ТЭ»	23,52	121,00	27,00
Husqvarna 445 Е II	32,19	121,00	30,00
Husqvarna 450 Е II	32,19	121,00	30,00
«Урал-2ТЭ»	16,41	50,00	20,00
«Урал-2ТЭ»	22,56	54,00	25,00
Husqvarna 445 Е II	25,53	54,00	32,00
Husqvarna 445 Е II	20,16	50,00	30,00
Husqvarna 450 Е II	25,53	54,00	32,00
Husqvarna 450 Е II	20,16	50,00	30,00
Husqvarna 450 Е II	22,58	35,00	25,00
Husqvarna 445 Е II	22,58	35,00	25,00
«Зубр»	19,95	35,00	20,00

Результаты исследований. В качестве демонстрации конечного результата на рис. 1 приводятся графики, созданные на основе данных, полученных в результате расчета сменной производительности по формулам (синяя линия 1), данных по межотрасле-

вым нормам выработки (красная линия 2) и данным с предприятия (зеленая линия 3).

На рис. 2 демонстрируется фрагмент таблицы отчета, в которой содержатся рекомендации по количеству машин, демонстрируются удельные затраты по сезонам, а также необходимое количество машин.

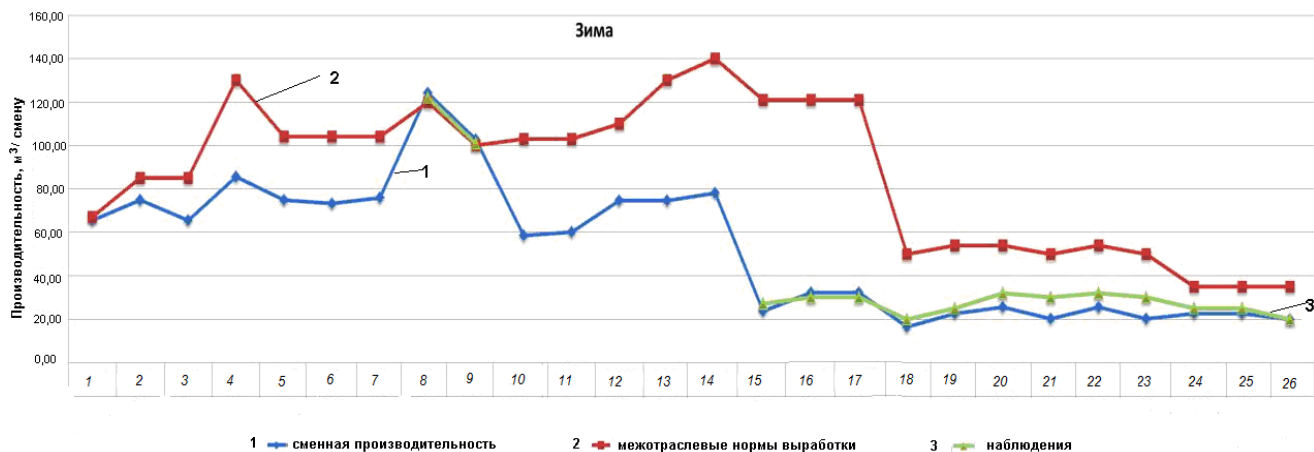


Рис. 1. Графики производительности

Дарант (система машин)					Год. объем заготовки, м ³	в т.ч.		Уд. приводе затрат, руб/м ³	в т.ч.	
валка	обрезка сучьев	раскряжевка	пакетирование	Треловка подвозка		лето	зима		лето	зима
БМП Урал 2ТЭ	БМП ЗУБР	БМП Урал 2ТЭ на верхнем складе	Онежец-350	Онежец-350	100	40	60	72,9	56,3	84,0
БМП Урал 2ТЭ	БМП ЗУБР	БМП Урал 2ТЭ на верхнем складе	ЛП-18К	ЛП-18К	100	40	60	91,3	75,1	102,1
БМП 450F II	БМП 450F II	БМП 450E II на верхнем складе	Форвардер Руссе Buffalo	Форвардер Руссе Buffalo	100	40	60	78,2	66,2	86,3
БМП 446E II	БМП 446E II	БМП 446E II на верхнем складе	Онежец 330	Онежец 330	100	40	60	89,0	79,1	96,6
БМП 445C II	БМП ЗУБР	БМП 445E II на верхнем складе	Чокеровщик	ТЛТ-100	100	40	60	06,9	77,6	93,1
БМП 450F II	БМП 450F II	БМП 450E II на верхнем складе	Чокеровщик	ТТ-4М	100	40	60	82,1	67,2	92,0
МП-135	ЛП-30Г	БМП Урал 2ТЭ на верхнем складе	Онежец-300	Онежец-300	100	40	60	215,9	164,0	250,5

марка	необход.		марка	необход.		марка	необход.		марка	необход.	
	лето	зима		лето	зима		лето	зима		лето	зима
БМП Урал 2ТЭ	16,6	19,6	БМП ЗУБР	20,1	23,1	БМП Урал 2ТЭ	16,9	20,8	Онежец-350	4,5	6,3
БМП Урал 2ТЭ	16,6	14,3	БМП ЗУБР	20,1	23,1	БМП Урал 2ТЭ	16,9	20,8	ЛП-18К	6,7	7,0
БМП 450F II	6,5	6,7	БМП 450F II	7,1	9,5	БМП 450F II	6,6	8,4	Форвардер Руссе Buffalo	1,5	2,1
БМП 446E II	6,5	6,7	БМП 446E II	7,1	9,6	БМП 446E II	6,6	8,4	Онежец-330	4,5	6,3
БМП 445E II	6,5	6,7	БМП ЗУБР	25,1	18,5	БМП 445E II	6,6	8,4	ТЛТ-100	6,4	7,1
БМП 450E II	6,5	6,7	БМП 450E II	7,1	9,5	БМП 450E II	6,6	8,4	ТТ-4М	5,0	6,2
ЛП-15А	6,4	7,9	ЛП-30Г	5,0	6,2	БМП Урал 2ТЭ	16,9	20,8	Онежец-330	4,5	6,3

Рис. 2. Фрагмент таблицы-отчета

На данный момент алгоритм можно использовать в качестве первичного оценочного средства при планировании нового предприятия или для ведения документации на уже существующем производстве. Алгоритм также пригоден для наглядной демонстрации влияния различных факторов на производство при обучении студентов по направлению подготовки 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

Завершающим этапом работы будет попытка создания математической модели, которая может стать одним из контрольно-оценочных средств общей эффективности работы лесозаготовительного оборудования. Такое оценочное средство позволит облегчить выбор системы машин для необходимых условий и экономически обосновать выбор. Кроме того, такой алгоритм облегчит ведение документации на предприятии. В дальнейшем модель будет совершенствоваться и позволит учитывать также эргономические и экологические показатели. На основе этой программы планируется создание симулятора для обучения студентов по направлению подготовки 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», что и является основной целью на данном этапе работы.

В ходе работы авторы сделали попытку создания универсального контрольно-оценочного средства для оценки общей эффективности работы лесозаготовительного оборудования.

В дальнейшем модель будет совершенствоваться и позволит расширить ряд учитываемых показателей, влияющих на эффективность систем лесозаготовительных машин.

Литература

1. Ананьев В.А., Лейнонен Т., Грабовик С.И. Результаты исследования современных технологий несплошных рубок в лесах Карелии // Материалы междунар. конф. «Северная Европа в XXI веке: природа, культура, экономика». Петрозаводск, 2006. С. 37-39.
2. Герасимов Ю., Соколов А. Информационная система для решения задачи логистики лесоматериалов // Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-технической конф. «Лес-2008». Брянск, 2008. Вып. 21. С. 180-183.
3. Гольцев В., Толонен Т., Сюнев В., Далин Б., Герасимов Ю., Карвинен С. Лесозаготовки и логистика в России – в фокусе научные исследования и бизнес-возможности // Тр. НИИ леса Финляндии. Хельсинки, 2012. Вып. 221. 159 с.
4. Пытьев Ю.П. Вероятность, возможность и субъективное моделирование в научных исследованиях. Математические и эмпирические основы, приложения. М.: Физматлит, 2017. 256 с.
5. Сюнев В., Соколов А., Коновалов А., Катаров В., Селиверстов А., Герасимов Ю., С. Карвинен С., Вяльккю Э. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия. Йоэнсуу: НИИ Леса Финляндии, 2008. 126 с.
6. Ширнин Ю.А., Роженцова Н.И. Моделирование процедуры выбора технологий рубок леса с использованием ГИС // Вестн. МарГТУ. 2007. № 1. С. 40-49.
7. Ширнин Ю.А., Роженцова Н.И., Хлостов В.К. Оптимизация рубок промежуточного пользования // Лесной журнал. 2008. № 3. С. 13-18.

8. Karjalainen T., Toppinen A. Russia rising export duties of roundwood. EFI-News 2/2007. P. 12-13.

9. Toppinen A., Mutanen A., Viitanen J., Karjalainen T. Venäjän metsäsektori muutoksessa // Puu ja Paperi. 2006. Vol. 88, № 7. P. 384-386.

10. Karjalainen T., Mutanen A., Tornainen T., Viitanen J. Venäjän metsäsektorin muutokset ja haasteet // Metsäsektorin suhdannekatsaus 2005–2006. Metsäntutkimuslaitos, Vantaa. P. 58-61.

11. Goltsev V. Analysis of experimental thinning management options in the Taiga Model Forest area // Final thesis of MSc in European forestry. University of Joensuu, Faculty of Forestry. 2005. 67 p.

12. Väätäinen K., Lappalainen M., Asikainen A., Anttila P. Kohti kustannustehokkaampaa puunkorjuuta – puunkorjuuyrittäjien ajatuksien toimintamallien simulointi // Metlan työraportteja. 2008. № 73. P. 52.

13. Karvinen S., Väliky E., Tornainen T., Gerasimov, Y., Dobrovolsky A. Northwest Russian Forest Sector in a Nutshell. Metla, 2011. 147 p.

14. Karha K., Keskinen S., Liikkanen R., Lindroos J. Kokopuun korjuu nuorista metsistä // Metsätalon raportti 193. 2006. № 193. P. 85.

15. Sanderson M., Santini M., Valentini R., Pope E. Relationships between forests and weather EC Directorate General of the Environment 13th January 2012. 192 p.

16. Заготовка древесины по сортиментной технологии: рекомендации по расчету затрат. НИИ леса Финляндии. Йоэнсуу, 2004. 16 с.

17. Ширнин Ю.А. Теория переместительных операций на лесозаготовках. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. 204 с.

18. Безгина Ю.Н., Уразова А.Ф. Технология и машины лесосечных работ. Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. 18 с.

19. Король С.А., Дербин В.М., Дербин М.В., Чернышов Е.А. Технология и оборудование лесосечных работ. Ухта: УГТУ, 2014. 64 с.

20. Мордвинов Ю.А. Создание контрольно-оценочных средств общей эффективности работы лесозаготовительного оборудования // Материалы XVIII междунар. молодежной науч. конф. «Севергеоэко-2017» 12-14 апр. 2017 г. Ухта: УГТУ, 2018. Ч. 5. С. 66-70.

References

1. Anan'ev V.A., Lejnonen T., Grabovik S.I. Results of the research of modern technologies of non-continuous felling in the forests of Karelia // Materialy mezhdunar. konf. «Severnaya Evropa v XXI veke: priroda, kul'tura, ehkonomika». Petrozavodsk, 2006. P. 37-39.
2. Gerasimov YU., Sokolov A. Information system for solving the problem of timber logistics // Sb. nauch. tr. po itogam mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoy konf. «Les-2008». Bryansk, 2008. Vyp. 21. P. 180-183.
3. Gol'cev V., Tolonen T., Syunev V., Dalin B., Gerasimov YU., Karvinen S. Logging and logistics in Russia - in the focus of research and business opportunities // Tr. NII lesa Finlyandii. Hel'sinki, 2012. Vyp. 221. 159 p.
4. Pyt'ev YU.P. The Likelihood or possibility and subjective modeling in scientific research. Mathematical and empirical foundations, and applications. M.: Fizmatlit, 2017. 256 p.
5. Syunev V., Sokolov A., Konovalov A., Katarov V., Seli-verstov A., Gerasimov YU., S. Karvinen S. A comparison of the technology of logging operations the logging companies of the Republic of Karelia Vyal'kkyu Eh. Joehnsuu: NII Lesa Finlyandii, 2008. 126 p.
6. Shirnin YU.A., Rozhencova N.I. Modeling procedure of a choice of technologies of forest logging GIS // Vestnik of Mari State Technical University. 2007. № 1. P. 40-49.

7. Shirnin YU.A., Rozhencova N.I., Hlyustov V.K. Optimization of intermediate felling // Forest Journal. 2008. № 3. P. 13-18.
8. Karjalainen T., Toppinen A. Russia rising export duties of roundwood. EFI-News 2/2007. P. 12-13.
9. Toppinen A., Mutanen A., Viitanen J., Karjalainen T. Venäjän metsäsektori muutoksessa // Puu ja Paperi. 2006. Vol. 88, № 7. P. 384-386.
10. Karjalainen T., Mutanen A., Torniainen T., Viitanen J. Venäjän metsäsektorin muutokset ja haasteet // Metsäsektorin suhdannekatsaus 2005-2006. Metsäntutkimuslaitos, Vantaa. P. 58-61.
11. Goltsev V. Analysis of experimental thinning management options in the Taiga Model Forest area // Final thesis of MSc in European forestry. University of Joensuu, Faculty of Forestry. 2005. 67 p.
12. Väättäin K., Lappalainen M., Asikainen A., Anttila P. Kohti kustannustehokkaampaa puunkorjuuta - puunkorjuuyrittäjien toimintamallien simulointi // Metlan työraportteja. 2008. № 73. P. 52.
13. Karvinen S., Väliky E., Torniainen T., Gerasimov, Y., Dobrovolsky A. Northwest Russian Forest Sector in a Nutshell. Metla, 2011. 147 p.
14. Karha K., Keskinen S., Liikkanen R., Lindroos J. Kokopuun korjuu nuorista metsistä // Metsätieteiden raportti 193. 2006. № 193. P. 85.
15. Sanderson M., Santini M., Valentini R., Pope E. Relationships between forests and weather EC Directorate General of the Environment 13th January 2012. 192 p.
16. Timber harvesting in the assortment technology: Recommendations for the calculation of the cost. NII lesa Finlyandii. Joensuu, 2004. 16 p.
17. Shirnin YU.A. Theory of commutative operations in logging. Joshkar-Ola: PGU, 2014. 204 p.
18. Bezgina YU.N., Urazova A.F. Technology and machines of cutting works. Ekaterinburg: UGLTU, 2015. 18 p.
19. Korol' S.A., Derbin V.M., Derbin M.V., Chernyshov E.A. Technology and equipment of logging operations. Uhta: UGTU, 2014. 64 p.
20. Mordvinov YU.A. Establish a monitoring and evaluation means the overall performance of logging equipment // Materialy XVIII mezhdunar. molodezhnoj nauch. konf. «Severgeohkotekh-2017» 12-14 apr. 2017 g. Uhta: UGTU, 2018. Ch. 5. P. 66-70.

УДК 674-419.32

DOI: 10.18324/2077-5415-2018-4-125-131

Обоснование режимов склеивания шпона при производстве фанеры, изготовленной с применением модифицированной фенолоформальдегидной смолы

Е.Г. Соколова

Санкт-Петербургский лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер. 5, Санкт-Петербург, Россия
nikitinaek@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9698-9321>
Статья поступила 28.09.2018, принята 30.10.2018

Повышение производительности труда при изготовлении фанеры, ее конкурентного преимущества по сравнению с другими материалами способствует дальнейшему расширению областей применения этого товара. Основными задачами фанерного производства являются улучшение качества продукции, снижение ее токсичности, материало-, энерго- и трудоемкости. Применение эффективных модификаторов и отвердителей фенолоформальдегидной смолы позволяет решить поставленные вопросы. Меламинокарбаминоформальдегидная смола, применяемая как модификатор фенолоформальдегидной смолы, способна повысить технологические и эксплуатационные свойства фанеры марки ФСФ. Проведенные исследования позволили установить параметры процесса подпрессовки и прессования фанеры разной толщины с использованием фенолоформальдегидного клея, модифицированного меламинокарбаминоформальдегидной смолой. Графоаналитически получено время прессования модифицированной клеевой композицией фанеры разной толщины. Достигнуто среднее 25%-ное снижение времени прессования полученным клеем в сравнении с временем прессования на фенолоформальдегидной смоле. Обосновано требуемое время прессования при максимальном давлении и давление на втором этапе прессования, которые обеспечивают необходимую прочность и меньшую упрессовку фанеры. Получены показатели упрессовки для разнотолщинных пакетов шпона. Удалось снизить значения упрессовки фанеры на 45 %. Приведены условия процесса прессования, показатели упрессовки, прочности и токсичности всех рассматриваемых толщин фанеры, повышенной водостойкости. Установлено, что благодаря применению обоснованных режимов прессования фанеры, изготовленной с использованием модифицированного фенолоформальдегидного клея, возможно увеличение эффективности процесса изготовления фанеры и снижение расхода сырья на ее производство. Применение клеевого состава и условий пьезотермической обработки фанеры имеет положительный суммарный эффект и является экономически целесообразным.

Ключевые слова: модификация; клеевой состав; феноло- и меламинокарбаминоформальдегидная смолы; фанера; режим склеивания; прочность склеивания.