

## ЭРГОНОМИКА ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН\*

А.П. Соколов<sup>1</sup>, А. А. Селивёрстов<sup>1</sup>, Ю.Ю. Герасимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина 33, Петрозаводск, Россия. E-mail: a\_sokolov@petsru.ru; alexander@petsru.ru.

<sup>2</sup>НИИ леса Финляндии, П.Я. 68, Йёнсуу, Финляндия. E-mail: yuri.gerasimov@metla.fi

Статья поступила 01.12.2011, принята 20.12.2012, опубликована 28.12.2012

На основе рассчитанных значений показателя интегральной тяжести труда для отдельных лесозаготовительных машин с использованием критерия Ходжа-Лемана были сравнены 14 лесозаготовительных систем, применяемых в настоящее время. В соответствии с результатами механизированные лесозаготовительные системы «харвестер + форвардер» и «валочно-пакетирующая машина + колесный трелевочный трактор с захватом» обеспечивают лучшие условия труда. Механизированные лесозаготовительные системы «мотопила+форвардер» и комбинация импортной валочно-пакетирующей машины с российским чокерным трелевочным трактором оказались на втором месте. Традиционный российский метод хлыстовой заготовки с применением мотопил и чокерных трелевочных тракторов различных модификаций продемонстрировал наихудшие результаты по эргономике, сложности и безопасности труда. При использовании частично механизированных систем заготовки древесины использование чокерных трелевочных тракторов должно быть ограничено, насколько это возможно, так как эти машины в целом не отвечают современным требованиям к эргономике. Результаты измерений, полученных в ходе полевых работ, могут быть полезными для оценки эргономических характеристик отдельных машин в рамках похожих лесозаготовительных методов и систем. Механизированные сортиментные системы с использованием новейших моделей машин John Deere и Volvo заняли лидирующее положение по комфортности рабочих условий. Для других машин, применяемых в сортиментной заготовке древесины, полученные результаты были почти одинаковы, каждая из этих машин была оценена как относительно дискомфортная с точки зрения эргономики. Сравнительно низкие оценки получили форвардер Valmet 840.3 и валочно-пакетирующая машина Timberjack 850. За этими машинами следовали получившие гораздо худшие оценки трелевочные трактора Timberjack 460D и ТЛТ-100. Эти машины показали близкие значения интегральной тяжести труда и характеризовались экстремальными рабочими условиями. Условия работы операторов трелевочных тракторов ТДТ-55А совершенно не приемлемы по современным требованиям эргономики.

*Ключевые слова:* харвестер, форвардер, валочно-пакетирующая машина, скиддер, трелевочный трактор

## ERGONOMIC EVALUATION OF WOOD HARVESTING MACHINES

A.P. Sokolov<sup>1</sup>, A.A. Seliverstov<sup>1</sup>, Y.Y. Gerasimov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Petrozavodsk State University, Lenin av. 33, Petrozavodsk, Russia. E-mail: alexander@petsru.ru; a\_sokolov@petsru.ru; alexander@petsru.ru.

<sup>2</sup>Finnish Forest Research Institute, P.O. Box 68, Joensuu, Finland. E-mail: yuri.gerasimov@metla.fi.

Received: 1 December 2012 / Accepted: 20 December 2012 / Published: 28 December 2012

Recently, special attention has been paid to comfortable and safe working conditions in felling operations. This will make harvesting work more attractive to the youth and employment in a harvesting company more desirable. Fourteen wood harvesting systems, applicable currently, were compared based on the obtained total average work severity rate of the single harvesting equipment using the Hodges–Lemann criterion. According to the findings, fully mechanized cut-to-length (CTL) harvesting performed with the “harvester + forwarder” technology and full-tree harvesting with the “feller buncher + wheeled grapple skidder” seemed to provide the best working conditions. The motor-manual CTL harvesting with “chainsaw + forwarder” and the combination of overseas feller bunchers and Russian cable skidders were in second place providing “uncomfortable” working conditions. Traditional Russian tree-length harvesting that employs chainsaw and cable skidders and its various modifications had the worst results in terms of ergonomics, work severity, and occupational safety. Thus, when a motor-manual harvesting system is employed, the use of cable skidders should be as limited as possible, because, on the whole, they do not comply with present ergonomics requirements. The results of the measurements obtained on forestry harvesting works may be helpful in the evaluation of ergonomics performance for single machinery within similar harvesting methods and systems. The fully-mechanized CTL harvesting systems based on the latest John Deere and Volvo machines held

\* В статье представлены результаты исследования, опубликованного ранее в отчете по международному проекту «Лесозаготовки и логистика» [1].

the leading position with “comfortable” conditions. For other machines used in CTL harvesting, the results were almost similar; each of these machines was assessed as “relatively uncomfortable”. The Valmet 840.3 had somewhat lower results together with the Timberjack 850 feller buncher. These were followed by the significantly worse Timberjack 460D skidder and Russian TLT-100 skidder. They had similar work severity rates and as such these were assigned to the “extreme” working condition category. The working conditions of the TDT-55A skidder, choker setting, and chainsaw turned out to be unacceptable with regard to current requirements.

*Keywords:* harvester; forwarder; feller buncher; sawlog; feller buncher; wheeled grapple skidder; tracked cable skidder

## Введение

В России лесосечные работы долгое время ассоциировались с высоким риском несчастных случаев на рабочем месте, что было вызвано низким уровнем механизации. Количество несчастных случаев с летальным исходом оценивалось в 1,4 смерти на 1 млн м<sup>3</sup> заготовленной древесины [2]. В настоящее время особое внимание уделяется безопасности и улучшению условий труда на лесозаготовках, как части социальной ответственности компаний. Более того, комфортные условия труда могут сделать работу в лесозаготовительной отрасли более привлекательной и популярной для молодежи [3,4].

Эргономика лесосечных работ является одним из критических факторов, влияющих на развитие лесозаготовок в России, поэтому основной целью данного исследования было сравнение эргономических характеристик лесозаготовительной техники и разработка конкретных предложений по улучшению условий труда.

## Данные и методы

Существует необходимость в разработке и применении универсального метода оценки эргономических характеристик лесозаготовительных операций и выбора технологии заготовки, наиболее подходящей для условий России. Авторами данной работы было выполнено всестороннее исследование эффективности технологий лесозаготовок, используемых в настоящее время в России. Республика Карелия была выбрана для проведения этого исследования, потому что этот регион представляет собой пример использования широкого спектра лесозаготовительного оборудования и технологий в различных условиях, типичных для Северо-Запада России. Исследование было выполнено в 2007-2009 годах и охватывало 15 лесозаготовительных компаний, на которые приходилось около 40% от общего объема заготовки в Карелии. Выбранные компании проводили заготовку древесины на всей территории Республики Карелия (Рис. 1) в различных природно-производственных условиях, используя как российские, так и импортные лесные машины, и следующие варианты лесозаготовительных технологий:

- МСМ (ХР+ФР) – механизированный сортиментный метод: валка деревьев, обрезка сучьев и раскряжевка харвестером, транспортировка древесины к дороге форвардером;
- МЗД (ВПМ+ТТЗ) – механизированная заготовка деревьями: валка деревьев валочно-пакетирующей машиной; транспортировка древесины к дороге трелевочным трактором с захватом;
- ЧСМ (МП+ФР) – механизированный сортиментный метод: валка деревьев, обрезка сучьев и раскряжевка мотопилами, транспортировка древесины к дороге форвардером;
- ХМ (МП+ЧТМ) – механизированный хлыстовый (традиционный) метод: валка деревьев мотопилами; обрубка сучьев топорами/мотопилами, транспортировка древесины к дороге чокерным трелевочным трактором;
- ЧЗД (МП+ЧТМ+СМ) – механизированная заготовка деревьями: валка деревьев мотопилами; транспортировка древесины к дороге чокерным трелевочным трактором, обрезка сучьев сучкорезной машиной.

Сбор и обработка данных проходили в соответствии с общепринятым подходом. Различные параметры, влияющие на эргономику и условия труда, были измерены прямо на рабочем месте в фактических рабочих условиях. Затем полученные результаты были сравнены

с действующими нормативами и стандартами, чтобы установить степень соответствия измеренных параметров установленным нормативным значениям. Полученные оценки степени соответствия всех замеренных параметров были сведены к одному индикатору – так называемому показателю интегральной тяжести труда. Этот показатель дает возможность выполнять прямое сравнение условий труда на различных рабочих местах. В зависимости от значения этого показателя, условия труда были охарактеризованы как комфортные, относительно дискомфортные, экстремальные и сверхэкстремальные.

### Сбор и обработка полевых данных

Полевые исследования были выполнены на 23 лесосеках, расположение которых показано на рис. 1 [1,5].



Рис. 1. Карта мест полевых исследований.

Всего в ходе полевых исследований было изучено 25 лесозаготовительных машин 13 моделей (харвестеры, форвардеры, валочно-пакетирующие машины, чокерные трелевочные трактора и трелевочные трактора с захватом) (таблица 1).

**Таблица 1. Список изученных машин.**

Технология	Тип машины	Модель	Число
Сортиментная	Харвестер	John Deere 1070D	2
	Харвестер	Volvo EC210BLC	1
	Харвестер	Valmet 901.3	1
	Харвестер	Valmet 911.3	1
	Форвардер	Timberjack 1010D	3
	Форвардер	John Deere 1110D	3
	Форвардер	John Deere 1410D	2
	Форвардер	Valmet 840.3	1
Деревьями	Валочно-пакетирующая машина	Timberjack 850	1
	Трелевочный трактор с захватом	Timberjack 460D	3
Хлыстовая и деревьями	Чокерный трелевочный трактор	ТДТ-55А	3
	Чокерный трелевочный трактор	ТЛТ-100	2

Всего в ходе полевых исследований было замерено более чем 120 параметров характеризующих эргономику и представленных в российских и шведских эргономических стандартах, включая:

- Геометрические характеристики, такие как размерные параметры кабины, комфортность сидения и его расположение в кабине, расположение органов управления и положение тела оператора были замерены с помощью линеек, измерительных лент и угломеров. Измерения каждого из параметров были усреднены.
- Усилия на органах управления были замерены с помощью лабораторного динамометра, 5 измерений каждого из параметров были усреднены.
- Характеристики шума и вибраций, действующих на оператора, были замерены отдельно для всех операций рабочего цикла с помощью виброметра и шумомера. Было сделано 20 измерений для каждой из операций рабочего цикла, их значения были усреднены и взвешены соответственно долям операций в общем рабочем цикле.
- Степень очистки ветрового стекла была оценена с использованием фотосъемки.

Другим важным фактором, влияющим на общую комфортность работы на машине, является средняя доля времени, в течение которого оператор вынужден находиться в неудобных позах тела.

Рабочий цикл был проанализирован в соответствии с монографией [6] и оценен с помощью нормированных показателей стереотипности и логической сложности.

## Соответствие действующим стандартам и наставлениям

Соответствие эргономических характеристик действующим стандартам и нормативам было определено согласно работе Фрумкина и др. [6].

Нижеприведенные источники эргономических стандартов и наставлений, которые были приняты во внимание:

- Государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р 51863-2002, ГОСТ 12.2.102-89, ГОСТ 12.1.012-90, ГОСТ 12.1.003-83, ГОСТ 12.2.120-88) [7-13];
- Эргономические наставления ВНИИТЭ [14];
- Эргономические наставления Шведского национального института труда, Научно-исследовательского института лесного хозяйства Швеции и Шведского университета сельскохозяйственных наук [15];

- Исследования по эргономике Пескова [16] и Фрумкина *и др.* [6].

В случаях, когда могли быть использованы разные требования к эргономическим характеристикам, приоритет получали государственные стандарты Российской Федерации.

## Характеристики условий труда

Эргономические характеристики были объединены в следующие группы:

- Расположение и ход органов управления.
- Усилия, необходимые для использования органов управления.
- Рабочая поза оператора.
- Сидение оператора.
- Кабина и положение сидения в кабине.
- Повторяемость и логическая сложность работы.
- Обзор в рабочем направлении и в направлении движения и степень очистки остекления кабины.
- Шум.
- Вибрация.

Оценка эргономичности машины по эргономическим группам проводилась с использованием представленной ниже формулы для расчета интегрального показателя:

$$p = \sum_{i=1}^m V_i \cdot \alpha_i, \quad (1)$$

где:

$V_i$  – степень соответствия  $i$ -нормативу;

$\alpha_i$  – вес  $i$ -норматива в  $m$ -нормативах эргономической группы.

Каждый из интегральных показателей может принимать значения от 0 до 1. Чем выше значение, тем лучше эргономика машины по данной группе параметров. Таким образом, используя конкретные эргономические требования можно оценивать разные машины.

Полная оценка эргономичности машин была выполнена с помощью показателя интегральной тяжести труда [6]. Интегральная тяжесть труда принимает значения от 0 до 6. При этом, чем выше значение, тем тяжелее условия труда. Таким образом, можно сравнивать разные машины по данному обобщенному эргономическому критерию.

## Результаты

### Машины для сортиментного метода

#### Харвестеры

Наблюдения за рабочим циклом харвестеров, видеозаписи, и хронометрические наблюдения показали, как распределяется рабочий цикл харвестера по элементам, важным с точки зрения эргономики: 55% времени приходится на обработку стволов (обрезка сучьев и раскряжевка), 16% – валка деревьев, 4% – передвижение (движение машины к новой позиции) и 27% – холостой ход.

С точки зрения удобства рабочей позы оператора, харвестер – комфортная машина. Операторы харвестеров Valmet и Volvo в типичных условиях почти все время находятся в удобных позах тела, так как эти модели харвестеров имеют поворачивающиеся кабины, и операторы всегда могут наблюдать за рабочим процессом смотря прямо вперед без необходимости значительно поворачивать голову. В харвестерах John Deere, которые не оборудованы поворачивающимися кабинами, операторы проводят около 8% времени в неудобном положении. В данном случае неудобное положение характеризуется тем, что

оператор должен достаточно существенно поворачивать голову для наблюдения за обрезкой сучьев и раскряжевкой.

В Таблице 2 показаны основные интегральные показатели условий труда для исследованных моделей машин. Значения интегральных показателей изменяются от 0 до 1. Чем выше значение, тем лучше условия труда.

**Таблица 2. Основные интегральные показатели условий труда операторов лесосечных машин.**

Эргономическая характеристика	John Deere 1070D	John Deere 1270D	Volvo EC210BLC	Valmet 901.3	Valmet 911.3	John Deere 1010	Timberjack 1110D	John Deere 1410D	Valmet 840.3	Timberjack 850	Timberjack 460D	ГДТ-55А	ГЛТ-100
Расположение и ход органов управления	0,86	0,86	0,87	0,75	0,75	0,89	0,82	0,84	0,70	0,90	0,73	0,68	0,84
Необходимое усилие на органах управления	1,00	0,98	0,99	1,00	1,00	0,90	1,00	0,99	1,00	1,00	0,98	0,71	0,70
Органы, управляемые руками	0,89	0,89	0,88	0,81	0,81	0,87	0,86	0,86	0,84	0,84	0,90	0,50	0,55
Органы, управляемые ногами (педали)	0,90	0,89	0,91	0,81	0,81	0,87	0,87	0,89	0,77	0,98	0,72	0,80	0,94
Рабочая поза	0,89	0,89	0,89	0,78	0,78	0,90	0,90	0,89	0,75	0,91	0,89	0,87	0,84
Сидение оператора	0,86	0,86	0,73	0,75	0,75	0,88	0,86	0,86	0,77	0,70	0,70	0,40	0,55
Кабина и положение в ней сидения	0,74	0,74	0,72	0,71	0,71	0,65	0,71	0,72	0,65	0,75	0,54	0,47	0,66
Шум	0,75	0,74	0,70	0,76	0,71	0,61	0,62	0,70	0,64	0,60	0,33	0,19	0,32
Вибрация	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,98	0,99	0,98	0,98	0,69	0,21	0,55
Углы обзора	0,81	0,81	1,00	0,48	0,48	0,99	0,99	0,97	0,98	0,63	0,99	0,97	0,97
Обзор в рабочем направлении	0,86	0,97	0,99	1,00	1,00	0,95	0,89	0,79	0,85	0,99	0,45	1,00	1,00
Обзор в направлении движения	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,98	0,46	0,46	0,46	1,00	0,00	0,99	1,00
Степень очистки остекления кабины	0,90	0,90	0,63	0,69	0,69	0,53	0,71	0,71	0,67	1,00	0,56	0,00	0,70
Стереотипность	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,81	0,31	1,00	1,00
Логическая сложность	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,98	0,98	0,98	0,98	1,00	1,00	0,91	0,91

Харвестеры Valmet получили наименьшую оценку в категории «расположение и ход органов управления». Органы управления харвестерами Valmet не соответствуют требованиям 3 российских стандартов и нормативов, а именно: диаметр контрольной рукоятки больше рекомендованного (49 мм против нормативных 20-40 мм); расстояние между педалями,

используемыми одной и той же ногой слишком мало (40 мм против нормативных 50 и более мм), кроме того, ход педалей был слишком коротким (50 мм против нормативных 70-100 мм). Низкие оценки харвестеров Valmet в категориях «рабочая поза» и «сидение оператора» вызваны относительно более тесной кабиной этих харвестеров по сравнению с кабинами харвестеров John Deere. Такая конструкция кабины харвестеров Valmet не соответствует российским нормативам, устанавливающим требования к диапазонам вертикальной и горизонтальной регулировки положения сидения оператора, а, следовательно, ведет к менее комфортному положению оператора (по величине углов в суставах рук и ног). Сидения операторов в харвестерах Volvo имели слишком узкие подлокотники и нерегулируемую спинку.

Параметры шума и вибрации в изученных моделях харвестеров отличались незначительно. Интегральный показатель шума был около 0,7, а показатель вибрации почти 1.

Нахождение угла вертикального обзора (который является наиболее важным для харвестеров) на границе диапазона, установленного в российских стандартах, стало причиной сравнительно низких оценок харвестеров Valmet в категории «углы обзора».

Показатели интегральной тяжести труда для всех изученных харвестеров, рассчитанные на основе измерений, оказались в пределах от 3,2 до 3,4, т.е. рабочие условия операторов харвестеров могут быть оценены как комфортные (рис. 2).

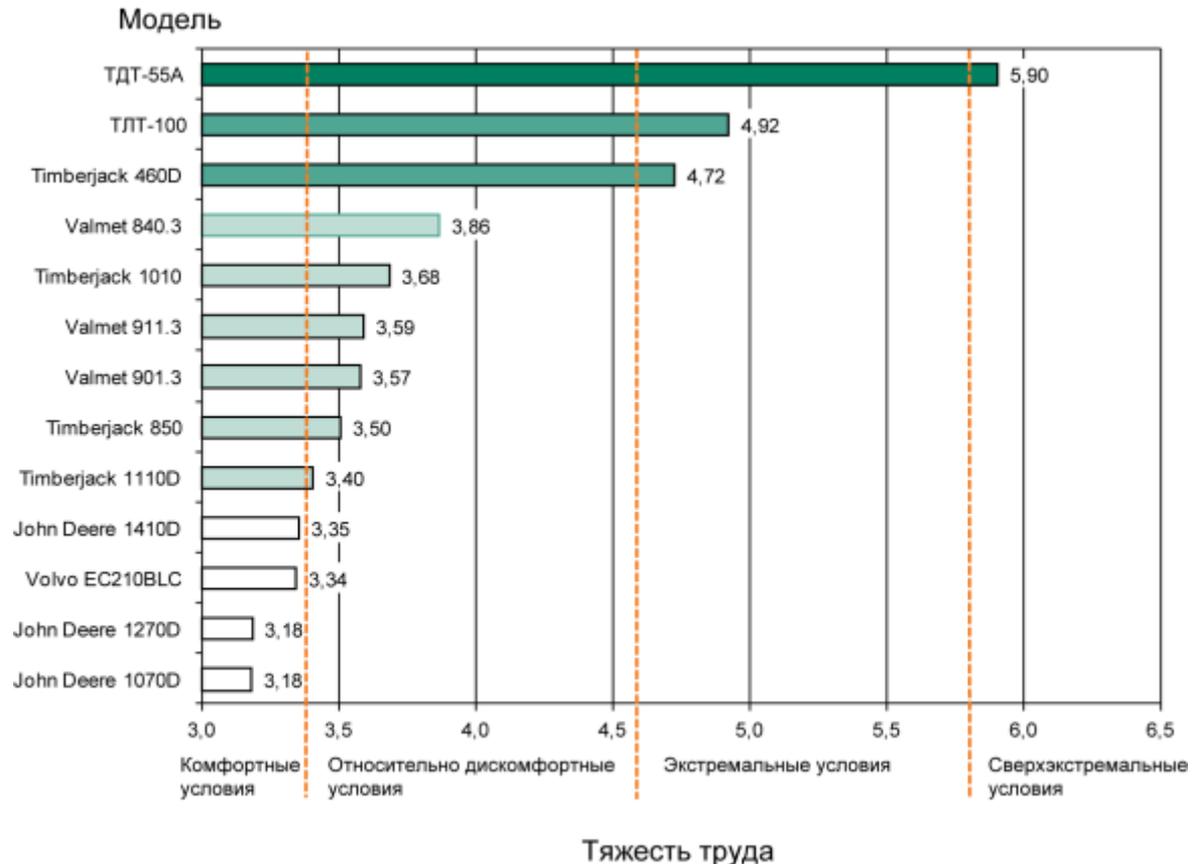


Рис. 2. Показатель интегральной тяжести труда для рассмотренных моделей машин.

## Форвардеры

Хронометрическое исследование показало следующее распределение времени рабочего цикла форвардеров по рабочим элементам, важным с точки зрения эргономики: 73% - погрузка и разгрузка; 16% - транспортировка древесины; 8% - движение без груза; 3% - холостой ход. В соответствии с результатами хронометрического исследования, операторы форвардеров

проводят много времени в неудобных позах (сильно поворачивая голову и тело при погрузке и разгрузке), в среднем 23% от общего рабочего времени.

В таблице 2 показаны значения основных показателей, описывающих рабочие условия в изученных моделях форвардеров. Наименьшую оценку в категориях «положение и ход органов управления» и «органы, управляемые ногами (педали)» получил форвардер Valmet 840.3. Причины те же, что и у харвестеров этого производителя, – расстояние между педалями, управляемых одной и той же ногой, и ход педалей не соответствуют рекомендованным значениям. Значения индикаторов категорий «рабочая поза» и «сидение оператора» были не высокими из-за малых диапазонов регулировки положения сидения, которые находились на пределе рекомендованных значений. Видимость в рабочем направлении была значительно выше у форвардера John Deere 1010, который имеет более короткий капот (более компактный моторный отсек). Обзор в рабочем направлении был несколько ниже у форвардера John Deere 1410D из-за больших размеров этой модели.

Таким образом, рабочие условия операторов форвардеров Timberjack 1110D могут считаться комфортными ( $I=3,4$ ), а операторы остальных моделей форвардеров работают в относительно дискомфортных условиях (интегральная тяжесть труда  $I$  от 3,4 до 4,5). Как и для харвестеров, разница в значениях показателя тяжести труда была незначительной (рис. 2).

## **Машины для заготовки древесины хлыстами и деревьями**

### **Валочно-пакетирующая машина**

В ходе этого исследования была изучена только одна модель валочно-пакетирующей машины – Timberjack 850. Хронометрическое исследование показало, что время рабочего цикла валочно-пакетирующей машины распределяется по элементам, важным с точки зрения эргономики, следующим образом: 58% - обработка (захват стволов и пакетирование); 9% - валка; 33% - движение (переезд машины к новой позиции).

При оценке эргономики машина получила высокие оценки по большинству категорий. В таблице 2 представлены результаты замеров.

В соответствии с результатами замеров рабочие условия операторов валочно-пакетирующей машины Timberjack 850 характеризуются как относительно комфортные, так как коэффициент тяжести труда  $I$  принимал значения от 3,4 до 4,5, со средним значением равным 3,5 (рис. 2).

### **Трелевочные тракторы**

Из российской техники были изучены 2 модели гусеничных трелевочных тракторов – ТДТ-55А и ТЛТ-100 производства Онежского тракторного завода. Была изучена также 1 модель колесного трелевочного трактора – Timberjack 460D. Хронометрическое исследование показало следующее распределение времени рабочего цикла российских трелевочных тракторов по элементам, важным с точки зрения эргономики: 28% - трелевка; 38% - движение без груза; 15% - загрузка; 19% - холостая работа (стоянка при чокеровке стволов). Средняя доля времени, которое операторы трелевочных тракторов проводят в неудобных позах, составляет 25% от общего рабочего времени. Число различных неудобных поз при работе на российских трелевочных тракторах больше по сравнению с другими машинами.

Хронометрическое исследование показало следующее распределение времени рабочего цикла трелевочного трактора с захватом Timberjack 460D по элементам, важным с точки зрения эргономики: 45% - трелевка; 39% - движение без груза; 12% - погрузка; 4% - холостая работа. Оператор трелевочного трактора вынужден проводить значительное время в неудобных позах (31% от рабочего времени), что вызвано технологией работы колесного трелевочного трактора с захватом и конструкцией кабины исследуемого трактора. Оператор принимает наиболее типичное неудобное положение, когда он вынужден значительно повернуть голову и тело для

наблюдения за процессом погрузки и разгрузки, а также при движении машины для наблюдения и управления захватом и положением пачки.

Результаты исследования для трелевочных тракторов показаны в таблице 2. По большинству показателей, трелевочный трактор ТЛТ-100 превосходит трелевочный трактор ТДТ-55А, так как ТЛТ-100 более поздняя модель, оборудованная более удобной и просторной кабиной с более комфортным подпружиненным сиденьем и т.д. Поэтому показатели эргономичности трелевочного трактора ТЛТ-100 в 2-3 раза выше.

Основными недостатками трелевочного трактора Timberjack 460D являются тесная кабина, более высокий уровень шума и плохой обзор (видимость в направлении движения полностью не соответствует рекомендациям, т.к. расстояние, на котором из кабины видна земля перед машиной больше 14 м. Также должен быть отмечен высокий уровень стереотипности рабочего цикла.

Таким образом, рабочие условия операторов трелевочных тракторов ТЛТ-100 характеризуются как экстремальные ( $I=4,9$ , в пределах 4,6-5,8), тогда как для ТДТ-55А они были сверхэкстремальными ( $I=5,9$ ) (рис. 2). Операторы трелевочного трактора Timberjack 460D работают в экстремальных рабочих условиях ( $I=4,7$ ).

Однако, для этих машин наблюдалась значительная разница в значениях интегральной тяжести труда, рассчитанных на основе инструментальных методов и полученных по результатам опросов операторов, проведенных Соколовым *и др.* [15]. В действительности в таких условиях остаются работать только операторы, которые благодаря высокой способности к адаптации не воспринимают условия труда как сверхэкстремальные. Другие операторы просто увольняются, что подтверждается результатами данного исследования, в котором опрошенные операторы имели значительный опыт работы.

## Обсуждение и заключение

Последние модели машин John Deere и Volvo заняли лидирующее положение по комфортности рабочих условий. В отношении других машин для сортиментной заготовки древесины полученные результаты исследования были почти одинаковы, каждая из этих машин была оценена как относительно дискомфортная. Сравнительно низкие оценки получили форвардер Valmet 840.3 и валочно-пакетирующая машина Timberjack 850. За этими машинами следовали получившие гораздо худшие оценки трелевочные трактора Timberjack 460D и ТЛТ-100. Эти машины имеют близкие значения интегральной тяжести труда и характеризуются экстремальными рабочими условиями. Условия работы операторов трелевочных тракторов ТДТ-55А совершенно не приемлемы по современным требованиям эргономики.

Валочно-пакетирующая машина Timberjack 850 имеет наиболее эргономичные органы управления. В целом, почти все машины получили хорошие оценки по этому показателю, однако машины Valmet и трелевочный трактор Timberjack 460D получили более низкие оценки по сравнению с машинами John Deere. Российские гусеничные трактора, особенно ТДТ-55А, продемонстрировали гораздо более низкий уровень этого интегрального показателя.

Машины John Deere для сортиментного метода получили наивысшие оценки по эргономическим показателям, характеризующим рабочее место оператора: вход в кабину, интерьер кабины, сидение оператора и органы управления. Меньшие оценки получили машины Valmet и Timberjack 460D. Похожие оценки по показателям рабочего места получили трелевочные трактора ТЛТ-100. Значительно более низкие оценки, даже по сравнению с ТЛТ-100, были у трелевочного трактора ТДТ-55А.

Харвестеры, форвардеры и гусеничные трелевочные трактора показали хорошие результаты по стереотипности и логической сложности рабочих показателей. Для валочно-пакетирующих машин результаты были несколько ниже и еще ниже для колесного трелевочного трактора. В обоих случаях причиной был высокий уровень повторяемости, т.е. работа может быть оценена как достаточно монотонная.

Обзорность была одним из немногих показателей, где российские машины получили хорошие оценки. Трелевочный трактор ТЛТ-100 даже получил наивысший бал. Однако,

результаты не были однозначными, так как на обзорность влияет много факторов, таких как: размеры кабины и всей машины, размеры окон, положение глаз оператора по отношению к окнам и т.д. Наименьшие оценки по обзорности получил трелевочный трактор Timberjack 460D из-за очень длинного моторного отсека, ограничивающего видимость в направлении движения.

Харвестеры получили лучшие оценки по уровню шума и вибраций, за ними следовали форвардеры. Трелевочные трактора Timberjack 460D и ТЛТ-100 продемонстрировали плохие результаты по этим показателям, главным образом из-за шумности. Худшую оценку получил трелевочный трактор ТДТ-55А.

Обобщение оценок по эргономическим показателям выявило, что лучшие рабочие условия с точки зрения комфорта и безопасности труда обеспечиваются системой «харвестер+форвардер» для сортиментного метода заготовки древесины. В этой комбинации машины John Deere показали наилучшие результаты, тогда как машины Volvo и Valmet имеют менее высокие показатели эргономики. Система «валочно-пакетирующая машина+трелевочный трактор с захватом» для полностью механизированной заготовки древесины деревьями получила оценки, которые были незначительно ниже оценок системы «харвестер+форвардер». Традиционный российский хлыстовый метод лесозаготовки с применением чокерных трелевочных тракторов получил наихудшие оценки по эргономике, тяжести и безопасности труда. При использовании частично механизированных систем заготовки древесины использование трелевочного трактора ТДТ-55А должно быть ограничено настолько это возможно, так как эта машина не отвечает современным требованиям к эргономике.

## Литература

1. Лесозаготовки и логистика в России – в фокусе научные исследования и бизнес-возможности / В. Гольцев, Т. Толонен, В. С. Сюнёв, Б. Далин, Ю. Герасимов, С. Карвинен // Труды НИИ леса Финляндии. – Йоэнсуу, 2012. – Вып. 221. – 159 с.
2. Gerasimov Y., Karjalainen T. Development program for improving wood procurement in north-west Russia based on SWOT analysis // *Baltic Forestry*. – 2008. – №14(1). – С. 85-90.
3. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия / В. С. Сюнёв, А. П. Соколов, А. П. Коновалов, В. К. Катаров, А. А. Селиверстов, Ю. Ю. Герасимов, С. Карвинен, Э. Вяльккю. – Йоэнсуу: НИИ Леса Финляндии, 2008. – 126 с.
4. Сюнёв В. С., Герасимов Ю. Ю. Предварительная оценка эргономических показателей тракторов Онежского тракторного завода // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. – 2005. – Вып. 6. – С. 76-78. – С 2013 г. загл. *Resources and Technology*.
5. Gerasimov Y., Sokolov A. Ergonomic characterization of harvesting work in Karelia // *Croatian Journal of Forest Engineering*. – 2009. – №30(2). – С. 159-170.
6. Фрумкин А. А., Зинченко Т. П., Винокуров Л. В. Методы и средства эргономического обеспечения проектирования. – СПб.: Изд-во Транспортного университета, 1999. – 178 с.
7. ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность. Основные требования. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 47 с.
8. ГОСТ 12.2.120-88. Кабины и рабочие места операторов тракторов, самоходных строительно-дорожных машин, одноосных тягачей, карьерных самосвалов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 13 с.
9. ГОСТ 12.2.102-89. Машины и оборудование лесозаготовительные и лесосплавные, тракторы лесопромышленные. Требования безопасности, методы контроля требований безопасности и оценки безопасности труда. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 70 с.
10. ГОСТ R 51863-2002. Машины лесозаготовительные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 20 с.
11. ГОСТ 12.1.050-86. Методы измерения шума на рабочих местах. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.

12. ГОСТ 23941-2002. Шум машин. Методы определения шумовых характеристик. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 10 с.
13. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Основные требования к безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 10 с.
14. Эргономика: Принципы и рекомендации: Методическое руководство. – М.: ВНИИТЭ, 1983. – 184 с.
15. Frumerie G. Ergonomic guidelines for forest machines. – Uppsala: SkogForsk, 1999. – 88 с.
16. Песков В. И. Основы эргономики и дизайна автомобиля. – Нижний Новгород: Изд-во НГТУ, 2004. – 223 с.
17. Сравнение трелевочных машин по условиям и тяжести труда операторов / А. П. Соколов, В. С. Сюнёв, Ю. Ю. Герасимов, С. Карвинен // Лес и бизнес. – С.-Пб.: ООО «Максибит», 2008. – №1 (41). – С. 56-61.

## References

1. Goltsev, V., Tolonen, T., Syunev, V., Dahlin, B., Gerasimov, Y., Karvinen, S. (eds.), 2012: Wood harvesting and logistics in Russia - focus on research and business opportunities. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 221, 159 p.
2. Gerasimov, Y., Karjalainen, T., 2008: Development program for improving wood procurement in north-west Russia based on SWOT analysis. *Baltic Forestry* 14(1): 85–90.
3. Syunev, V., Sokolov, A., Konovalov, A., Katarov, V., Seliverstov, A. Gerasimov, Y., Karvinen, S., Valkky, E., 2008: Comparison of wood harvesting methods in logging companies of the Republic of Karelia. Finnish Forest Research Institute, Joensuu, 126 p.
4. Siunev, V., Gerasimov, Y., 2005: Preliminary assessment of ergonomic features of tractors produced by Onega tractor plant. *Resources and Technology* 6: 76-78.
5. Gerasimov, Y., Sokolov, A., 2009: Ergonomic characterisation of harvesting work in Karelia. *Croatian Journal of Forest Engineering* 30(2): 159–170.
6. Frumkin, A.A., Zinchenko, T.P., Vinokurov, L.V., 1999: Methods and means of ergonomics during design. Transport University, Saint-Petersburg, 178 p.
7. Cabins and work places for operators of tractors, self-propelled road-construction machines, single-axial haulers, dump-trucks and self-propelled agricultural vehicles. General safety requirements (1988) State standard, GOST 12.2.120-88.
8. Harvesting and floating machines, forestry and silvicultural tractors. Safety requirements, methods for control of safety requirements and occupational safety evaluation, 1989: State standard, GOST 12.2.102-89.
9. Harvesting machines, forestry and silvicultural tractors. Safety requirements, 2002: State standard, GOST R 51863-2002.
10. Machine noise. Methods to determine noise characteristics. General requirements, 2002: State standard, GOST 23941-2002.
11. Methods of noise measurement at work places, 1986: State Standard, GOST 12.1.050-86.
12. Noise. General safety requirements, 1983: State standard, GOST 12.1.003-83.
13. Vibration safety. General requirements, 1990: State standard, GOST 12.1.012-90.
14. VNIITE, 1983: Ergonomics. Principles and recommendations: Methodology guidelines. All-Russian Research Institute of Technical Aesthetics, Moscow, 184 p.
15. Frumerie, G. (ed.), 1999: Ergonomic guidelines for forest machines, SkogForsk, Uppsala, 88 p.
16. Peskov, V.I., 2004: The basics of ergonomics and design of cars. Technical University, Nizhnii Novgorod, 223 p.
17. Sokolov, A., Syunev, V., Gerasimov, Y., 2008: Comparison of skidders and forwarders in working conditions and work safety. *Forest and business* 1(41): 56–61.