

УДК 630\*621:658.512.23

**ЮРИЙ ЮРЬЕВИЧ ГЕРАСИМОВ**

доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник НИИ леса Финляндии, доцент кафедры тяговых машин лесоинженерного факультета ПетрГУ

*yuri.gerasimov@metla.fi*

**ВЛАДИМИР СЕРГЕЕВИЧ СЮНЁВ**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тяговых машин лесоинженерного факультета ПетрГУ, заместитель проректора по учебной работе ПетрГУ

*siounev@metla.fi*

**АНТОН ПАВЛОВИЧ СОКОЛОВ**

кандидат технических наук, доцент кафедры тяговых машин лесоинженерного факультета ПетрГУ

*a\_sokolov@psu.karelia.ru*

**СРАВНЕНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ (ВАЛОЧНЫХ) МАШИН  
ПО ЭРГОНОМИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ**

Представлены результаты исследований эргономики различных моделей харвестеров и валочно-пакетирующих машин. Сравнение этих машин позволяет оценить техническое совершенство каждой модели с точки зрения эргономичности и безопасности работы.

Ключевые слова: лесозаготовительные машины, эргономичность, рабочее место, тяжесть труда, безопасность труда

В настоящее время на рынке присутствует большое число моделей лесозаготовительных машин различных производителей и перед лесозаготовительными предприятиями стоит достаточно сложная задача выбора наиболее рационального варианта. Основными критериями для сравнения лесозаготовительных машин, безусловно, являются экономичность, производительность, надежность, сервисное обслуживание, качество выполнения операций, диапазон подходящих природно-производственных условий, уровень негативного воздействия на лесную среду и т. д. В этот список, несомненно, следует включить и эргономический критерий, связанный с условиями и тяжестью труда операторов. Это очень важно особенно с точки зрения кадровой проблемы в отрасли и в связи с нежеланием молодого поколения работать в тяжелых условиях лесосеки на морально устаревших машинах.

Кроме того, дальнейшее эргономическое совершенствование лесозаготовительных машин важно для производителей с точки зрения поддержания конкурентоспособности на рынке.

Оценке тяжести труда при использовании различных технологий и машин было посвящено исследование, выполненное авторами в рамках международных проектов TACIS и TEKES. Результаты этого исследования, касающиеся лесозаготовительных машин, выполняющих валку деревьев (харвестеров и валочно-пакетирующих машин (ВПМ)), отражены в настоящей статье.

**МЕТОДИКА**

Выбор и совершенствование лесозаготовительных машин или систем с целью наиболее полного учета возможностей и особенностей оператора предполагает, во-первых, точное знание причин неудовлетворенности существующими моделями машин с точки зрения эргономики, во-вторых, ясное представление о том, в каком направлении следует их модифицировать. Ответы на эти вопросы можно получить, если в ходе анализа производственной деятельности вскрыты недостатки в организации взаимодействия оператора и машины и определены требования, которые данный вид деятельности предъ-



John Deere 1070D



Valmet 901.3



John Deere 1270D



Valmet 911.3



Volvo EC210BLC



Валочно-пакетирующая машина Timberjack 850

Рис. 1. Исследованные модели лесозаготовительных машин

являет к реализующим ее психофизическим свойствам человека и техническим средствам.

В эргономике широкое распространение получили эмпирические способы получения данных [2, 5, 14]: наблюдение и самонаблюдение; эксперименты (лабораторный, производственный); диагностика (различного рода тесты, анкеты, социометрия, интервью и беседы); анализ процессов; моделирование (предметное, математическое). В настоящем исследовании была применена комбинация двух способов: экспериментального в производственных условиях пяти лесозаготовительных предприятий Республики Карелия и диагностического путем анкетирования полусотни операторов лесозаготовительных машин.

В качестве основного обобщенного критерия, по которому в проведенном исследовании сравнивались различные модели машин, использовалась интегральная тяжесть труда. Причем ее определение выполнялось по двум направлениям, первое из которых базируется на проведении непосредственных измерений различных параметров рабочих мест машин, оказывающих влияние на условия труда с последующим сравнением их значений с принятыми нормами стандартов и рекомендаций (нормативный метод). Второе направление основывается на результатах анкетирования и опросов операторов, работающих на исследуемых машинах.

Нормативный метод заключается в том, что сначала экспериментальным путем в производ-

ственных условиях выполняются измерения различных параметров, оказывающих влияние на эргономичность и условия труда. Измерения выполняются непосредственно на рабочих местах в производственных условиях. Затем результаты измерений сравниваются с действующими в отрасли нормами и стандартами [3, 5, 6-13], определяется степень соответствия реальных измеренных показателей нормативам. На последнем этапе полученные оценки степени соответствия нормам по разным параметрам сводятся к единому показателю – к так называемой интегральной тяжести труда. Благодаря этому становится возможным непосредственно сравнивать условия работы на разных рабочих местах. Чем выше значение интегральной тяжести труда, тем тяжелее условия. В зависимости от ее значения условия труда ранжированы следующим образом: комфортные, относительно дискомфортные, экстремальные или сверхэкстремальные.

В проведенном авторами исследовании измерялись различные размеры, определяющие удобство кабины, сидения, расположения органов управления, позы тела и т. п.; параметры шума и вибрации в кабинах машин; усилия на органах управления. Всего измерялось более 150 различных параметров на 28 машинах.

Измеряемые параметры группируются в зависимости от того, какой из факторов условий труда оценивается с их помощью.

#### Группа «Органы управления»:

- расположение и ход органов управления;
- усилия на органах управления;
- органы, управляемые руками;
- органы, управляемые ногами (педали);
- органы управления в целом.

#### Группа «Рабочее место»:

- поза тела;
- сиденье;
- кабина и расположение в ней сиденья;
- рабочее место в целом.

#### Группа «Алгоритм»:

- нормированный показатель стереотипности;
- нормированный показатель логической сложности;
- алгоритм в целом.

#### Группа «Обзорность»:

- углы обзора;
- обзорность в рабочем направлении;
- обзорность в направлении движения;
- степень очистки лобового стекла;
- обзорность в целом.

#### Группа «Обитаемость»:

- шум;
- вибрация;
- обитаемость в целом.

- Для каждого фактора определяется интегральный показатель, по величине которого можно судить об удобстве сиденья или органов управления в целом, степени вибрации и т. д.

Измерения позволяют оценить многие факторы условий труда, но далеко не все. Некоторые условия не могут быть измерены непосредственно ввиду отсутствия надежных методик измерения и соответствующих измерительных инструментов. Например, трудно измерить эстетическое совершенство машины или ее отдельных элементов. С другой стороны, не стоит забывать, что на рабочих местах трудятся люди, каждый из которых обладает своими собственными особенностями восприятия и оценки окружающих условий. Одному человеку нравится один вид деятельности и одни условия, другому – иное. Это в числе прочего оказывает влияние на выбор профессии и специальности, а также может привести к тому, что объективные измеренные оценки условий труда могут достаточно отличаться от субъективных оценок, даваемых самими работающими.

Поэтому, наряду с экспериментами, в ходе полевых исследований проводились также диагностика путем анкетирования и опроса операторов, в ходе которых они давали оценку условиям своей работы. Каждый респондент из опрошенных 51 оценивал 46 условий работы по шестибалльной шкале. Как и при измерениях, факторы объединялись в группы. Для всех групп факторов определялись интегральные показатели. Итогом анализа данных, полученных путем опросов, также стало определение интегральной тяжести труда на каждом из рассмотренных рабочих мест.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе полевых работ были исследованы пять моделей харвестеров и одна модель валочно-пакетирующей машины (ВПМ) (рис. 1).

Наблюдения за рабочими циклами машин, их видеосъемка и последующий хронометраж показал, что рабочее время харвестера распределено по основным операциям так, как представлено на рисунке 2. Распределение времени по операциям для ВПМ показано на рисунке 3.

Определение доли времени, приходящегося на каждую операцию, необходимо, т. к. некоторые факторы, определяющие условия работы, изменяются от операции к операции. Например, при работе харвестера наибольшая вибрационная нагрузка, действующая на оператора, приходится на движение машины, а шумовая – на движение и обрезку сучьев с раскряжкой. Это необходимо учитывать при определении интегральной тяжести труда.

Другим немаловажным фактором, определяющим удобство работы на машине, является средняя доля времени рабочего цикла, в течение

которого оператор вынужден принимать какую-либо неудобную позу.

Надо сказать, что харвестеры и ВПМ в этом смысле являются очень удобными машинами. Операторы ВПМ и харвестеров Valmet и Volvo практически полностью избавлены от необходимости принимать неудобные позы при работе в штатных условиях. Это связано с тем, что машины этих моделей оснащены полноповоротной кабиной и оператор всегда может наблюдать за рабочим процессом, смотря прямо перед собой, без поворота головы на большие углы.

Кабины харвестеров John Deere не поворачиваются, поэтому доля времени нахождения операторов этих машин в неудобных позах составляет около 8%. Неудобная поза в основном характеризуется поворотом головы на достаточно большие углы для наблюдения за процессом раскряжевки и обрезки сучьев (рис. 4).

На рисунках 5, 7 – 10 приведены сравнительные диаграммы по основным группам интегральных показателей условий работы на рассмотренных моделях машин. Интегральные показатели принимают значения от 0 до 1. Чем выше значение показателя, тем лучше соответствующие условия работы.

Как можно видеть из рисунка 5, харвестеры Valmet показывают меньшее значение интегрального показателя «Расположение и ход органов управления», которое в свою очередь влияет на три последних показателя. Это в основном вызвано тем, что органы управления харвестеров Valmet не отвечают трем требованиям норм и стандартов, а именно: диаметр рукояток рычагов выходит за пределы рекомендованного диапазона (49 мм, при норме 20...40 мм, рис. 6); слишком маленькое расстояние между педалями, управляемыми одной ногой (40 мм, при норме >50 мм), и ход педалей (50 мм, при норме 70...100 мм).

С другой стороны, операторы, работавшие в разное время и на харвестерах John Deere, и на харвестерах Valmet, находят, что органы управления (рукоятки) Valmet в целом более удобны благодаря компактному размещению всех кнопок и джойстиков непосредственно на них (см. рис. 6). Как раз это и увеличивает их диаметр.

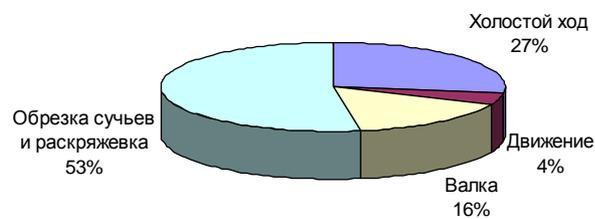


Рис. 2. Распределение времени внутри рабочего цикла харвестера

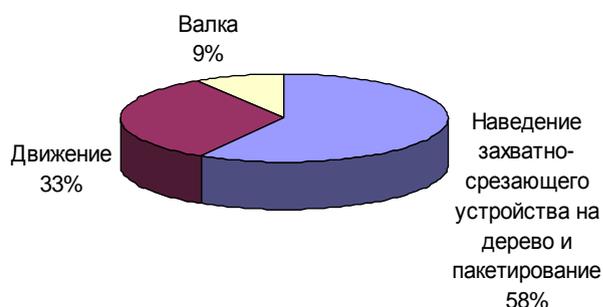


Рис. 3. Распределение времени внутри рабочего цикла валочно-пакетирующей машины

Высокая оценка органов управления ВПМ Timberjack 850 обусловлена очень удобными педалями и в целом неплохими рукоятками (см. рис. 6).

Меньшие значения показателей «Поза тела» и «Сиденье» машин Valmet (рис. 7) связаны с тем, что их кабины могут быть признаны относительно более тесными в сравнении с кабинами John Deere. Это приводит к тому, что не выполняются нормы на диапазоны продольной и вертикальной регулировки сиденья что приводит к менее удобной позе тела (значениям углов в суставах).

Недостатками сидений Volvo и Timberjack 850 являются слишком узкие подлокотники и отсутствие регулируемого упора в спинке. Кроме того, у сиденья машины Timberjack 850 отсутствует регулировка по высоте.



Рис. 4. Неудобные позы при работе на харвестерах без поворотной кабины

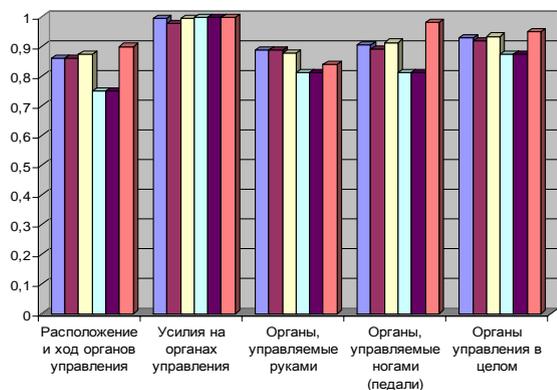


Рис. 5. Интегральные показатели группы «Органы управления»

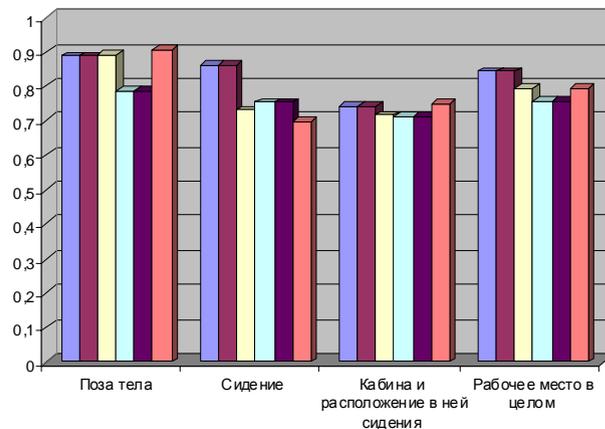


Рис. 7. Интегральные показатели группы «Рабочее место»



John Deere



Valmet



Volvo



Timberjack 850

Рис. 6. Основные органы управления харвестеров

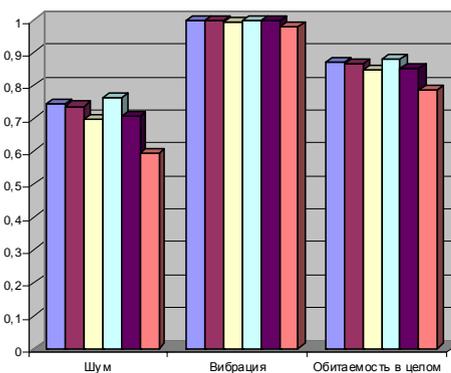


Рис. 8. Интегральные показатели группы «Обитаемость»

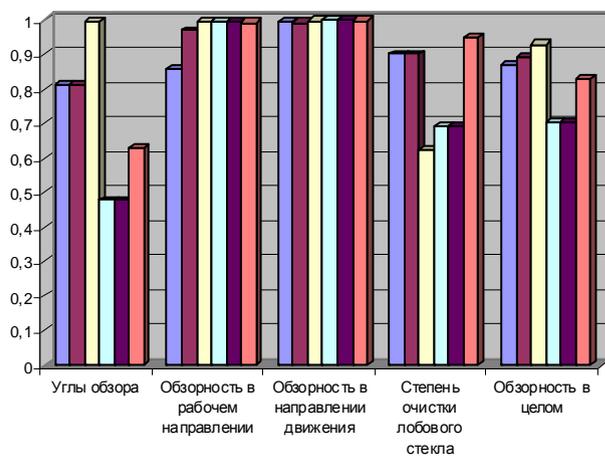
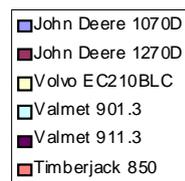


Рис. 9. Интегральные показатели группы «Обзорность»



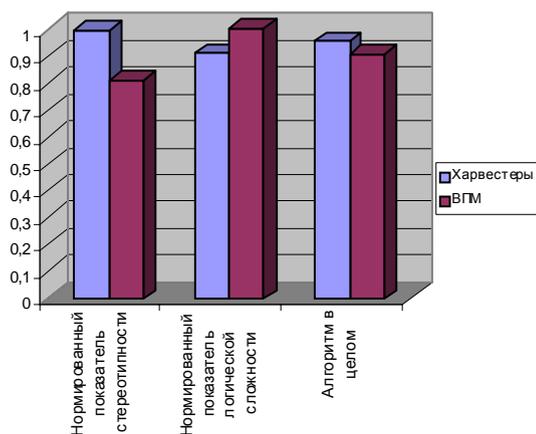


Рис. 10. Интегральные показатели группы «Алгоритм»

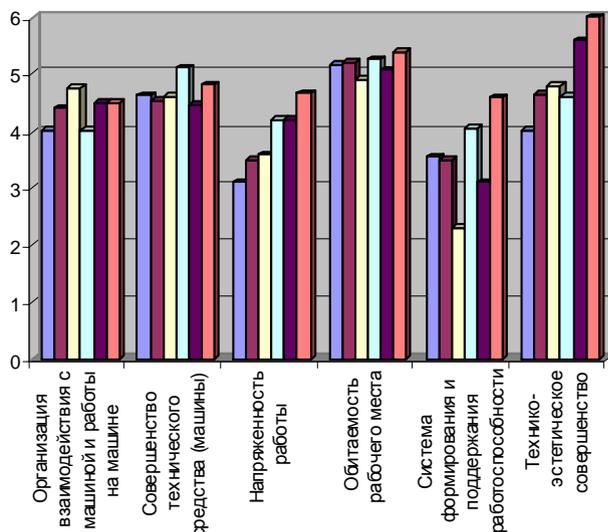


Рис. 11. Интегральные показатели по данным опросов

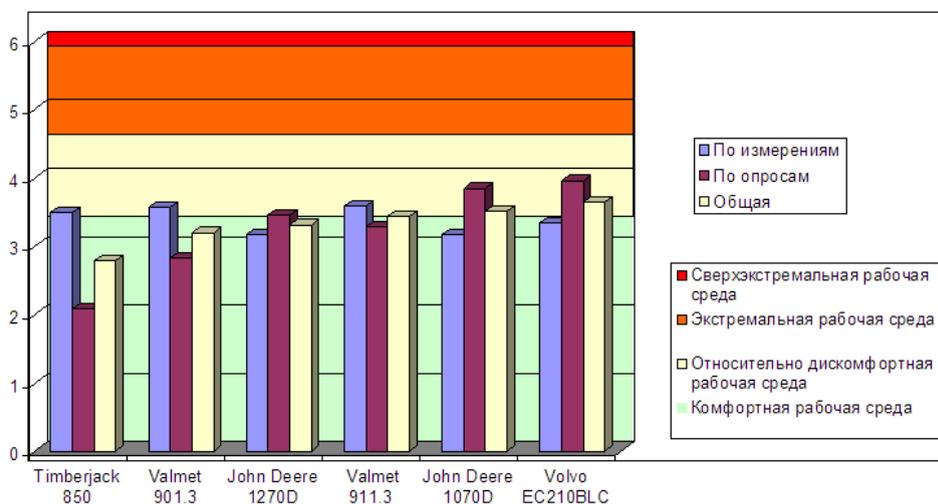


Рис. 12. Интегральная тяжесть труда операторов харвестеров

Параметры шума и вибрации рассмотренных моделей харвестеров отличаются незначительно (рис. 8). Шумовая нагрузка в кабине ВПМ несколько выше, чем у харвестеров, т. к. здесь сравнительно более мощный двигатель установлен на общей с кабиной поворотной платформе, тогда как у большинства харвестеров двигатель располагается на отдельной полураме машины (см. рис. 1).

Сравнительно низкие показатели углов обзора у машин Valmet и Timberjack 850 (рис. 9) связаны с тем, что здесь значение очень важного именно для валочных машин угла обзора в вертикальной плоскости существенно ниже, чем у машин Volvo и харвестеров John Deere.

Алгоритмы управления харвестерами и ВПМ достаточно сильно отличаются друг от друга. Алгоритм харвестера более сложен, зато алго-

ритм ВПМ гораздо более монотонен, что и получило свое отражение в значениях соответствующих показателей (рис. 10).

На рисунке 11 отражены значения интегральных показателей по результатам анкетирования и опросов операторов рассматриваемых машин. Операторы оценивали совершенство машин и рабочих мест по шестибальной шкале. Чем выше значение показателя, тем лучше условия.

На рисунке 12 показаны значения интегральной тяжести труда для всех машин по данным измерений, опросов и средние значения.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, условия труда операторов ВПМ Timberjack 850, а также харвестеров Valmet 901.3 и John Deere 1270D могут быть

признаны комфортными. Условия труда операторов остальных харвестеров – относительно дискомфортными, хотя разница в значениях интегральной тяжести труда для всех рассмотренных машин по сути своей незначительна. Машины оказались в целом очень удобными с точки зрения эргономичности рабочих мест.

Следует отметить, что лидер данного рейтинга занял первое место только за счет высокой оценки со стороны операторов. По данным из-

мерений он отнюдь не на первом месте. Вообще по данным измерений рабочие места рассмотренных машин отличаются совсем незначительно в сравнении с результатами опроса.

В целом производителям харвестеров и ВПМ можно рекомендовать уделить особое внимание следующим показателям:

- углы обзорности в вертикальной плоскости,
- расположение и ход органов управления,
- шум в кабине.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование обзорности лесозаготовительного трактора / Е. А. Васекин, И. М. Илиннич, В. Е. Синяков // Межотраслевой научн.-техн. сб. Серия «Эргономика». Вып. 3. 1991. С. 69–76.
2. Львов В. М. Математические методы обработки экспериментальных исследований в эргономике, инженерной психологии и психологии труда: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Эргономика» / В. М. Львов; Образоват. науч. центр «Ин-т эргономики и соц.-экон. технологий» (ИЭСЭТ). Тверь: Триада, 2004. 83 с.
3. Песков В. И. Основы эргономики и дизайна автомобиля: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» направления подготовки дипломированных специалистов «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы». Нижний Новгород, 2004. 223 с.
4. Сенькин А. Ю. Техническая эстетика и эргономика: Словарь. М.: Изд-во МГУЛ, 1999. 64 с.
5. Фрумкин А. А., Зинченко Т. П., Винокуров Л. В. Методы и средства эргономического обеспечения проектирования. СПб.: ПГУПС, 1999. 178 с.
6. Эргономика: Принципы и рекомендации: Методическое руководство. М.: ВНИИТЭ, 1983. 184 с.
7. ГОСТ Р 51863-2002. Машины лесозаготовительные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Требования безопасности.
8. ГОСТ 12.2.102-89. Машины и оборудование лесозаготовительные и лесосплавные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Требования безопасности, методы контроля требований безопасности и оценки безопасности труда.
9. ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность. Общие требования.
10. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.
11. 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 безопасности.
12. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
13. Ergonomic guidelines for forest machines. Uppsala: SkogForsk, the Forestry Research Institute of Sweden, 1999. 88 p.
14. Ergonomics guidelines and problem solving / Ed. by Anil Mital et al. Amsterdam etc.: Elsevier, 2000. IX, 479 p. (Elsevier ergonomics book ser.; Vol. 1).