

## Оценка действий оператора в полуавтоматических и многозадачных системах в лесозаготовках на основе использования IoT-технологий

Р.С. Чекотин<sup>а</sup>, Н.О. Вербицкая<sup>б</sup>

Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский Тракт, 37, Екатеринбург, Россия

<sup>а</sup>ChekotinRoman@mail.ru, <sup>б</sup>VerbNO@mail.ru

Статья поступила 16.10.2016, принята 18.11.2016

*Авторы статьи рассматривают вопросы, связанные с оценкой надежности работы операторов полуавтоматической и многозадачной лесозаготовительной техники, к которой относятся харвестеры и форвардеры. Поднята проблема оценивания точности и скорости работы при профессиональном отборе и обучении будущих операторов. Подробно рассмотрена одна из перспективных концепций — Интернет вещей (IoT), технологии которой способствуют созданию и реализации автоматической системы оценки профессиональных качеств оператора. Для этого был проведен анализ научно-технической литературы с целью уточнения понятия «Интернет вещей», а также рассмотрены проблемы и перспективы внедрения практических решений с применением IoT-технологий. Описана модель (мобильный стенд) для оценки точности и скорости работы — ключевых характеристик при профессиональном отборе и обучении операторов лесозаготовительных комплексов, использующих харвестеры и форвардеры. Мобильный стенд базируется на технологиях, разработанных в рамках концепции Интернета вещей. Описаны различные условия применения данного стенда на полигоне и в реальных условиях, в лесу. Представлено строение составных частей стенда — мобильной стойки и магнитной площадки, описаны принцип их действия и алгоритм оценивания результатов работы оператора лесозаготовительной техники при реализации IoT-технологий. Указаны различные варианты использования мобильной системы для оценки скорости и точности действий операторов харвестера и форвардера.*

**Ключевые слова:** оператор; лесозаготовка; надежность работы оператора; харвестер; форвардер; Интернет вещей.

## Evaluation of operators' actions in semiautomatic and multitasking systems in logging, based on the use IoT technologies

R.S. Chekotin<sup>а</sup>, N.O. Verbitskaya<sup>б</sup>

Ural State Forestry University; 37 Sibirsky Trakt, Ekaterinburg, Russia

<sup>а</sup>ChekotinRoman@mail.ru, <sup>б</sup>VerbNO@mail.ru

Received 16.10.2016, accepted 18.11.2016

*The article was discussed on the evaluation of the reliability of the operators' semiautomatic and multitasking of logging equipment, which includes harvesters and forwarders. Issues were raised of estimation the accuracy and the speed of the operator in professional selection and training while passing the future operator in the forestry sector. "Internet of Things" (IoT) were discussed in detail as one of the most promising technology that helps the creation and realization of automatic assessment system of professional skills. For this aim the analysis was conducted of scientific and technical literature in order to clarify the concept of "Internet of things" and discuss the problems and prospects of application of this technology. This research has shown the model (mobile stand) to assess the accuracy and speed of the operator, which are key characteristics for professional selection and training of worker in the timber complex, which uses the harvester and forwarder. Mobile stand, described in the article, was based on the technological tools that are included in the tools and technologies that are used to create Internet of Things. The paper was described different conditions for the use as a mobile stand at the test site and in real conditions, that is in the forest. Mobile stand and magnetic platform (components of the stand) were demonstrated structure and principle of their action and the flowchart estimating the results of logging equipment operators, the implementation of IoT technology. The article was presented the different variants the use of the mobile system for estimation the speed and the accuracy as the operators of harvester and operators of forwarder.*

**Key words:** operator; logging; operator's work reliability; harvester; forwarder; Internet of things.

**Надежность оператора в полуавтоматических и многозадачных системах при лесозаготовках.** Вопрос о надежности работы (деятельности) оператора лесозаготовительных машин, управляющего полуавтоматической многозадачной системой, является частью общей проблемы профессионального отбора специали-

стов. Ошибочные или несвоевременные действия оператора, управляющего сложной технической системой, могут привести не только к снижению показателей эффективности, надежности системы и экономическим потерям, но также к поломке дорогостоящего оборудо-

вания и экологическим проблемам, связанным с восстановлением лесных ресурсов [1].

Работа оператора — специфический вид трудовой деятельности, возникающей на определенной ступени развития техники и производства в целом [2]. В разных отраслях процесс автоматизации и развития технических средств происходит неравномерно. Наиболее динамично развивающиеся, наукоемкие и высокотехнологичные направления — это транспортный, космический и оборонный комплексы страны, которые постоянно аккумулируют в себе передовые достижения научно-технического прогресса [3]. В этом одна из причин появления большого количества исследований в космической и авиационной отраслях, посвященных операторской деятельности и ее оценке. Вторая причина — сопутствующие риски, которые могут повлечь травмы и смерть окружающих и самого оператора при его неправильной, ошибочной деятельности.

Исследование рисков (мгновенных и отложенных), возникающих при работе оператора, также способствовало повышению научного интереса к сравнительно новым видам деятельности в других областях, таким как роботизированная хирургия и лесозаготовка с использованием многофункциональных лесных машин [4–5].

Многофункциональные лесные машины (харвестер и форвардер) появились сравнительно недавно, в 80–90-х гг. XX в., в Финляндии, Германии, Канаде и США [6]. Поскольку работа оператора лесозаготовительной машины не несет прямой опасности для жизнедеятельности людей, исследования в области профессионального отбора в этой сфере не получили должного развития. Однако при более детальном рассмотрении работы операторов возникает такое понятие, как «отложенный риск», т. е. риск, возникающий не во время деятельности оператора, а проявляющийся через определенный промежуток времени. Отложенный риск для лесного хозяйства — это замедление процесса восстановления леса, которое связано в большей степени с ошибками оператора, т. е. происходит из-за его недостаточной надежности.

В инженерной психологии определением надежности оператора является свойство человека безошибочно, точно и своевременно выполнять возложенные на него функции в течение требуемого времени и в определенных условиях деятельности [1]. Нужно учитывать, что при увеличении продолжительности работы, при ухудшении окружающих условий, а также при усложнении выполняемых задач роль индивидуальных особенностей человека-оператора, его надежности, возрастает, в связи с чем необходимы профессиональный отбор и индивидуальный подход к каждому оператору.

При оценке подготовленности оператора для осуществления профессиональной деятельности, его компетенций и надежности можно выделить ряд простых количественных критериев [7]:

- 1) среднее время работы между двумя отказами (ошибками);
- 2) общее число отказов за данный промежуток времени;
- 3) процент выполненных (не сорванных отказами) заданий;

4) вероятность удовлетворительной безотказной работы в течение определенного отрезка времени.

Также можно выделить другие характеристики надежности оператора: переключаемость, помехоустойчивость, спонтанная отвлекаемость, реакция на непредвиденные раздражители, выносливость в условиях экстренного напряжения и перенапряжения, устойчивость к воздействию факторов и условий окружающей среды [7].

Для оценки этих показателей применяется комплекс психофизиологических, моторно-сенсорных анализов, проведение которых требует огромных капиталовложений на покупку специального оборудования и больших трудозатрат на исследование критериев и способов оценки профессиональной пригодности оператора. Данные затраты оправданы, если речь идет о летчиках, космонавтах, хирургах и представителях аналогичных профессий, но в случае с работниками лесозаготовительных машин описанные выше исследования целесообразно проводить только для получения научных данных, с целью выявления зависимостей и закономерностей влияния тех или иных качеств оператора на основные показатели функционирования систем, а вот для профессионального отбора и обучения операторов лесных машин такие углубленные исследования затруднительны и нецелесообразны.

Необходимость в простой технологии профессионального отбора операторов при минимальных затратах заставляет искать новые пути решения. Существующую методику подготовки с использованием компьютерных симуляторов уместно использовать на первых стадиях обучения или контроля, так как действия в симуляционной среде очень отличаются от полевых, и оператор, показывающий великолепные результаты на симуляторе, может не справиться с реальной работой в лесу. По этой причине необходим новый подход, который поможет устранить данный недостаток. Наиболее перспективным направлением для решения поставленной задачи является новая динамично развивающаяся технология «Интернет вещей».

**Понятие, перспективы и проблематика концепции Интернета вещей.** Интернет вещей (Internet of Things, IoT) — современное направление, возникшее при реализации информационных технологий (ИТ) и получившее широкое распространение в различных прикладных областях [8–11]:

- городское управление («умный дом», «умный город», безопасность, образование, транспорт, здравоохранение);
- природные ресурсы и уравновешенная экономика (энерго- и ресурсосбережение, интеллектуальные сервисы, платформы доставки информации, логистика);
- промышленный сегмент (*Industry 4.0*).

В данной статье мы более подробно остановимся на использовании технологии IoT в областях образования и измерения, но прежде чем затронуть это направление, необходимо понять, какой смысл вкладывается в определение «Интернет вещей».

В определении «Интернет вещей» нужно отделить слово «Интернет» от понятия «всемирная паутина» (*WWW — World Wide Web*), которые иногда использу-

ются как синонимы. В первом случае речь идет о физической, технической составляющей сети (сетевое оборудование — коммутаторы, роутеры и т. д.), а «всемирная паутина» — это программная составляющая, которая создает интерфейс на основе гипертекстовой системы для упрощения взаимодействия с человеком [13–14]. Слово «вещей» в некоторых источниках заменяется на «объекты» [14], что подразумевает некие материальные объекты, связь между которыми реализуется посредством Интернета.

Таким образом, при объединении двух этих слов мы получим следующее определение: Интернет вещей — это технология по созданию интеллектуальных сетей, которые связывают между собой множество объектов и устройств, предоставляющих информацию о своем состоянии, изменении и воздействии окружающих факторов [14–16].

Согласно отчету Национального разведывательного совета США, который был опубликован в 2008 г., IoT является одной из наиболее перспективных технологий и занимает место наравне с робототехникой, биотопливом и биохимией, а также технологией «чистого угля» [15]. Примечательно, что именно начиная с 2008 г., точнее, в интервале 2008–2009 гг., произошел переход от «Интернета людей» к «Интернету вещей», т. е. количество подключенных к сети предметов превысило количество людей [17].

Высокие темпы развития и доступность данной технологии обусловлены заинтересованностью крупных IT-игроков, таких как Microsoft (*Windows 10 IoT*, *Windows Remote Arduino* и *Windows Virtual Shield for Arduino*), Google (*Project Brillo*), Intel (*Intel IoT Developer Kit*), IBM, Arduino, Cisco и др., которые создают открытые платформы, программы и технические средства (датчики, одноплатные компьютеры, средства связи) для IoT. Среди отечественных компаний наибольший интерес проявляют «Ростелеком», GS Group, «Ростех» и группа «Каскол» [18–20].

Стремительный рост практического применения IoT-технологии стал возможен благодаря быстрой капитализации стартапов и краудфандингу (*crowdfunding*). Самые большие краудфандинговые площадки в мире — это первопроходец Kickstarter, Boomstarter, IndieGoGo, RocketHub, PeerBackers, Boomerang, в России — Planeta.

Технология IoT, несмотря на большое количество катализаторов (развитие технических средств, открытых программных платформ, а также всесторонний интерес IT-компаний), имеет ряд проблем [14]:

- переход от протокола IPv4 к IPv6 (в начале 2010 г. закончились свободные адреса IPv4. Этот факт может сдерживать развитие Интернета вещей, так как новым датчикам понадобятся новые IP-адреса. На этот случай и создан IPv6, который к тому же упрощает управление сетями и повышает безопасность);

- энергопитание датчиков (на данный момент подавляющее большинство сенсоров для поддержания своей автономности работают от батареек или зарядных устройства, утилизация которых приносит экологический вред окружающему миру);

- принятие общих стандартов (основные вопросы касаются таких областей, как общая безопасность систем и защита личной информации, архитектура и коммуникации);

- переход от «облачных» технологий к «туманным» (имея практически неограниченные возможности, «облачные» технологии стали главным катализатором развития сети Интернет, но для Интернета вещей необходимо что-то большее. IoT — это огромная концентрация датчиков, камер, смартфонов, компьютеров, которые взаимодействуют между собой и различными приложениями. Для того, чтобы получить наибольшую полезность, необходимо обрабатывать и анализировать данные в реальном времени, но из-за ограничения средств связи это не всегда возможно, так как объем передаваемых данных может превышать технические возможности сети, например, работа множества камер и датчиков в современном торговом комплексе. Именно по этой причине предлагается создать некое промежуточное (локальное) звено, которое возьмет на себя часть обрабатываемой информации [21–22]).

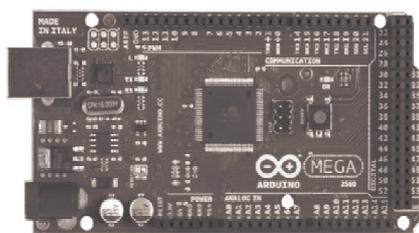
**Общая схема применения IoT при исследованиях и измерениях.** Использование технологии Интернета вещей возможно с различными техническими и информационными системами, каждая из которых имеет плюсы и минусы и может быть заменена на эквивалентную систему, например, плату компании Raspberry можно заменить на Intel Galileo и обратно — все будет зависеть от удобства работы в той или иной программно-аппаратной среде и стоимости проекта. В данной статье мы предлагаем использовать технологические разработки компании Arduino и программные продукты Microsoft.

Arduino — это своего рода электронный конструктор, разработанный для взаимодействия компьютерных систем с окружающим физическим миром (*physical computing*) [23]. Открытость платформы, большое количество датчиков, простота языка программирования сделали платформу удобной и востребованной как для учащихся, новичков, так и для профессионалов. Устройство программируется через USB без использования программаторов.

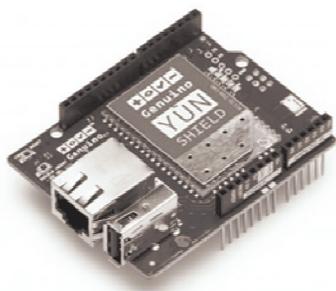
Компания выпускает различные платы по трем направлениям (рис. 1): начальный уровень (*a*); расширенный уровень для более сложных проектов и Интернета вещей, со встроенным каналом связи (*b*).

Микроконтроллеры выступают как промежуточное звено между огромным количеством датчиков (сенсоров), взаимодействующих с окружающей средой и компьютером (сервером), который обрабатывает полученные данные и выдает их в наглядном виде по средствам программного интерфейса. Общая схема представлена на рис. 2.

В данной схеме приведена система с использованием «облачных» технологий для хранения, обработки и предоставления информации участникам процесса. Система также позволяет создавать универсальные приложения для мобильных устройств (IOS, Android, Windows).



а)



б)

Рис. 1. Микроконтроллерные платы Arduino: а — Arduino UNO; б — Arduino Yún

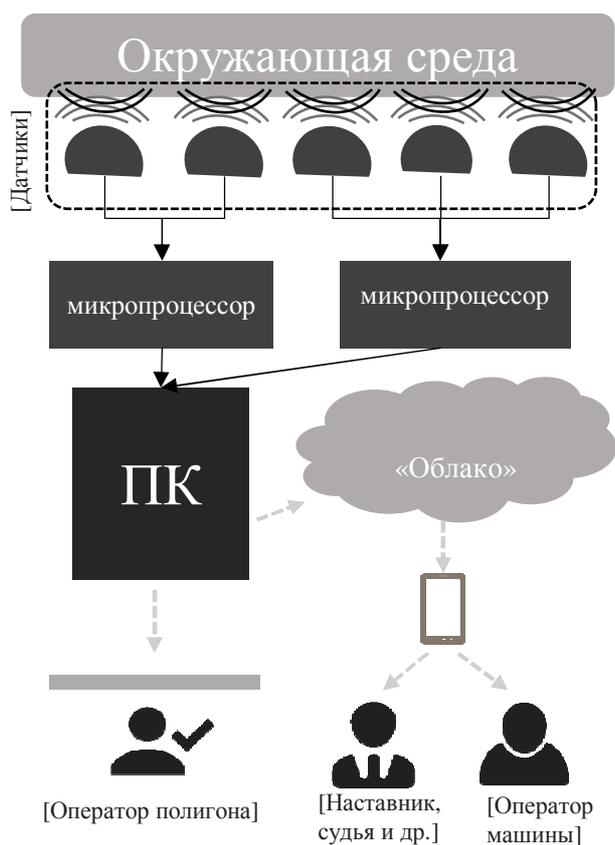


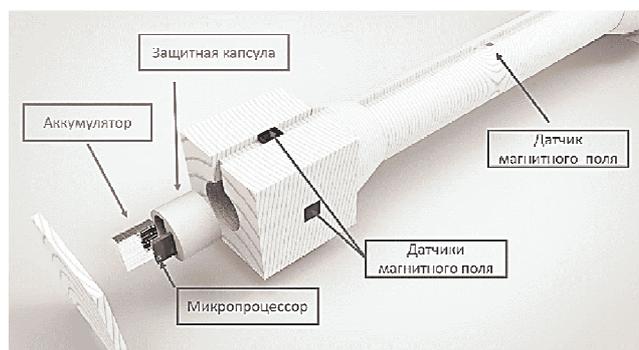
Рис. 2. Общая схема использования технологии «Интернет вещей»

**Использование IoT для оценки точности и скорости работы оператора многозадачных лесных машин харвестер и форвардер.** На основании последних исследований в области влияния специалистов на основные показатели функционирования лесозаготовительной техники можно сказать, что от оператора

харвестера зависит от 40 до 100 % производительности системы в целом [24–25]. При этом стоит учесть, что производительность в одинаковых условиях у русских операторов лесозаготовительных компаний приблизительно в 2 раза меньше, чем у их финских коллег [26–27]. Данная проблема вынуждает искать новые пути тестирования, обучения и отбора операторов.

Некоторые люди могут стать эффективными операторами харвестера или форвардера, а некоторые — нет. Причины обычно заключаются в психомоторных свойствах конкретного человека, которые по своей природе являются генетическими [28]. Если оператор не обучается эффективной работе достаточно быстро, то он, вероятно, никогда не научится выполнять ее результативно. В этом случае лучше, если он как можно скорее сменит свое поле деятельности. При обучении операторов процесс принятия решения о профессиональной компетенции в большинстве случаев основывается на субъективной оценке преподавателя, наставника или инструктора, которая формируется на протяжении длительного времени и с долей ошибок, возникающих в силу человеческого фактора.

Потребность в непредвзятом и ускоренном процессе отбора приводит к необходимости создания автоматической системы оценки точности работы оператора на основе IoT. Для определения точности и скорости работы оператора возможно использовать мобильный комплекс (рис. 3).



а)



б)

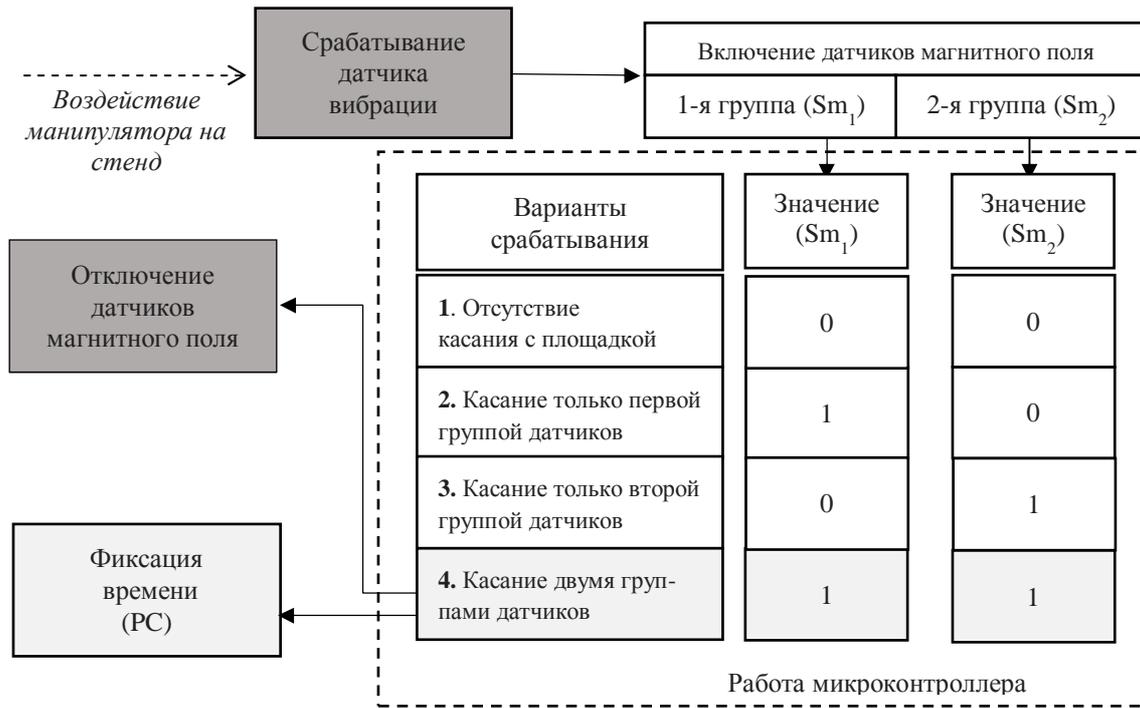
Рис. 3. Строение стойки (а) и магнитной площадки (б)

Автоматическая система оценки точности работы стрелы и головки лесозаготовительных машин, управляемых оператором, состоит из двух компонентов (рис. 3): мобильная стойка (а), содержащая набор датчиков и микропроцессор; передвижная магнитная пло-

щадка (б), состоящая из постоянных магнитов и покрытая листами металла.

**Принцип работы стенда.** Когда оператор производит захват стойки, срабатывает датчик вибрации и тем самым производится запуск датчиков магнитного поля. Датчики магнитного поля необходимы для завершения отсчета времени, которое затрачивает оператор на выполнение данного задания. Это происходит за счет того, что, как только стойка касается специальной платформы, которая имеет встроенные постоянные магни-

ты, срабатывают два датчика магнитного поля с разных концов стойки, и система воспринимает этот сигнал как завершение задания. Далее происходит отключение датчиков магнитного поля и включение датчика вибрации, т. е. переход в экономичный режим. Датчик вибрации используется для экономии заряда аккумулятора, приводит в действие и отключает другие датчики по мере использования или бездействия стойки. Принцип работы мобильной системы учета скорости и точности представлен на схеме 1.



**Схема 1.** Принцип работы мобильной стойки по оценке точности и скорости работы оператора

С момента запуска и отключения датчиков передача данных осуществляется по беспроводной связи. Компьютер собирает, обрабатывает полученную информацию, выдает результат и при необходимости может отправлять данные в «облачное» хранилище для хра-

нения и передачи информации заинтересованным лицам (оператору харвестера, форвардера или инструктору) по средствам «всемирной паутины». Основные параметры оценки точности работы оператора представлены в таблице.

*Основные параметры оценки точности работы оператора*

Вар.	Значение цифровых датчиков		Количество срабатываний датчиков			Время срабатывания датчиков (t <sub>1</sub> , t <sub>2</sub> ), общее время работы (T)			Результат
	Sm <sub>1</sub>	Sm <sub>2</sub>	Pm <sub>1</sub>	Pm <sub>2</sub>	P	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	T	
1	0	0	0	0	0	∞	∞	∞	Задание не выполнено
2	1	0	P <sub>1</sub>	0	P <sub>1</sub>	a	∞	∞	Задание не выполнено
3	0	1	0	P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	∞	b	∞	Задание не выполнено
4	1	1	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> +P <sub>2</sub>	a	b	max(a, b)	Задание выполнено

Примечание. P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> — количество срабатываний датчиков магнитного поля; P — общее количество срабатываний датчиков; a, b — последнее время срабатывания Sm<sub>1</sub> и Sm<sub>2</sub> соответственно.

Алгоритм оценивания результатов операторской деятельности по 5-балльной шкале представлен в виде формул (1) – (3).

Оценивание скорости работы оператора (O<sub>c</sub>):

$$O_c = \begin{cases} 5, & 0 < T \leq x_1 \\ 4, & x_1 < T \leq x_2 \\ 3, & x_2 < T \leq x_3 \\ 2, & T > x_3 \end{cases}, \quad (1)$$

где  $x_1, x_2, x_3$  — время, полученное эмпирическим путем, в результате работы профессионального оператора, для каждого задания в отдельности.

Оценивание точности работы оператора ( $O_T$ ):

$$O_T = \frac{t_{\text{норм}}}{t_{\text{факт}}}, \quad (2)$$

где  $y_1, y_2, y_3$  — количество касаний стойки с магнитным основанием, установленное экспертами и профессиональными операторами для каждого задания в отдельности.

Общая оценка на всем полигоне ( $O_{\text{общ.}}$ ):

$$O_{\text{общ.}} = \frac{\sum O_T}{n}, \quad (3)$$

где  $n$  — количество установленных стоек на полигоне.

**Варианты использования системы.** Представленная система является мобильной, что позволяет использовать ее как на полигоне, так и в полевых условиях, в лесах (рис. 4). В отличие от стационарных систем мобильные системы обладают множеством преимуществ. Главное из них — большое количество вариантов использования, так как они не привязаны к определенной местности. Недостатком данных систем является необходимость в автономной системе питания, особенно в лесных условиях, когда нет возможности подзарядить устройства.



а)



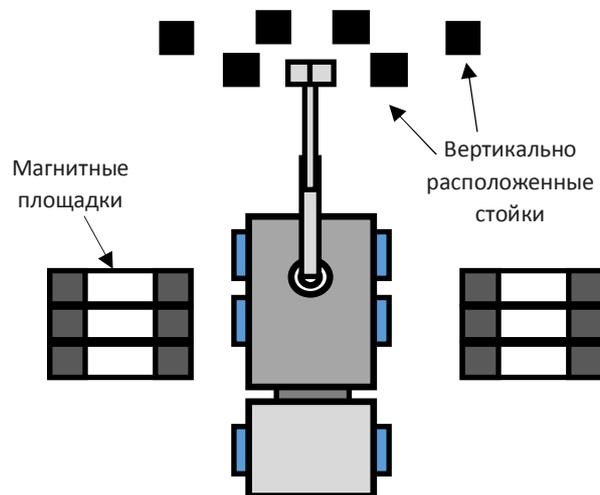
б)

**Рис. 4.** Варианты использования мобильного стенда: на полигоне (а); в полевых условиях, в лесу (б)

Варианты заданий могут быть различными, в зависимости от поставленных задач и необходимости отработать или протестировать то или иное профессиональное умение оператора. Для усложнения заданий предусмотрено использование стоек с разными диаметрами и различными видами древесины. Например, комплект стоек может состоять из шести единиц, включая три вида древесины и два вида диаметра. Описанный выше комплект позволяет расширить варианты заданий для операторов лесозаготовительных машин.

При группировке всех возможных заданий можно выделить три основных направления: задания для форвардера (стойки лежат на земле); задания для харвестера (стойки расположены вертикально); смешанный тип (часть стоек стоит, другая часть — лежит на земле).

*Тип задания «харвестер»* имитирует условия лесосеки для харвестера (рис. 5). Стойки расположены вертикально, так как харвестер — машина, производящая спиливание дерева, обрезку сучков, раскряжевку и складирование в установленное место с учетом работы форвардера. Выполнение данного задания позволяет проверять и тренировать следующие умения оператора: поиск нужного дерева по диаметру и виду, позиционирование лесозаготовительной машины с учетом вылета стрелы, захват древостоя и умение быстро и точно переместить его в назначенное место. Если используются стойки различного диаметра и вида, то оператору необходимо произвести захват и перемещение только некоторых из них (симуляция выборочных рубок) или переместить все стойки, но в определенной последовательности (симуляция сплошных рубок).



**Рис. 5.** Вариант расположения стоек и площадок в задании «харвестер» (вид сверху)

*Задание «форвардер»* имитирует условия лесосеки для форвардера (рис. 6). В этом случае стойки располагаются горизонтально и лежат на земле, допускается их складирование в несколько рядов. Это связано с тем, что форвардер работает в связке с харвестером и предназначен для сбора и транспортировки сортимента. Задание проверяет быстроту и точность работы оператора. Для усложнения условий возможно применение различных видов стоек и перемещение части площадок в прицеп машины (рис. 6).

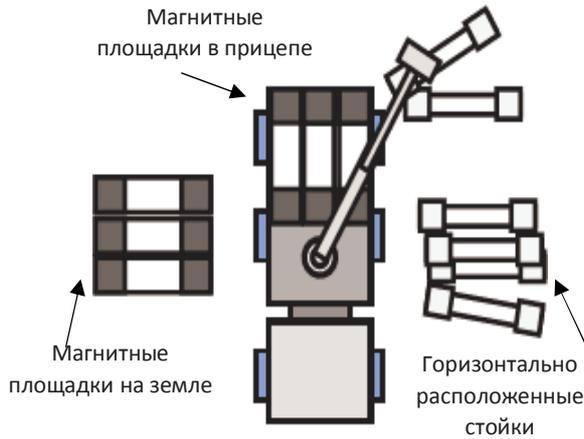


Рис. 6. Вариант расположения стоек и площадок в задании «форвардер» (вид сверху)

В «смешанном» задании часть стоек располагается вертикально, часть — горизонтально (рис. 7). Задания этого типа помогут сформировать представление о работе форвардера для оператора харвестера и наоборот. Это необходимо для понимания принципа взаимодействия между машинами, что, в свою очередь, способствует увеличению производительности. Данное задание также подготовит операторов к работе в сложные условия, когда древостой и ландшафт лесосеки неоднородны.

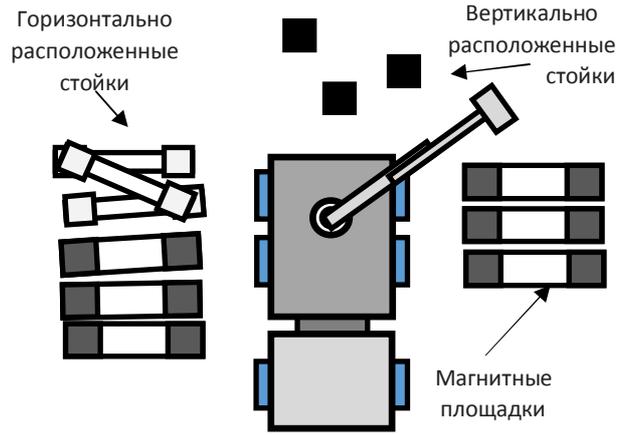


Рис. 7. Схема возможного расположения стоек и площадок в «смешанном» задании (вид сверху)

**Компьютерный интерфейс.** Задание и процесс выполнения отображаются в специально разработанном приложении для персонального компьютера и мобильных устройств (рис. 8). «Десктопная» версия программы подходит для использования операторами полигонов, наставниками, преподавателями, а также операторами для ознакомления с заданиями. Мобильная версия главным образом создана для операторов, выполняющих задания и нуждающихся в дополнительной или повторной информации, а также для контроля за выполнением всего задания.

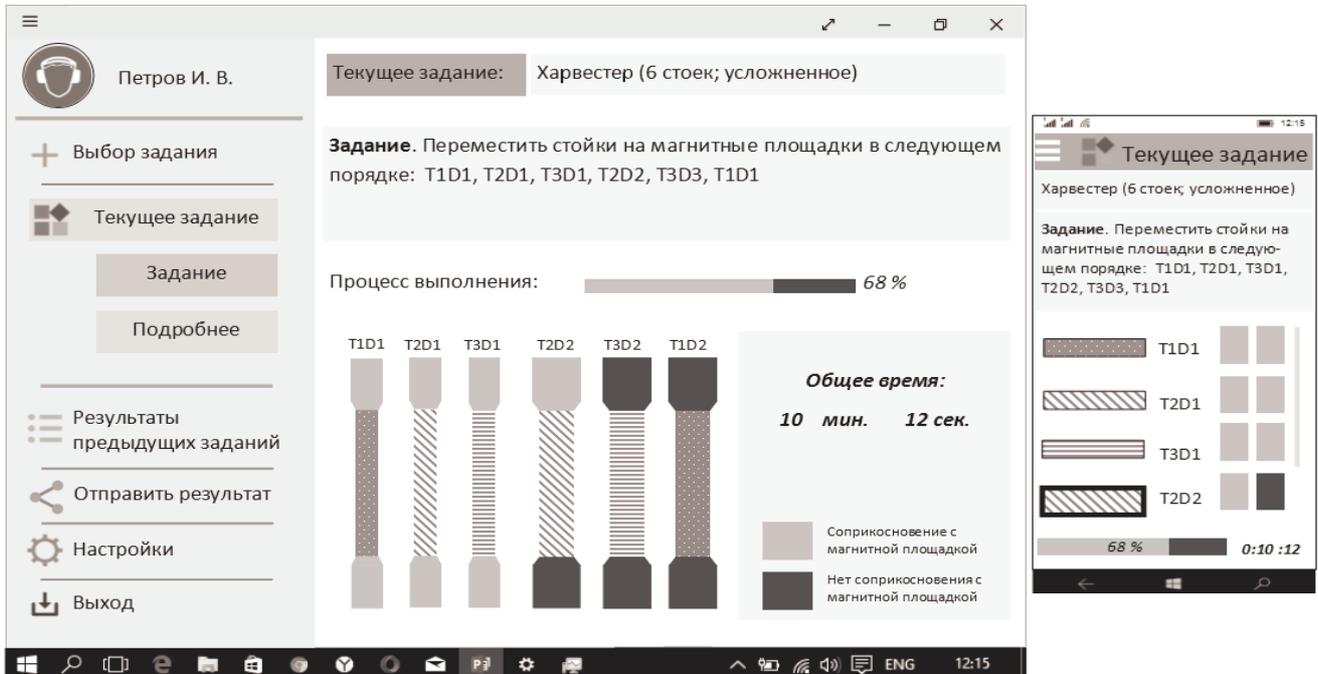


Рис. 8. Интерфейс программы («десктопная» версия слева, мобильная — справа)

Маркировка стоек (T1D1, T2D1, T3D1...) обозначает различные типы дерева ( $T_x$ ) и разнообразные диаметры ( $D_y$ ) и может быть заменена на конкретные наименования вида древесины и указание диаметра ствола стойки. Например, березовая стойка диаметром 200 мм будет иметь наименование «Береза-200».

**Выводы**

1. Надежность работы оператора является многопараметрической характеристикой, не дающей, тем не менее, достаточных данных для оценки точности и скорости действий оператора, что главным образом определяет экономические показатели его деятельности.

2. Для оценки точности и скорости могут использоваться современные технологические средства, такие как Интернет вещей, дающие возможность разработать системы и методы оценки необходимых качеств оператора лесозаготовительной техники.

3. Использование мобильной системы, основанной на IoT, дает возможность оценить работу оператора как на полигоне, так и в реальных условиях, в лесу.

4. Автоматическая система оценивания (мобильный стенд) способствует уменьшению погрешности при принятии решений о профессиональной пригодности операторов лесозаготовительной техники за счет отсутствия человеческого фактора на данном этапе отбора.

#### *Литература*

1. Никифоров Г.С. Надежность профессиональной деятельности. СПб.: СПбУ, 1996. С. 13-34.

2. Пономаренко В.А., Завалова Н.Д. Общетеоретические подходы к изучению операторской деятельности. М., 2007. С. 787.

3. Пономаренко В.А. Психология человеческого фактора в опасной профессии. Красноярск: Поликом, 2006. 629 с.

4. Гуськов А.М., Кузнецова М.С. Численное моделирование операции стернотомии с помощью хирургического робота-манипулятора при движении по заданной траектории // Наука и образование. 2013. №. 5. С. 24-27.

5. Атрощенко А.О., Поздняков С.В. История развития роботизированной хирургии и ее место в современной колопроктологии: обзор литературы // Злокачественные опухоли. 2014. №. 1 (8). С. 32-35.

6. История заготовок древесины [Электронный ресурс] // Сайт группы «Илим». URL: <http://www.ilingroup.ru/techprocess/harvesting-technologies/facts/> (дата обращения: 15.08.16).

7. Павленко М.А., Бердник П.Г., Хромов И.Ю. Метод анализа деятельности оператора автоматизированных систем управления воздушным движением // Системы обработки информации. 2007. №. 1. С. 78-82.

7. Gubbi J. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions // Future Generation Computer Systems. 2013. Т. 29, №. 7. С. 1645-1660.

8. Xia F. Internet of things // International Journal of Communication Systems. 2012. Т. 25, №. 9. С. 1101.

9. Волков А.А., Намиот Д.Е., Шнепс-шнеппе М.А. О задачах создания эффективной инфраструктуры среды обитания // International Journal of Open Information Technologies. 2013. Т. 1., №. 7.

10. Игошева А.М. Тенденции развития промышленных сетей и устройств промышленной автоматизации // Перспективы развития информационных технологий. 2015. №. 26. С. 18-21.

11. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам) / под ред. Э.Г. Азимова, А.Н. Щукина. М.: ИКАР, 2009.

12. Невдяев Л.М. Телекоммуникационные технологии. Англо-русский толковый словарь-справочник / авт.-сост. Л.М. Невдяев; под ред. Ю.М. Горностаева. М., 2002.

13. Kopetz H. Internet of things // Real-time systems. Springer US, 2011. С. 307-323.

14. Evans D. The internet of things //How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything, Whitepaper, Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). 2011. Т. 1. С. 1-12.

15. Бородин В.А. Интернет вещей—следующий этап цифровой революции //Образовательные ресурсы и технологии. 2014. Т. 2, №. 5. С. 178-181.

16. Disruptive Civil Technologies. Six Technologies with Potential Impacts on US Interests out to 2025 // The National Intelligence Council sponsors workshops and research with nongovernmental experts to gain knowledge and insight and to sharpen debate on critical issues. CR 2008-07 April 2008. P. 27-32.

17. Рожков Р., Коломыченко М., Новый В. Интернет на пороге вещности [Электронный ресурс] // «Коммерсантъ»: газ. 2015. 29 окт. (№ 200). С. 7. URL: <http://www.kommer-sant.ru/doc/2842468> (дата обращения: 15.08.16).

18. Ke H. The Key Technologies of IOT with Development & Applications [J] // Radio Frequency Ubiquitous Journal. 2010. Т. 1. С. 012.

19. Khan R. Future internet: the internet of things architecture, possible applications and key challenges // Frontiers of Information Technology (FIT), 2012 10th International Conference on. IEEE, 2012. С. 257-260.

20. Bonomi F. Fog computing: A platform for internet of things and analytics // Big Data and Internet of Things: A Roadmap for Smart Environments. Springer International Publishing, 2014. С. 169-186.

21. Maciej Kranz Fog Computing: Bringing Cloud Capabilities Down to Earth [Электронный ресурс]. URL:<https://www.linkedin.com/pulse/fog-computing-bringing-cloud-capabilities-down-earth-macie> (дата обращения: 05.10.2016).

22. Kato Y. Splish: a visual programming environment for Arduino to accelerate physical computing experiences //2010 Eighth International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing. IEEE, 2010. P. 3-10.

23. Kováč J. Research on reliability of forest harvester operation used in the company Lesy Slovenskej Republiky //J. FOR. SCI. 2013. Vol. 59, №. 4. С. 169-175.

24. Väätäinen K., Sikanen L., Asikainen A. Feasibility of excavator-based harvester in thinnings of peatland forests// International Journal of Forest Engineering, 2004. №. 15. P. 103-111.

25. Герасимов Ю.Ю., Сенькин В.А., Вятайнен К. Производительность харвестеров на сплошных рубках [Электронный ресурс] // Resour. Technol: электрон. журн. 2012. №. 2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/proizvoditelnost-harvesterov-na-sploshnyh-rubkah>.

26. Väätäinen, K., Liiri, H., Asikainen, A., Sikanen, L., Jylhä, P., Rieppo, K., Nuutinen, Y., Ala-Fossi, A. Korjureiden ja korjuuketjun simulointi ainespuun korjuussa. Metlan työraportteja. 2007. 48. 78 p

27. Вилле С., Ханну П. Эффективное управление харвестером и форвардером понссе: практ. руководство для операторов. СПб., 2011. С. 40.

#### *References*

1. Nikiforov G.S. Reliability professional activity. SPb.: SPbU, 1996. P. 13-34.

2. Ponomarenko V.A., Zavalova N.D. Theoretical approaches to the study of operator practices. М., 2007. P. 787.

3. Ponomarenko V.A. Human factors Psychology in a dangerous profession. Krasnoyarsk: Polikom, 2006. 629 p.

4. Gus'kov A.M., Kuznetsova M.S. Numerical modeling operations sternotomy through surgical robot-manipulator in a predetermined path // Science and Education. 2013. №. 5. P. 24-27.

5. Atroshchenko A.O., Pozdnyakov S.V. The history of the development of robotic surgery and its place in modern Coloproctology: literature review. 2014. №. 1 (8). P. 32-35.

6. History of timber: access mode [Elektronnyi resurs] // Sait gruppy «Ilim». URL: <http://www.ilingroup.ru/techprocess/harvesting-technologies/facts/> (data obrashcheniya: 15.08.16).
7. Pavlenko M.A., Berdnik P.G., Khromov I.Yu. Method of analysis activities of the operator of the automated air traffic control systems // *Sistemi obrobki informatsii*. 2007. № 1. P. 78-82.
8. Gubbi J. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions // *Future Generation Computer Systems*. 2013. T. 29, № 7. P. 1645-1660.
9. Xia F. Internet of things // *International Journal of Communication Systems*. 2012. T. 25, № 9. P. 1101.
10. Volkov A.A., Namiot D.E., Shneps-shneppe M.A. On the challenges of creating an efficient habitat infrastructure // *International Journal of Open Information Technologies*. 2013. T. 1, № 7.
11. Igosheva A.M. Development tendencies of industrial networks and automation devices // *Perspektivy razvitiya informatsonnykh tekhnologii*. 2015. № 26. P. 18-21.
12. A new dictionary of methodical terms and concepts (theory and practice of language teaching) / pod red. E.G. Azimova, A.N. Shchukina. M.: IKAR, 2009.
13. Nevdyayev L.M. Telecommunication technologies. English-Russian dictionary-reference book / avt.-sost. L.M. Nevdyayev; pod red. Yu.M. Gornostaeva. M., 2002.
14. Kopetz H. Internet of things // *Real-time systems*. Springer US, 2011. P. 307-323.
15. Evans D. The internet of things // *How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything*, Whitepaper, Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). 2011. T. 1. P. 1-12.
16. Borodin V.A. Internet of things-the next stage of the digital revolution // *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii*. 2014. T. 2, № 5. P. 178-181.
17. Disruptive Civil Technologies. Six Technologies with Potential Impacts on US Interests out to 2025 // *The National Intelligence Council sponsors workshops and research with nongovernmental experts to gain knowledge and insight and to sharpen debate on critical issues*. CR 2008-07 April 2008. P. 27-32
18. Rozhkov R., Kolomychenko M., Novyi V. Internet at the threshold of thingness [Elektronnyi resurs] // «Kommersant» gaz. 2015. 29 okt. (№ 200). P. 7. URL: <http://www.kommersant.ru/doc/2842468> (data obrashcheniya: 15.08.16).
19. Ke H. The Key Technologies of IOT with Development & Applications [J] // *Radio Frequency Ubiquitous Journal*. 2010. T. 1. P. 012.
20. Khan R. Future internet: the internet of things architecture, possible applications and key challenges // *Frontiers of Information Technology (FIT), 2012 10th International Conference on*. IEEE, 2012. P. 257-260.
21. Bonomi F. Fog computing: A platform for internet of things and analytics // *Big Data and Internet of Things: A Roadmap for Smart Environments*. Springer International Publishing, 2014. P. 169-186.
22. Maciej Kranz Fog Computing: Bringing Cloud Capabilities Down to Earth [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/fog-computing-bringing-cloud-capabilities-down-earth-maciej> (data obrashcheniya: 05.10.2016).
23. Kato Y. Splish: a visual programming environment for Arduino to accelerate physical computing experiences // *2010 Eighth International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing*. IEEE, 2010. P. 3-10.
24. Kováč J. Research on reliability of forest harvester operation used in the company Lesy Slovenskej Republiky // *J. FOR. SCI*. 2013. Vol. 59, № 4. P. 169-175.
25. Väättäin K., Sikanen L., Asikainen A. Feasibility of excavator-based harvester in thinnings of peatland forests // *International Journal of Forest Engineering*, 2004. № 15. P. 103-111.
26. Gerasimov Yu.Yu., Sen'kin V.A., Vyayatainen K. Productivity of harvesters on clear felling [Elektronnyi resurs] // *Resour. Technol: elektron. zhurn*. 2012. № 2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/proizvoditelnost-harvesterov-na-splishnyh-rubkah>
27. Väättäin, K., Liiri, H., Asikainen, A., Sikanen, L., Jylhä, P., Rieppo, K., Nuutinen, Y., Ala-Fossi, A. Korjureiden ja korjuuketjun simulointi ainespuun korjuussa. Metlan työraportteja. 2007. 48. 78 p.
28. Ville S., Khannu P. Effective governance and by forwarders Ponsse Harvester: prakt. rukovodstvo dlya operatorov. SPb., 2011. P. 40.