

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 630\*372/3752

### Приборное обеспечение исследования лесосек

И.В. Григорьев<sup>1 a</sup>, А.И. Никифорова<sup>1 b</sup>, О.И. Григорьева<sup>1 c</sup>, М.В. Степанищева<sup>2 d</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, пер. Институтский 5, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>silver73@inbox.ru, <sup>b</sup>ilzp@inbox.ru, <sup>c</sup>grigoreva\_o@list.ru, <sup>d</sup>marina01031977@inbox.ru

Статья поступила 23.09.2015, принята 7.11.2015

*Рассмотрены новые технические решения, позволяющие существенно повысить эффективность изучения лесосек при проведении подготовительных работ, обеспечивающие оперативность и точность определения исследуемых показателей. Предлагаемые конструкции позволяют расширить номенклатуру показателей за счет одновременного исследования площадей больших размеров, включая размер колеи предполагаемого для выполнения лесозаготовительных работ движителя трелевочной машины и боковых полос трассы движения. Рассмотренные технические решения защищены патентами РФ на полезные модели и дают возможность измерять неровности волока, углы склона и уклона, коэффициент сопротивления движению машин, извилистость трассы движения лесных машин в плане, определять плотность и состав слоев почвы лесосеки, а также площадь проективного покрытия корневых систем. Разработанные конструкции направлены на качественное проведение подготовки лесосеки к рубке, поскольку именно на этом этапе подготовительных работ принимаются организационно-технологические решения, которые в дальнейшем во многом определяют эффективность работы машин и механизмов, удобство и безопасность персонала и в конечном итоге себестоимость заготовленной древесины и работ по лесовосстановлению. Анализ трудозатрат на лесозаготовках показывает, что на подготовительные работы приходится 35-40 % всех трудозатрат по освоению арендованного лесосечного фонда, их объем зависит от принятого технологического процесса, используемых машин, почвенно-грунтовых и рельефных условий, захламливаемости лесосеки и таксационных характеристик вырубаемого древостоя. Использование рассмотренных технических решений позволит снизить трудоемкость натурного изучения лесосек на 25-35 %.*

**Ключевые слова:** микрорельеф; извилистость трелевочных волоков; уплотнение почвы; корневые системы.

### Instrumentation for studying cutting areas

I.V. Grigorev<sup>1 a</sup>, A.I. Nikiforova<sup>1 b</sup>, O.I. Grigorerva<sup>1 c</sup>, M.V. Stepanisheva<sup>2 d</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutsky per., St Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>silver73@inbox.ru, <sup>b</sup>ilzp@inbox.ru, <sup>c</sup>grigoreva\_o@list.ru, <sup>d</sup>marina01031977@inbox.ru

Received 23.09.2015, accepted 7.11.2015

*The article describes new technical solutions developed by the staff of Forest Engineering Faculty of Saint-Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov. The solutions allow improving significantly the effectiveness of studying the logging areas under preparation. It ensures the operational capacity and the accuracy of the determination of the studied parameters. The proposed design allows extending nomenclature of the indicators due to the possibility of simultaneous study of spaces of large dimensions, including the size of the track, which is intended to perform logging operations. The technical solutions are protected by utility model patents of the Russian Federation and provide a way to measure the irregularities of the portage, slope angles and slope, the coefficient of resistance to vehicle movement and the winding trails of forest machines in the plan, to determine the density and composition of the layers of the soil cutting area, and the area of the projective cover of root systems. They focused on the qualitative preparation of the logging area to logging, as the organizational and technological solutions, made at this stage, largely determine the efficiency of machines and mechanisms, convenience and safety of staff, and, ultimately, the cost of harvested timber and reforestation in the future. Analysis of labor costs in logging shows that preparation takes 35 to 40% of all work on the development of the leased logging area. Its value depends on the technological process, machines, soil and relief conditions, and taxation characteristics of the forest. By using the technical solutions, it allows reducing the complexity of the full-scale study of felling areas by 25-35%.*

**Key words:** micro-relief; flexuosity of skid trails; soil compaction; root systems.

**Введение.** Качественное проведение подготовки лесосеки к рубке является одним из важнейших условий обеспечения высокой эффективности проведения основных работ. Именно на этом этапе лесозаготовительного производства принимаются организационно-технологические решения, которые в дальнейшем во многом определяют эффективность использования машин и механизмов, удобство и безопасность работы персонала и в конечном итоге себестоимость заготовленной древесины и лесовосстановления [1–3].

Подготовительные работы выполняются до начала основных работ и включают в себя лесосырьевую, технологическую и транспортную подготовку, а также подготовку территории лесосек, лесопогрузочных пунктов, трелевочных волоков и обслуживающих производств (обустройство мастерского участка). Анализ затрат на лесозаготовках показывает, что на подготовительные работы приходится 35–40 % всех затрат по освоению лесосечного фонда [4], их объем зависит от принятого технологического процесса, используемых машин, почвенно-грунтовых и рельефных условий, захламленности лесосеки и таксационных характеристик вырубаемого древостоя.

Технологическая подготовка лесосеки заключается в изучении лесозаготовительных условий (рельефа местности, грунтов, степени захламленности лесосек). При этом производятся изыскания трассы лесовозного уса, выбор места для размещения погрузочных площадок и мастерского участка, разработка технологического процесса лесозаготовок с учетом имеющейся у лесопользователя техники и лесоводственных требований к рубкам в данной местности, составление технологической карты разработки лесосеки, в которой указываются породный состав и запас леса на га по выделам, трассы трелевочных волоков, места расположения погрузочных пунктов и мастерского участка, способ очистки лесосеки, а также меры содействия лесовосстановлению и количественные показатели работ [5].

Следовательно, задачей технологической подготовки является обоснованный выбор рациональной схемы разработки лесосеки и ее транспортного освоения. Составляемая технологическая карта должна максимально учитывать особенности конкретной лесосеки (площадь и форма, почвенно-грунтовые условия и рельеф, таксационные характеристики, вид рубки, лесоводственные требования).

**Технические решения для повышения эффективности исследования лесосек.** Получение с минимальными затратами достоверных данных о микро-, макрорельефе лесосеки и несущей способности почвогрунта на отдельных участках является важной составляющей успешной технологической подготовки и принятия оптимальных решений по расположению трасс трелевки [6]. Следует отметить, что в настоящее время трассирование трелевочных волоков обычно проводится интуитивно [7].

Известны технические решения для измерения рельефа местности, включая автомобильные дороги, — различного вида пенетрометры и устройства для взятия проб почвы (грунта), однако эти устройства часто гро-

моздки и способны измерять лишь 1–2 изучаемых показателя.

В 2005 г. в Санкт-Петербургском государственном лесотехническом университете (СПбГЛТУ) был разработан мобильный измерительный комплекс для моделирования условий работы лесных машин при исследовании лесосеки по номенклатуре выбранных показателей в процессе подготовки к проведению лесосечных работ. Комплекс включает в себя установленный на тракторе съемный комплект приборов, содержащий измеритель крутящего момента в трансмиссии, бесконтактный датчик измерения плотности почвы, устройство для измерения неровностей опорной поверхности, датчики измерения угла склона и уклона трассы движения, контактирующие со стабилизированной платформой [8]. Это техническое решение, хотя и позволяет измерять неровности волока, углы склона и уклона, коэффициент сопротивления движению машин, но не учитывает извилистость трассы волока, которая очень существенно влияет на маневрирование лесных машин.

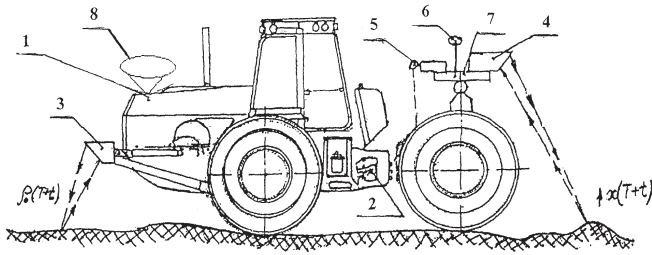
При трелевке древесины трелевочными тракторами до 70 % машинного времени система находится в режиме поворота [1], а маневрирование трелевочной системы приводит к дополнительному уплотнению боковых полос трелевочных волоков [9; 10]. Следовательно, для уменьшения уплотнения почвогрунта в боковых полосах волока важно выбрать трассу с минимальной извилистостью в плане. Кроме этого, чем меньше извилистость трассы — тем выше скорость движения лесной машины и меньше затраты энергии [11].

Учитывая, что современная лесосека может иметь площадь до 50 га и среднее расстояние трелевки около 300 м, можно наметить несколько десятков и даже сотен трасс движения. Таким образом, отсутствие научного и приборного обоснования выбора трасс движения лесных машин отрицательно влияет на эксплуатационную и экологическую эффективность их работы [1].

Для повышения эффективности исследования лесосеки при подготовке к проведению лесосечных работ путем расширения номенклатуры исследуемых показателей за счет определения в плане извилистости трассы волока было разработано техническое решение [12]. Конструкция обеспечивает возможность выбора оптимальных трасс движения и повышение производительности лесных машин путем увеличения их скорости, а также снижение энергоемкости и улучшение экологии за счет сохранения почв при всей простоте и экономичности мобильного измерительного комплекса, доступного для использования на лесозаготовительном предприятии.

В разработанном мобильном измерительном комплексе добавлен датчик определения извилистости трассы волока в плане, в качестве которого может быть использован, например, унифицированный датчик угловых скоростей (ДУСУ).

На рис. 1 представлена схема лесной машины с установленным на ней мобильным измерительным комплексом.



**Рис. 1.** Колесный лесопромышленный трактор, оснащенный измерительным оборудованием [12]: 1 — трактор; 2 — датчик крутящего момента (динамометрическая карданная передача); 3 — датчик измерения плотности почвы; 4 — локационное устройство для измерения неровностей опорной поверхности; 5 — датчик измерения угла уклона волока; 6 — датчик измерения угла уклона волока; 7 — стабилизированная платформа; 8 — датчик определения извилистости трассы волока в плане (например, ДУСУ-А-18)

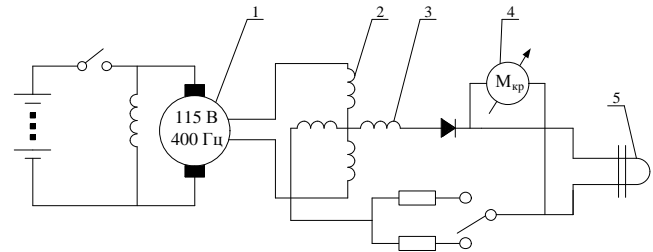
При выборе оборудования для проведения экспериментальных исследований принимались во внимание следующие требования: аппаратура должна быть простой по конструкции и схеме, малогабаритной, легко и быстро монтироваться на испытываемой машине, питаться от бортовой сети и стабильно работать при длительной эксплуатации; измерительное оборудование и экспериментатор не должны влиять на работу трактора и технологический процесс [2].

Классический способ определения крутящего момента — тензорезисторы, измеряющие касательные напряжения, возникающие в валу, которые пропорциональны крутящему моменту. Однако такой способ имеет ряд существенных недостатков, основные из которых заключаются в сложности преобразователей момента, токосъемных устройств и других приборов. При измерении крутящего момента величина тока в измерительной диагонали проволочного преобразователя сопротивления не превышает нескольких десятков микроампер, а величина изменения напряжения исследуемой детали очень мала. Это предъявляет очень высокие требования к токосъемному устройству: измене-

ние величины переходного сопротивления токосъемника должно быть меньше величины изменения сопротивления активного проволочного преобразователя в несколько десятков раз, а это трудноосуществимо при полевых испытаниях лесных машин.

Поэтому для измерения крутящего момента следует использовать линейный вращающийся трансформатор (ЛВТ), называемый также поворотным трансформатором [13].

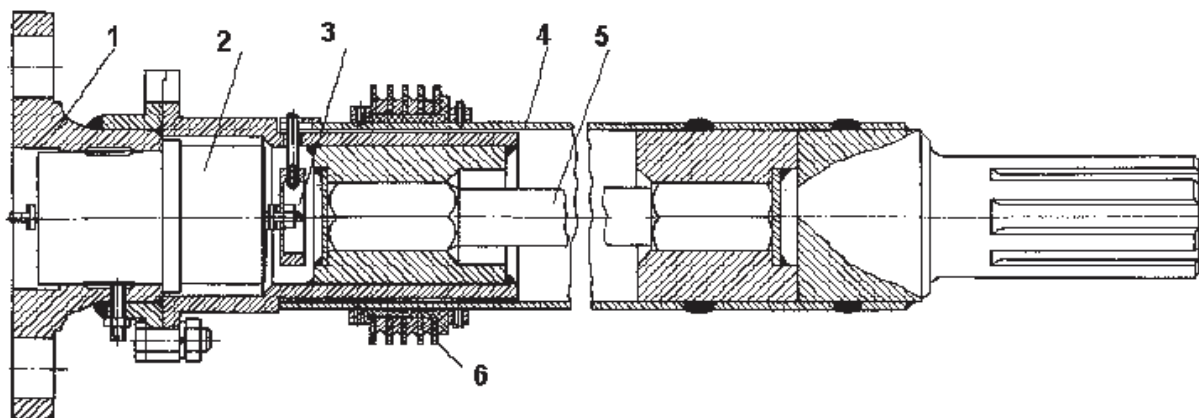
На рис. 2 показана принципиальная электрическая схема регистрации крутящего момента. С преобразователя напряжения 1 на первичную обмотку ЛВТ 2 подается стабильное переменное напряжение. С вторичной обмотки 3 напряжение, пропорциональное крутящему моменту, через выпрямитель 4 подается на вибратор осциллографа 5. Параллельно вибратору включен прибор визуального наблюдения за процессом (вольтметр, шкала которого проградуирована в Н·м).



**Рис. 2.** Принципиальная электрическая схема регистрации крутящего момента [13]

Мощный выходной сигнал ЛВТ позволяет в случае необходимости одновременно регистрировать процесс на счетчики и осциллограф, а также вести визуальную оценку по прибору. Непрерывная запись крутящего момента обеспечивает возможность анализа текущих процессов.

Схема установки ЛВТ в карданной передаче показана на рис. 3.



**Рис. 3.** Схема установки ЛВТ в карданной передаче [13]: 1 — шарнир карданной передачи; 2 — корпус ЛВТ; 3 — поводок; 4 — труба; 5 — торсионный вал; 6 — токосъемник

Питание ЛВТ и снятие сигнала с него осуществляются через кольцевой токосъемник простейшей конструкции. Из-за большой мощности выходного сигнала переходное сопротивление токосъемника практически не сказывается на точности измерений. На рис. 4 и 5 соответственно показаны динамометрический карданный вал, установленный в трансмиссию трактора, и токосъемник.

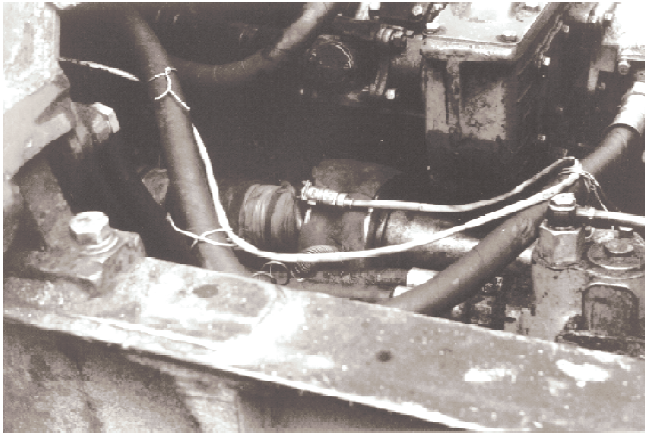


Рис. 4. Динамометрический карданный вал

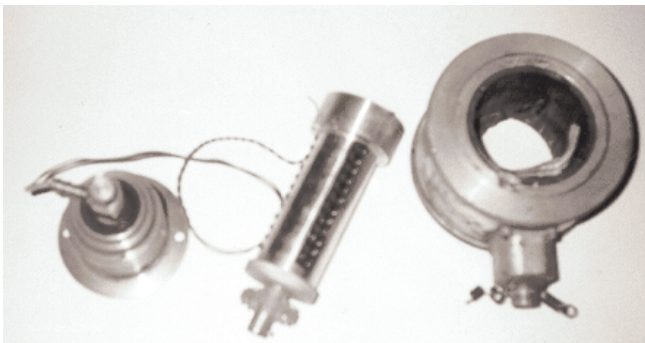


Рис. 5. Токосъемник с корпусом

Модернизированный мобильный измерительный комплекс позволяет получать более полную необходимую информацию о трассах движения лесных машин, которую в совокупности можно считать навигационной картой лесосеки, делянки, квартала и использовать для аналитики навигации других мобильных объектов. После выполнения измерительных работ и демонтажа комплекта измерительных приборов можно использовать лесопромышленный трактор на основных лесозаготовительных операциях.

Датчик измерения плотности почвы, выполненный в виде доплеровского радара, призван существенно уменьшить трудоемкость сбора данных о плотности почвогрунта на лесосеке. Однако лесной почвогрунт имеет очень сложный состав и представляет собой многослойную систему, состоящую из нескольких органических и одного или нескольких минеральных слоев, с которыми движители лесных машин взаимодействуют одновременно. Причем в состав почвогрунта входит также корневая система деревьев и кустарников, расположенная случайным образом [14]. Из-за этого бесконтактный датчик измерения плотности почвогрунта не показал надежной работы.

Воздействие лесных машин на лесную среду принято оценивать по двум основным показателям: влияние

на почву и на подрост. Наиболее важным для последующего естественного лесовозобновления является воздействие на почву, которое может быть положительным или отрицательным [2].

Наиболее существенным изменением под воздействием движителей лесозаготовительных машин и персонала является уплотнение лесной почвы, в результате чего уменьшаются порозность, аэрация, водопроницаемость, что приводит к заболачиванию как во влажных типах лесов (долгомошниках, сфагновых и пр.), так и в лесах с оптимальным увлажнением (кисличник, черничник), а также к угнетению и полному прекращению роста деревьев [15].

Для оперативной оценки влияния лесозаготовительной техники на плотность почвы в СПбГЛТУ был создан не имеющий аналогов ручной прибор, позволяющий без больших затрат и с приемлемой точностью оценивать уплотнение почвы (рис. 6) [16].

Прибор состоит из цилиндрического ножа с механизмом вращения, выталкивателя зерна почвы и сигнализации предельного погружения ножа в почву. На корпусе устройства, сделанного из трубы 3/4", с помощью муфт закреплены верхний и нижний упоры.

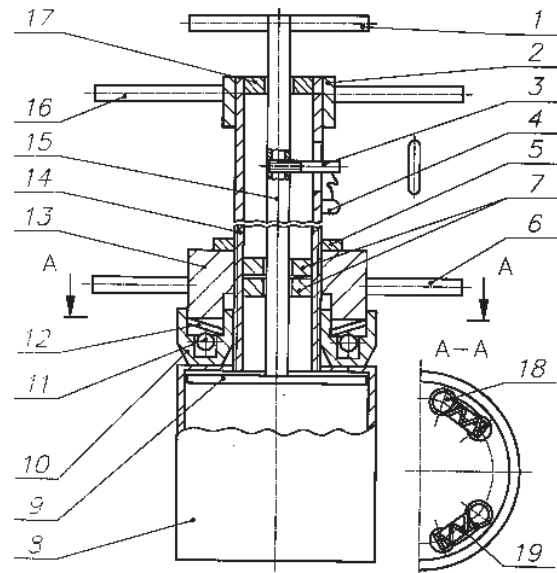


Рис. 6. Устройство для вырезания образца почвы: 1 — ручка выталкивателя; 2 — муфта; 3 — поводок; 4 — выключатель концевой; 5 — контргайка (ГОСТ 8961-75); 6 — упор нижний; 7 — втулка направляющая; 8 — нож цилиндрический; 9 — выталкиватель; 10 — корпус; 11 — шарик; 12 — пружина дисковая; 13 — муфта; 14 — труба (3/4"); 15 — труба (8–10); 16 — упор верхний; 17 — втулка направляющая; 18 — шарик; 19 — пружина

Внутри корпуса по втулкам может перемещаться шток с ручкой выталкивателя зерна почвы. Предельное перемещение выталкивателя при вырезании зерна отслеживается сигнальной системой, состоящей из концевой выключателя, связанного поводком со штоком, и источника световой сигнализации. Система сигнализации исключает уплотнение почвы при вырезании зерна. Механизм вращения включает корпус с четырьмя пазами, имеющими наклонные плоскости, по которым могут перемещаться шарики под воздействием цилиндрических пружин. В корпусе механизма вращения установлена цилиндрическая пружина, которая при

отсутствии усилий на упорах внутренней окружностью опирается на корпус механизма вращения, а наружной — находится в контакте с нижней муфтой; шарики при этом под воздействием цилиндрических пружин занимают верхнее положение наклонной плоскости.

Принцип работы устройства заключается в следующем. Для снижения сопротивления резанию почвы, пронизанной корнями растений, и сохранения структуры образца (керна) цилиндрический нож под воздействием усилий, прилагаемых исследователем на ручные и ножные упоры, совершает поступательное движение в почву. Под воздействием усилий пластинчатая пружина пригибается и опирается на шарики, которые, преодолевая усилия цилиндрических пружин, переходят в нижнее положение наклонной плоскости; при этом совершается поворот цилиндрического ножа. В момент включения сигнализации прекращается воздействие на упоры, устройство вместе с керном извлекается из почвы и затем с помощью выталкивателя керн удаляется из цилиндрического ножа.

Плотность отобранных кернов почвы определяется по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где  $\rho$  — плотность керна почвы;  $m$  — масса керна почвы;  $V$  — объем керна почвы.

Вместе с тем практика эксплуатации этого прибора показала наличие слабых мест, прежде всего недостаточную эффективность механизма поворота цилиндрического ножа. Поскольку почвы лесосек пронизаны корневой системой древостоя, устройство для вырезания керна почвы должно обеспечивать минимальное время для вырезания одного образца. Для перерезания корневой системы, пронизывающей почву, нож устройства должен поворачиваться вокруг своей оси и иметь зубчатый торец.

В дальнейшем был разработан еще один вариант устройства для вырезания образцов почвы. Модернизированный образец отличался тем, что нож получил съемные вставки из прозрачного кварцевого стекла, необходимая прочность которых определена специальным расчетом [17], и разметку нониуса. Такое новшество позволило сделать прибор более универсальным, позволяющим оценить не только плотность почвогрунта, но и состав его горизонтов. Цена деления нониуса, нанесенного на вставки кварцевого стекла, составляет 1 см, следовательно, погрешность измерения почвенных слоев составляет  $\pm 0,5$  см.

Армирующее действие корневой системы деревьев и кустарников на почвогрунт лесосеки принято учитывать через модуль Юнга, коэффициент Пуассона, которые в свою очередь связаны с влажностью, строением почвогрунтов и другими коэффициентами, значение которых предлагается находить эмпирическим путем [18–20]. Для определения содержания корней в почвогрунте используют, например, вышеописанные приборы для взятия проб почвы. Полученные керны высушивают, а затем вручную выбирают части корней, взвешивают и определяют соотношение почвогрунта и корней. Чем корней больше — тем, при прочих равных условиях, почвогрунт прочнее. Такая методика является трудоемкой и неоперативной.

Известные пробоотборники обеспечивают лишь точечное воздействие на почвогрунт, что требует при

проведении исследования большого количества измерений и не может отразить действительной картины естественного сложения или уплотнения почвогрунтов при воздействии на них лесных машин и трелевочных систем.

Экологические последствия уплотняющего воздействия лесных машин и трелевочных систем на почвогрунты лесосек во многом определяются не только степенью деформации почвогрунтов, но и процентом уплотненной площади [21]. Процент сильно поврежденной лесными машинами площади лесосеки напрямую влияет на качественный состав насаждений последующей генерации, его товарно-денежную стоимость, поскольку на сильно поврежденных лесосеках процент получаемой впоследствии низкотоварной древесины существенно выше [22; 23].

Для повышения эффективности изучения армирующего покрытия корневых систем деревьев и кустарников был разработан оригинальный прибор [24]. Прибор обеспечивает оперативность и точность определения показателя, дает возможность одновременного исследования площадей больших размеров, включая размер колеи предполагаемого для выполнения лесосечных работ движителя трелевочной системы и боковых полос трасс движения.

Прибор включает вертикальную штангу с рукояткой на одном конце и наконечником на другом. Наконечник выполнен в виде закрепленной перпендикулярно штанге площадки, на рабочей поверхности которой в гнездах смонтированы равномерно расположенные подпружиненные иглы, под пятками которых установлены нормально разомкнутые контакты, соединенные в питающуюся от источника единую электрическую цепь, содержащую цифровое устройство для подсчета количества замкнутых контактов. Около рукоятки установлен соединенный проводом с рабочей поверхностью наконечника индикатор, шкала которого проградуирована в процентах замкнутых контактов.

При вдавливании наконечника в виде площадки с иглами в почвогрунт часть игл не встретит на своем пути корней и заглубится, не нажав при этом на контакт. Иглы, которым встретится корень или иное твердое препятствие, под усилием, прикладываемым испытателем к рукоятке, преодолеют пружинность, вдавятся в гнездо и замкнут свои контакты, о чем поступит информация в схему цифрового устройства подсчета количества замкнутых контактов.

Устройство для подсчета количества замкнутых контактов содержит регистр, входы которого соединены с линейкой контактов, с кнопкой «пуск» подачи сигнала через формирователь, с триггером и генератором через логический элемент, который в свою очередь связан со счетчиком ограничения числа импульсов, соединяющимся с входом триггера. Выход с регистра связан со счетчиком зарегистрированных единиц через другой логический элемент, который, в свою очередь, связан с генератором, а выход счетчика зарегистрированных единиц — с табло через дешифратор, преобразующий показания счетчика в формат сигнала индикатора.

Следует особенно отметить важность изучения расположения корневых систем при планировании выборочных рубок леса, включая рубки ухода, для обеспечения сохранности и хорошего роста оставляемых на доращивание деревьев [25–27].

Оптимальный шаг квантования и длина мерного участка волокон при изучении лесосек и работы лесных машин в производственных условиях с учетом специфики лесопромышленного производства обоснованы в работе [28].

### Заключение

Рассмотренные технические решения позволяют существенно повысить эффективность изучения лесосек при проведении подготовительных работ, обеспечивают оперативность и точность определения исследуемых показателей, а также расширяют номенклатуру показателей за счет возможности одновременного исследования площадей больших размеров, включая размер колеи предполагаемого для выполнения лесозаготовительных работ движителя трелевочной машины и боковых полос трасс движения.

### Литература

1. Анисимов Г.М., Григорьев И.В., Жукова А.И. Экологическая эффективность трелевочных тракторов. СПб.: Изд-во СПб ГЛТА, 2006. 352 с.
2. Григорьев И.В. Снижение отрицательного воздействия на почву колесных трелевочных тракторов обоснованием режимов их движения и технологического оборудования. СПб.: Из-во ЛТА, 2006. 236 с.
3. Григорьев И.В., Жукова А.И., Григорьева О.И., Иванов А.В. Средоадаптивные технологии разработки лесосек в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации. СПб.: Из-во ЛТА, 2008. 176 с.
4. Григорьев И.В., Тихонов И.И., Куницкая О.А. Технологии и машины лесосечных работ. СПб.: СПбГЛТУ, 2013. 132 с.
5. Пятакин В.И., Григорьев И.В., Редькин А.К., и др. Технология и машины лесосечных работ. СПб.: ГПУ, 2012. 362 с.
6. Григорьев И.В., Жукова А.И. Координатно-объемная методика трассирования при освоении лесосек трелевкой // Изв. Вузов - Лесной журнал. 2004. № 4. С. 39-44.
7. Никифоров А.А., Григорьев И.В., Жукова А.И. Лесосека под контролем беспилотных летальных аппаратов // Дерев. ру. 2010. № 4. С. 50-56.
8. Анисимов Г.М., Григорьев И.В., Кочнев А.М., Пятакин В.И., Иванов В.А. Мобильный измерительный комплекс: пат. 48052. Рос. Федерация; опубл. 10.09.05.
9. Шапиро В.Я., Григорьев И.В., Лепилин Д.В., Жукова А.И. Моделирование уплотнения почвогрунта в боковых полосах трелевочного волока с учетом изменчивости трассы движения // Учен. зап. Петр. гос. ун-та. Сер. Естеств. и техн. науки. 2010. № 6. С. 61-64.
10. Григорьев И.В., Былев А.Б., Хахина А.М., Никифорова А.И. Математическая модель уплотняющего воздействия динамики поворота лесозаготовительной машины на боковые полосы трелевочного волока // Учен. зап. Петр. гос. ун-та. Сер. Естеств. и техн. науки. 2012. № 8. С. 61-64.
11. Lisov, V.Yu., I.V. Grigor'ev Determination coefficient filtration of forest soil European Science and Technology // Materials of the IV international research and practice conference. Munich, April 10<sup>th</sup> – 11<sup>th</sup>, 2013 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany, 2013. Vol. 1. P. 268–274.
12. Анисимов Г.М., Кочнев А.М., Григорьев И.В., Юшков А.Н., Никифорова А.И., Хахина А.М. Мобильный измерительный комплекс: пат. 116624. Рос. Федерация; опубл. 27.05.12.
13. Анисимов Г.М., Кочнев А.М., Григорьев И.В., Пятакин В.И. Устройство для измерения крутящего момента: пат. 468504 Рос. Федерация; опубл. 27.07.05.
14. Григорьев И.В., Тихонов И.И., Григорьева О.И., Рудов М.Е. Поиск новых технических решений для повышения экологической совместимости лесных машин с лесной средой // Интенсификация формирования и охраны интеллектуальной собственности: материалы республ. научно-практ. конф., посвящ. 75-летию ПетрГУ. Петрозаводск, 2015. С. 9-11.
15. Григорьев И.В., Григорьева О.И. Основные направления обеспечения экологической безопасности лесозаготовительного производства // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. по материалам междунар. заоч. научно-практ. конф. 2015. Т. 3, № 2-1 (13-1). С. 202-205.
16. Григорьев И.В., Жукова А.И., Григорьева О.И. Устройство для взятия проб почвы: пат. 32277. Рос. Федерация; опубл. 10.09.03.
17. Григорьев И.В., Слеповичев А.А. Анализ напряженно-деформированного состояния конечно-элементной модели оболочки прибора для определения плотности лесных почв // Материалы X международной научно-практической конференции «Педагогический менеджмент и прогрессивные технологии в образовании». Пенза, 2003. С. 499-501.
18. Григорьев И.В., Макуев В.А., Былев А.Б., Хахина А.М., Григорьева О.И., Калинин С.Ю. Оценка уплотнения почвогрунта при ударных воздействиях на расстоянии от места удара // Вестн. Моск. гос. ун-та леса - Лесной вестник. 2014. № 2. С. 30-35.
19. Григорьев И.В., Макуев В.А., Никифорова А.И., Хитров Е.Г., Устинов В.В., Калинин С.Ю. Исследование коэффициента сопротивления передвижению колесных лесных машин // Вестн. Моск. гос. ун-та леса - Лесной вестник. 2014. № 2. С. 36-41.
20. Григорьев И.В., Макуев В.А., Шапиро В.Я., Рудов М.Е., Никифорова А.И. Расчет показателей процесса уплотнения почвогрунта при трелевке пачки хлыстов // Вестн. Моск. гос. ун-та леса - Лесной вестник. 2013. № 2 (94). С. 112-119.
21. Григорьев И.В., Григорьева О.И., Никифорова А.И. Технология и машины лесовосстановительных работ. СПб.: Издательство «Лань», 2015. 272 с.
22. Куницкая О.А. Обоснование направлений диверсификации обработки низкотоварной древесины на комплексных лесопромышленных предприятиях с использованием инновационных технологий: моногр. СПб.: СПбГЛТУ, 2015. 250 с.
23. Куницкая О.А. Низкотоварная древесина как проблема общероссийского масштаба // Материалы XI международной научно-технической интернет-конференции "Леса России в XXI веке". СПб.: СПбГЛТУ, 2014. С. 85 – 95.
24. Григорьев И.В., Ланских Ю.В., Рудов М.Е., Первозчиков А.А., Куницкая Д.Е., Ланских А.М., Никифорова А.И., Ланских В.Г., Григорьева О.И. Прибор для определения армирующей способности корневых систем покрытия почвогрунтов при исследовании лесосек: пат. 152844 Рос. Федерация; опубл. 20.06.15.
25. Григорьева О.И., Головина А.В. Постепенные рубки в Кисинском лесничестве // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 6-1. С. 152-155.
26. Кондрашова Д.В., Григорьева О.И., Мышак Г.Я. Влияние ухода за лесом на общую производительность основных древостоев // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 6-1. С. 162-164.
27. Никифорова А.И., Григорьева О.И., Киселев Д.С., Хахина А.М., Рудов М.Е. Оценка экологической безопасности работы лесных машин // Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы междунар. научно-практ. форума. 2013. С. 134-138.
28. Григорьев И.В., Жукова А.И., Цыгарова М.В., Лепилин Д.В. Планирование эксперимента при исследовании взаимодействия трелевочной системы с волоком // Вестн.

Марий. гос. техн. ун-та. Сер. Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 2. С. 36-43.

### References

- Anisimov G.M., Grigor'ev I.V., Zhukova A.I. Environmental efficiency of skidders. SPb.: Izd-vo SPb GLTA, 2006. 352 p.
- Grigor'ev I.V. Reducing the negative impact on the soil by wheeled skidders justification of the modes of their movement and technological equipment. SPb.: Iz-vo LTA, 2006. 236 p.
- Grigor'ev I.V., Zhukova A.I., Grigor'eva O.I., Ivanov A.V. Environmentally friendly technologies of development of cutting areas in the conditions of the North-West region of the Russian Federation. SPb.: Iz-vo LTA, 2008. 176 p.
- Grigor'ev I.V., Tikhonov I.I., Kunitskaya O.A. Technology and machines of cutting area works SPb.: SPbGLTU, 2013. 132 p.
- Patyakin V.I., Grigor'ev I.V., Red'kin A.K. Technology and machines of cutting area works. SPb.: GPU, 2012. 362 c.
- Grigor'ev I.V., Zhukova A.I. Coordinate-volume method of tracing in the development of cutting areas skidding // Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal. 2004. № 4. P. 39-44.
- Nikiforov A.A., Grigor'ev I.V., Zhukova A.I. Cutting area under the control of unmanned aerial vehicles // Derevo.ru. 2010. № 4. P. 50-56.
- Anisimov G.M., Grigor'ev I.V., Kochnev A.M., Patyakin V.I., Ivanov V.A. Mobile measuring complex: pat. 48052. Ros. Federatsiya; opubl. 10.09.05.
- Shapiro V.Ya., Grigor'ev I.V., Lepilin D.V., Zhukova A.I. Modelling of soil-ground compaction in the sidebands of a skid trails, taking into account the variability the route of the movement // Uchen. zap. Petr. gos. un-ta. Ser. Estestv. i tekhn. nauki. 2010. № 6. P. 61-64.
- Grigor'ev I.V., Bylev A.B., Khakhina A.M., Nikiforova A.I. Mathematical model of the sealing impact of dynamics of turn of the logging car on side strips of skid trails // Uchen. zap. Petr. gos. un-ta. Ser. Estestv. i tekhn. nauki. 2012. № 8. P. 61-64.
- Lisov, V.Yu., Grigor'ev I.V. Determination coefficient filtration of forest soil European Science and Technology // Materials of the IV international research and practice conference. Munich, April 10th - 11th, 2013 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg - Munich - Germany, 2013. Vol. 1. P. 268-274.
- Anisimov G.M., Kochnev A.M., Grigor'ev I.V., Yushkov A.N., Nikiforova A.I., Khakhina A.M. Mobile measuring complex: pat. 116624. Ros. Federatsiya; opubl. 27.05.12.
- Anisimov G.M., Kochnev A.M., Grigor'ev I.V., Patyakin V.I. Device for measuring torque: pat. 468504 Ros. Federatsiya; opubl. 27.07.05.
- Grigor'ev I.V., Tikhonov I.I., Grigor'eva O.I., Rudov M.E. The search for new technical solutions to improve the environmental compatibility of forest machines with the forest environment // Intensifikatsiya formirovaniya i okhrany intellektual'noi sobstvennosti: materialy respubl. nauchno-prakt. konf., posvyashch. 75-letiyu PetrGU. Petrozavodsk, 2015. P. 9-11.
- Grigor'ev I.V., Grigor'eva O.I. The main directions of ensuring ecological safety of timber production // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika: sb. nauch. tr. po materialam mezhdunar. zaoch. nauchno-prakt. konf. 2015. T. 3, № 2-1 (13-1). P. 202-205.
- Grigor'ev I.V., Zhukova A.I., Grigor'eva O.I. A device for taking soil samples: pat. 32277. Ros. Federatsiya; opubl. 10.09.03.
- Grigor'ev I.V., Slepovichev A.A. Analysis of stress-strain state of the finite-element model of the device shell for determining the density of forest soils // Materialy Kh mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Pedagogicheskii menedzhment i progressivnye tekhnologii v obrazovanii». Penza, 2003. P. 499-501.
- Grigor'ev I.V., Makuev V.A., Bylev A.B., Khakhina A.M., Grigor'eva O.I., Kalinin S.Yu. Evaluation of soil-ground compaction under Impact on the distance from the point of impact // Moscow state forest university bulletin - Lesnoy vestnik. 2014. № 2. P. 30-35.
- Grigor'ev I.V., Makuev V.A., Nikiforova A.I., Khitrov E.G., Ustinov V.V., Kalinin S.Yu. Studies of coefficient of resistance to movement of wheeled forestry machines // Moscow state forest university bulletin - Lesnoy vestnik. 2014. № 2. P. 36-41.
- Grigor'ev I.V., Makuev V.A., Shapiro V.Ya., Rudov M.E., Nikiforova A.I. Calculation of indicators of consolidation process of soil-ground skidding a packs of tree length stems / Moscow state forest university bulletin - Lesnoy vestnik. 2013. № 2 (94). P. 112-119.
- Grigor'ev I.V., Grigor'eva O.I., Nikiforova A.I. Technology and machines reforestation. SPb.: Izdatel'stvo «Lan», 2015. 272 p.
- Kunitskaya O.A. Justification of the directions of diversification of processing of low-commodity wood on integrated forest products companies using innovative technologies: monogr. SPb.: SPbGLTU, 2015. 250 p.
- Kunitskaya O.A. Low-commodity wood as a problem of national scale // Materialy XI mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi internet-konferentsii "Lesa Rossii v XXI veke". SPb.: SPbGLTU, 2014. P. 85-95.
- Grigor'ev I.V., Lanskih Yu.V., Rudov M.E., Perevozchikov A.A., Kunitskaya D.E., Lanskih A.M., Nikiforova A.I., Lanskih V.G., Grigor'eva O.I. The device for determining the ability of reinforcing the root systems of soil cover in the study of cutting areas: pat. 152844 Ros. Federatsiya; opubl. 20.06.15.
- Grigor'eva O.I., Golovina A.V. Shelterwood felling in Kinsink forest area // Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoi nauki. 2014. № 6-1. P. 152-155.
- Kondrashova D.V., Grigor'eva O.I., Myshchak G.Ya. Influence of care of the wood on the general productivity of pine forest stands // Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoi nauki. 2014. № 6-1. P. 162-164.
- Nikiforova A.I., Grigor'eva O.I., Kiselev D.S., Khakhina A.M., Rudov M.E. Assessment of ecological safety of operation of the forest machines // Prirodnye resursy i ekologiya Dal'nevostochnogo regiona: materialy mezhdunar. nauchno-prakt. foruma. 2013. P. 134-138.
- Grigor'ev I.V., Zhukova A.I., Tsygarova M.V., Lepilin D.V. Planning of experiment at research of interaction of skidding system with dragging // Vestn. Marii. gos. tekhn. un-ta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. 2011. № 2. P. 36-43.