

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОГРУЖЕНИЮ ЦЕНТРАЛЬНОГО ДИСКА ВЫСЕВАЮЩЕЙ СЕКЦИИ И ЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ

доктор технических наук **В.А. Зеликов**¹

доктор технических наук **В.Г. Козлов**²

аспирант **А.Л. Жиликов**²

экстерн **Е.В. Козлова**²

студент **А.А. Скрыпников**³

экстерн **А.А. Горбунов**³

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»,
г. Воронеж, Российская Федерация

3 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
г. Воронеж, Российская Федерация

В настоящее время методы выполнения исследований в агроинженерии, а также используемое оборудование шагнули далеко вперед. Многие приборы для определения давления, крутящего момента, скорости движения, частоты вращения и так далее основаны на применении электрических импульсов, магнитных полей и других основ. Как правило, такие устройства довольно дорогостоящие и не всегда доступны, поэтому на местах исследователи применяют тензометрическую аппаратуру, изготавливают тензоблоки и проводят их тарировку. У нас стоит задача определения силы сопротивления погружению плоского диска в почву при движении агрегата. Поэтому принято решение разработать и протарировать установку для определения силы сопротивления погружению центрального диска высевающей секции. В статье представлена схема устройства для определения силы сопротивления погружению центрального диска высевающей секции, которая позволила в полевых условиях получить экспериментальные данные и найти зависимость силы сопротивления погружению плоского диска в почву.

Ключевые слова: дисковая посевная секция, сила сопротивления, тарировка, плоский диск, сошник

DETERMINATION OF IMMERSION RESISTANCE OF THE CENTRAL DISC OF SEEDING SECTION AND ITS TECHNICAL SOLUTION

DSc (Engineering) V.A. Zelikov¹

DSc (Engineering) V.G. Kozlov²

post-graduate student A.L. Zhilyakov²

external student E.V. Kozlova²

student A.A. Skrypnikov³

external student A.A. Gorbunov³

1 – FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov",
Voronezh, Russian Federation

2 – FSBEI HE "Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I", Voronezh, Russian Federation

3 – FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies", Voronezh, Russian Federation

Abstract

Nowadays, the methods of performing research in agricultural engineering, as well as the used equipment, have stepped forward. Many instruments for determining pressure, torque, travel speed, rotational speed, and so on, are based on the use of electrical impulses, magnetic fields and other fundamentals. As a rule, such devices are quite expensive and not always available. Therefore, in the field, researchers use strain gauge equipment, make strain gauge blocks, and calibrate them. Our task is to determine the resistance force of a flat disc sinking into the soil when the unit moves. Therefore, it was decided to develop and calibrate the installation for determining the immersion resistance force of the central disc of the seeding section. The article presents a diagram of a device for determining the immersion resistance force of the central disc of the seeding section, which made it possible to obtain experimental data and to find the dependence of the resistance force of a flat disc when deepening into the soil.

Keywords: disc sowing section, resistance force, calibration, flat disc, gouter

Введение

Диск как конструктивный элемент посевной секции имеет простейшую форму и, казалось бы, аналитическим путем возможно установить силы, действующие на него при погружении и движении в почве на различных скоростях, но в действительности все это не так.

Силы сопротивления диску со стороны почвы зависят от ее твердости, влажности, глубины погружения, коэффициента трения по стали, удельного сопротивления почвы сдвигу, а также от радиуса, толщины диска, угла заточки режущей кромки и др.

Вышесказанное указывает на необходимость экспериментального определения силы сопротивления погружению основного центрального диска секции в почву.

Для обоснования параметров дисковой посевной секции необходимо располагать количественной информацией, такой как:

- закономерность изменения сопротивления внедрения плоского диска в почву;

- значение угла скалывания почвы при формировании борозды посредством плоского диска;

- параметры борозд под семена, создаваемых посредством дисков, которые устанавливаются под углом к направлению движения;

- влажность и твердость опытного участка в период проведения опытов [7, 10–15].

Для этого необходимо:

- разработать конструктивную схему устройства для проведения исследований по оценке сопротивления погружению плоского диска в почву, изготовить ее, провести тарировку и апробировать в полевых условиях;

- разработать конструктивную схему устройства, позволяющего определить боковую силу, действующую на посевной диск, расположенный под углом к направлению движения.

Материалы и методы

Известен ряд технических решений, которые частично могут решать стоящую задачу. Предложен способ нахождения величины смятия почвы при погружении конического плунжера [1], затем расчетным путем находят отношение нагрузки, действующей на плунжер к объему смятой почвы. Недостаток способа – не приведена схема устройства, реализующего предложенный способ.

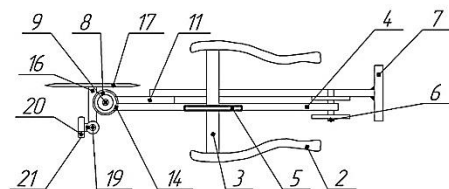
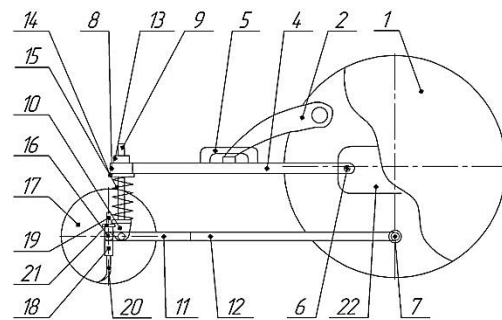
Также предложен способ расчета аналитическим путем удельного сопротивления плугу при вспашке [2] по известным плотности пласта и величине всасывающего давления. Недостаток способа – нет схем устройств, которые используются при нахождении параметров состояния почвы.

Известны устройства, оценивающие износ и сопротивление рабочих органов почвообрабатывающих машин [3, 4, 8, 9]. Недостаток – не показаны конструктивные элементы, погружающие рабочие органы в почву и регистрирующие усилие сопротивления погружению.

В твердомере почвы ИП 232 РЭ используется спиральная оттарированная пружина. Прибор не приспособлен к погружению в почву других, кроме плунжеров, элементов, типа диск [6].

Проведенный краткий анализ способов и устройств по оценке взаимодействия рабочих органов сельхозмашин с почвой указывает на необходимость разработки и изготовления установки, позволяющей определять силу сопротивления погружению диска в почву. На рис. 1 представлена схема установки, на которую был получен патент РФ № 152066 [4]. Установкой для определения силы сопротивления погружения диска в почву пользуются следующим образом: тракторист, находясь в тракторе 1, включает гидросистему трактора, в результате чего рычаги 2 опускаются вниз, но к ним жестко прикреплена балка 3, контактирующая с продольной балкой 4, на конце которой установлен упор 8 и кронштейном 10 помещена оттарированная пружина 15, внутри которой расположен шток 9. По величине выдвигания штока 9 над гайкой 13 и тарировочного графика пружины 15 определяют силу

сопротивления погружению диска в почву. Глубину погружения диска в почву фиксируют одновременно с нахождением силы сопротивления. Глубина погружения диска в почву – это расстояние между торцом направляющей 18 и ограничителем хода штока 21, его фиксируют с помощью фотокамеры с последующей обработкой кадров.



- а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – установка энергетическая (трактор); 2 – рычаги тракторной навески; 3 – балка поперечная; 4 – балка; 5 – скоба; 6 – палец; 7 – кронштейн верхней тяги гидронавески; 8 – упор; 9 – шток; 10 – кронштейн; 11 – кронштейн оси диска; 12 – тяга; 13 – гайка; 14 – шайба; 15 – пружина; 16 – ось диска; 17 – диск; 18 – направляющая; 19 – шток со шкалами; 20 – ползун; 21 – ограничитель хода штока; 22 – втулка оси нижних тяг гидронавески

Рис. 1. Установка для определения силы сопротивления [4]

В транспортное положение после окончания исследований установку переводят в такой последовательности: включают гидросистему трактора на «подъем», в результате чего рычаги 2 перемещаются вверх, увлекают за собой балку 3, контактирующую со скобой 5, жестко прикрепленной к балке 4, а к концу балки 4 посредством упора 8, гайки 13, штока 9, кронштейна 10 закреплена технологическая часть установки, которая поднимается в транспортное положение.

Применение установки позволит с достаточной степенью точности получить зависимость силы сопротивления погружению диска в почву от глубины, что исключает приобретение дорогостоящей тензометрической аппаратуры.

В условиях мастерских изготовлена установка, позволяющая определять силы сопротивления погружению диска в почву, разработанная и защищенная патентом РФ на полезную модель [5]. Следует заметить, что с целью упрощения конструкции установки в части определения глубины погружения диска в почву на одной его стороне выполнено определенное количество концентрических окружностей. Радиус каждой окружности увеличивается на один сантиметр, это позволяет при работе установки определять глубину погружения диска в почву, зная общее количество окружностей, путем вычета тех, которые находятся в почве. Количество окружностей, находящихся в почве, получаем из анализа фотоматериалов фиксации работы установки (рис. 2).



Рис. 2. Определение количество окружностей, находящихся в почве (фото авторов)

Пружину установки оттарировали на специальном стенде (рис. 3).

Силу сопротивления погружению диска в почву определяли на специальном стенде по тарировочному графику (рис. 4), построенному по экспериментальным данным (табл. 1).

По результатам обработки фотоматериалов, где указаны величина деформации пружины и глубина погружения диска, с использованием тарировочного графика (табл. 2) строится график

изменения силы сопротивления погружению плоского диска от глубины (рис. 5).



Рис. 3. Тарировка пружины (фото авторов)

Таблица 1
Результаты тарировки пружины
(собственные разработки)

P, кН	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
l, см	0,66	1,34	1,82	2,28	2,74	3,3	3,84	4,58	4,96	5,34
l, дел.	33	67	91	114	137	165	192	229	248	267

Расположение точек на графике при четырех значениях глубины погружения диска указывает на возможность описания их линейной зависимости, т. е. $R_{\text{цдз}} = 72,433$; $h_y = 17,585$.

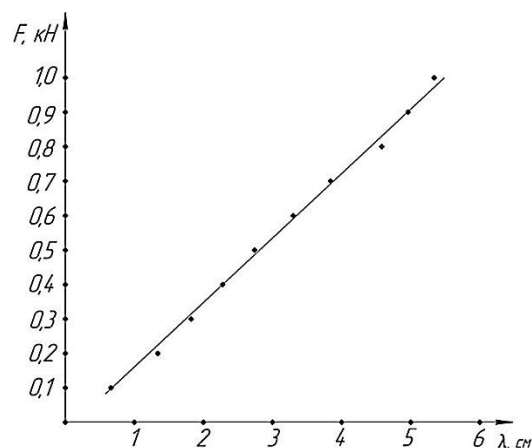


Рис. 4. Тарировочный график пружины
(собственные разработки)

Из графика (рис. 5) видно, что потребуется сила 485 Н для погружения диска в почву на глубину 7 см.

Таблица 2
Результаты экспериментальных исследований по определению силы сопротивления погружению диска в почву при скорости движения 3,33 м/с (собственные разработки)

№ п/п	Глубина погружения диска, см	Величина сжатия пружины, см	Сила сопротивления, Н
1	7,0	1,13	500,00
2	7,0	1,16	492,34
3	7,5	1,24	530,21
4	7,5	1,18	500,00
5	7,5	1,21	514,89
6	6,5	1,10	454,47
7	7,0	1,10	454,47
8	6,5	1,16	492,34
9	6,5	0,99	424,26
10	6,0	0,98	416,60
11	7,5	1,34	568,09

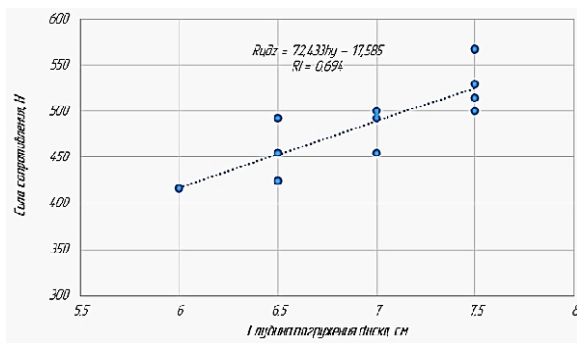


Рис. 5. График изменения силы сопротивления погружению плоского диска от глубины при скорости движения $V = 3,33$ м/с (собственные разработки)

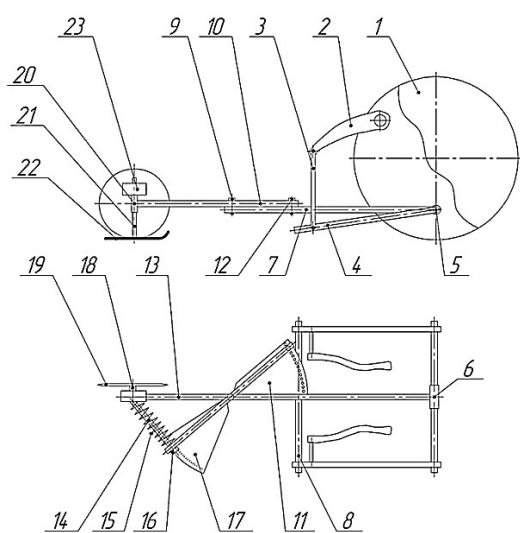
В целях создания борозды для укладки семян и стартового удобрения посевные диски устанавливаются под острыми углами, что обуславливает появление силы, действующей на боковую поверхность диска, а это и нарушает стабилизацию движения посевной секции в горизонтальной плоскости. Для регистрации боковой силы разработана конструктивная схема установки (рис. 6), навешиваемой на гидравлическую навеску трактора.

Установка для определения боковой силы состоит из трактора 1, к концам рычагов гидронавески 2 которого шарнирно закреплены раскосы 3, нижние концы которых также закреплены на нижних тягах 4 навески трактора, причем передние концы нижних тяг 4 гидронавески трактора шарнирно установлены на концах оси 5, а в средней части оси 5 установлена втулка 6. К втулке 6 жестко прикреплена тяга 7, размещенная ниже балки 8, соединяющей концы нижних тяг 4. К заднему концу тяги 7 посредством пальца 9 шарнирно прикреплен двулучий рычаг 10, причем передний конец двулучевого рычага находится над сектором со шкалой углов 11 с возможностью установки посредством фиксатора 12 в определенном положении над сектором. Посредством пальца 9 также шарнирно крепится передний кронштейн диска 13, причем к заднему концу кронштейна шарнирно прикреплен шток 14 с установленной на нем пружиной 15, свободный конец штока 14 помещен в отверстие, выполненное в заднем конце двулучевого рычага 10, свободный конец штока 14 оснащен гайкой 16, к заднему концу двулучевого рычага 10 жестко прикреплена линейка 17, нулевое значение шкалы линейки совпадает с концом штока 14. К заднему концу кронштейна диска 13 жестко прикреплена ось диска 18 с установленным на ней диском 19, причем к торцу оси 18 жестко прикреплена направляющая штока 20, куда помещен шток 21 ограничителя глубины погружения в почву 22 диска 19. На верхний конец штока 21 ограничителя глубины погружения в почву диска 19 установлены грузы 23.

Результаты и обсуждение

Последовательность для определения боковой силы, которая действует на диск, установленный под углом к направлению движения, следующая: трактор с навешенной установкой выводится на учетную делянку поля, посредством гидросистемы трактора рычаги 2 опускаются вниз, в результате чего раскосы 3, нижние тяги 4, балка, соединяющая концы нижних тяг 8 также опускаются вниз, в результате чего тяга 7 и прикрепленные к ней посредством пальца 9 конструктивные элементы: двулучий рычаг 10,

кронштейн диска 13, ось диска 18, диск 19, направляющая штока 20, шток 21, ограничитель погружения диска 22, грузы 23 опускаются вниз, при этом ограничители погружения диска 22 контактируют с почвой. Посредством перемещения штока 21 в его направляющей 20 устанавливается требуемая глубина погружения диска 19 в почву. При необходимости устанавливаются дополнительные грузы 23. Перед опусканием установки в рабочее положение посредством гайки 16 выбирается свободный зазор пружины и отмечается положение конца штока 14 относительно шкалы 17, затем передний конец двуплечего рычага 10 отводится на требуемый угол и устанавливается на секторе шкалы углов 11 посредством фиксатора 12. Это действие позволяет установить диск 19 под заданным углом к направлению движения.



а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – установка энергетическая (трактор); 2 – кронштейн гидронавески; 3 – раскос навески трактора; 4 – нижняя тяга навески; 5 – ось; 6 – втулка; 7 – тяга; 8 – балка; 9 – палец; 10 – рычаг двуплечий; 11 – сектор со шкалой углов; 12 – фиксатор; 13 – кронштейн диска; 14 – шток; 15 – пружина; 16 – гайка; 17 – линейка; 18 – ось диска; 19 – диск; 20 – направляющая штока; 21 – шток; 22 – ограничитель погружения диска в почву; 23 – утяжелитель (грузы)

Рис. 6. Установка для определения боковой силы, действующей на плоский диск (собственные разработки)

Когда на диск 19 действует боковая сила, сжимающая пружину 15, конец штока 14 принимает определенное положение относительно нулевой отметки, которое фиксирует фотокамера. Угол отклонения диска от линии направления движения определяется по формуле

$$a = a_0 - \Delta \bar{a}, \quad (1)$$

где a , a_0 – значение угла отклонения диска действительное и установленное перед проведением опыта, град.; $\Delta \bar{a}$ – среднее значение угла поворота диска, град.

Значение $\Delta \bar{a}$ определяется как средняя величина углов отклонения

$$\Delta \bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}, \quad (2)$$

где $\Delta \bar{a}$ – значение угла отклонения диска от первоначально установленного, град.; n – количество проанализированных кадров, шт.

Необходимо отметить, что шкала 17 имеет двойную тарировку по углу (в градусах) и линейную (в мм). Фиксация места положения точки конца штока 14 относительно шкалы, например, при значении N делений (мм) позволяет с применением тарировочного графика определить силу сжатия пружины

$$F = N \cdot c, \quad (3)$$

где N – число делений на шкале, мм; c – жесткость пружины, Н/мм.

После нахождения ряда значений боковой силы, действующей на диск, при различных значениях угла атаки строится график изменения боковой силы, действующей на диск, от его угла атаки при различных глубине погружения и скорости движения.

Выводы

Разработанная, изготовленная и запатентованная установка позволила в полевых условиях получить экспериментальные данные, позволившие найти зависимость силы сопротивления погружению плоского диска в почву; установлено, что в диапазоне глубины погружения, равному половине радиуса диска сила сопротивления подчиняется линейной зависимости: при диаметре плоского диска 50 см, твердости почвы 43,1 Н/см³, глубине погружения 7 см, скорости движения 3,3 м/с, сила сопротивления внедрению составила 485Н.

Библиографический список

1. Патент 2139516 Российская Федерация, МПК⁶ G01N3/42. Способ определения удельного сопротивления почвы смятию / Заявитель Путрин А.С. ; патентообладатель Путрин А. С. – № 97116872/28 ; заяв. 30.09.1997 ; опубл. 10.10.1999.
2. Патент 2028614 Российская Федерация, МПК⁶ G01N33/24. Способ определения удельного сопротивления почв при пахоте / Заявитель Гончарова Е. М., Прохоров А. Н., Сапожников П. М. ; патентообладатель Почвенный институт им. В. В. Докучаева. – № 5021190/15 ; заяв. 26.08.199 ; опубл. 09.02.1995.
3. А. с. 1405716 СССР МПК⁴ А01В17/00 Устройство для определения сопротивления и степени износа почвообрабатывающих рабочих органов / Заявитель Скепко Г. И., Малюгин Т. Т. ; патентообладатель Проектно-конструкторский технологический институт министерства лесной и деревообрабатывающей промышленности УССР. – № 4194641 ; заяв. 19.12.1986 ; опубл. 30.06.1988.
4. Патент 2105280 Российская Федерация, МПК⁶ G01M19/00, А01В17/00. Устройство для определения сопротивления и степени износа почвообрабатывающих рабочих органов / Заявитель Салдаев А. М. ; патентообладатель Салдаев А. М. – № 95119014/13 ; заяв. 09.11.1995 ; опубл. 20.02.1998.
5. Патент 152066 Российская Федерация, МПК А01В17/00. Установка для определения силы сопротивления погружению диска в почву / Заявитель Скурятин Н.Ф., Новицкий А.С, Жилияков А.Л, Журбенко С.Ю.; патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородская ГСХА им. В.Я. Горина. – № 2015100540/13 ; заяв. 12.01.2015 ; опубл. 27.04.2015.
6. Инструкция по эксплуатации прибора для измерения твердости почвы ИП 232 РЭ.
7. Четыре операции за один проход / Н. Ф. Скурятин [и др.] // Сельский механизатор. – 2014. – № 12. – С. 4–5.
8. Разработка конструктивно-технологической схемы посевной секции зернотуковой сеялки пресового типа / А. В. Бондарев [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 12 (67). – С. 40–45.
9. Бондарев, А. В. Разработка энергосберегающего способа посева зерновых культур с одновременным внесением удобрения: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Бондарев Андрей Владимирович. – Воронеж : ВГАУ, 2006. – 21 с.
10. Schonberger, Hg. Ertragsbildung von Getreide-Kumung und Feldaufgang / Hg. Schonberger, A. Zimmerman. – DLG – Mitteilungen, 1984, Bd 99, H. 7, 385 s.
11. Klapp, E. Lehrbch des Acker - und Pflanzen – baues / E. Klapp. – 6 Aulf. P. Parey, B.-H, 1967. – 603 p.
12. Combined unit for preparation of soil for sowing grain crops / A. Apazhev, V. Smelik, Y. Shekikhachev, L. Hazhmetov // 18th international scientific conference engineering for rural development. – 2019. – P. 192–198. – DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N235.
13. The Sowing of Grain Crops in Dry Conditions / I. N. Krasnov, A. V. Kasyanenko, I. A. Kravchenko [et al.] // International journal of advanced biotechnology and research. – 2017. – P. 957–963.
14. Preparation of grain for winter sowing in arid conditions / I. N. Krasnov, I. A. Kravchenko, M. A. Bondareva, E. M. Syomochkina // News of higher educational institutions. The North Caucasus region. Natural sciences. – 2014. – P. 58–61.
15. Kyul, E. V. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards / E. V. Kyul, A. K. Apazhev, A. B. Kudzaev // Indian Journal of Ecology. – 2017. – P. 239–243.

References

1. Patent 2139516 Rossiyskaya Federatsiya, MPK⁶ G01N3/42. *Sposob opredeleniya udel'nogo soprotivleniya pochvy smyatiyu* / Zayavitel' Putrin A.S.; patentoobladatel' Putrin A. S. – № 97116872/28; zayav. 30.09.1997; opubl. 10.10.1999 (in Russian).

2. Patent 2028614 Rossiyskaya Federatsiya, MPK6 G01N33/24. *Sposob opredeleniya udel'nogo soprotivleniya pochv pri pakhote / Zayavitel' Goncharova Ye. M., Prokhorov A. N., Sapozhnikov P. M.; patentoobladatel' Pochvennyy institut im. V. V. Dokuchayeva – № 5021190/15; zayav. 26.08.199; opubl. 09.02.1995 (in Russian).*

3. A. s. 1405716 SSSR MPK4 A01V17/00 *Ustroystvo dlya opredeleniya soprotivleniya i stepeni iznosa pochvoobrabatyvayushchikh rabochikh organov / Zayavitel' Skepko G. I., Malyugin T. T.; patentoobladatel' Proyektno-konstruktorskiy tekhnologicheskoy institut ministerstva lesnoy i derevoobrabatyvayushchey promyshlennosti USSR – №4194641; zayav. 19.12.1986; opubl. 30.06.1988 (in Russian).*

4. Patent 2105280 Rossiyskaya Federatsiya, MPK6 G01M19/00, A01B17/00. *Ustroystvo dlya opredeleniya soprotivleniya i stepeni iznosa pochvoobrabatyvayushchikh rabochikh organov / Zayavitel' Saldayev A. M.; patentoobladatel' Saldayev A. M. – №95119014/13; zayav. 09.11.1995; opubl. 20.02.1998 (in Russian).*

5. Patent 152066 Russian Federation, IPC A01V17 / 00. *Installation for determining the strength of resistance to the disk sinking into the soil / Applicant Skuryatin N. F., Novitsky A. S, Zhilyakov A. L, Zhurbenko S. Yu.; patent holder of the Belgorod state agricultural Academy named after V. ya. Gorin-no. 2015100540/13; application. 12.01.2015; publ. 27.04.2015 g.*

6. *Instruktsiya po ekspluatatsii pribora dlya izmereniya tverdosti pochvy IP 232 RE (in Russian).*

7. Skuryatin N.F. (et al.) (2014) *Chetyre operatsii za odin prokhod. Sel'skiy mekhanizator*, № 12, pp. 4-5 (in Russian).

8. Bondarev A.V. (et al.) (2016) *Razrabotka konstruktivno-tekhnologicheskoy skhemy posevnoy seksii zernotukovoy seyalki pressovogo tipa. Vestnik NGIEI*, № 12 (67), pp. 40-45 (in Russian).

9. Bondarev A.V. *Razrabotka energosberegayushchego sposoba poseva zernovykh kul'tur s odnovremennym vneseniyem udobreniya: avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk [PhD (Engineering) thesis abstr.]. Voronezh: VGUU, 2006, 21 p. (in Russian).*

10. Schonberger Hg., Zimmerman A. *Ertragsbildung von Getreide-Kumung und Feldaufgang. DLG – Mitteilungen*, 1984, Bd 99, H. 7, 385 s.

11. Klapp E. *Lehrbch des Acker - und Pflanzen - baues*, 6 Aulf. P.Parey, B.-H, 1967. 603 p.

12. Apazhev A, Smelik V., Shekikhachev Y., Hazhmetov L. *Combined unit for preparation of soil for sowing grain crops. 18th international scientific conference engineering for rural development*, 2019, pp. 192-198. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N235.

13. Krasnov I.N., Kasyanenko A.V., Kravchenko I.A. (et al.) (2017) *The Sowing of Grain Crops in Dry Conditions. International journal of advanced biotechnology and research*, pp. 957-963.

14. Krasnov I.N., Kravchenko I.A., Bondareva M.A., Syomochkina E.M. (2014) *Preparation of grain for winter sowing in arid conditions. News of higher educational institutions. The North Caucasus region. Natural sciences*, pp. 58-61.

15. Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B. (2017) *Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards. Indian Journal of Ecology*, pp. 239-243.

Сведения об авторах

Зеликов Владимир Анатольевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой организации перевозок и безопасности движения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: zelikov-vrn@mail.ru.

Козлов Вячеслав Геннадиевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vya-kozlov@yandex.ru.

Жиляков Алексей Леонидович – аспирант кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: zhiljakoff@mail.ru.

Козлова Елена Владимировна – экстерн ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: nasevl@mail.ru.

Скрыпников Алексей Алексеевич – студент факультета управления и информатики в технологических системах ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: skrypnikovasafe@mail.ru.

Горбунов Алексей Анатольевич – экстерн факультета управления и информатики в технологических системах ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: skrypnikovasafe@mail.ru.

Information about authors

Zelikov Vladimir Anatolyevich – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Organization of Transportation and Traffic Safety, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: zelikov-vrn@mail.ru.

Kozlov Vyacheslav Gennadievich – DSc (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Operation of Transport and Technological Machines, FSBEI HE "Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I", Voronezh, Russian Federation; e-mail: vya-kozlov@yandex.ru.

Zhilyakov Aleksey Leonidovich – post-graduate student of the Department of Operation of Transport and Technological Machines, FSBEI HE "Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I", Voronezh, Russian Federation; e-mail: zhiljakoff@mail.ru.

Kozlova Elena Vladimirovna – external student, FSBEI HE "Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I", Voronezh, Russian Federation; e-mail: nasevl@mail.ru.

Skrypnikov Aleksey Alekseevich – student of the Faculty of Management and Informatics in Technological Systems, FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies", Voronezh, Russian Federation; e-mail: skrypnikovasafe@mail.ru.

Gorbunov Aleksey Anatolyevich – external student of the Faculty of Management and Informatics in Technological Systems, FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies", Voronezh, Russian Federation; e-mail: skrypnikovasafe@mail.ru.