

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ПОСЛОЙНОЙ БЕЗОТВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

IMPROVING THE DESIGN OF THE WORKING BODY FOR LAYER-BY-LAYER TILLAGE

И.В. БОЖКО, к.т.н.
Г.Г. ПАРХОМЕНКО, к.т.н.
С.И. КАМБУЛОВ, д.т.н.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской»,
Зерноград, Россия, i.v.bozhko@mail.ru

I.V. BOZHKO, PhD in Engineering
G.G. PARHOMENKO, PhD in Engineering
S.I. KAMBULOV, DSc in Engineering

Federal State Budgetary Institution «Agrarian Scientific Center
«Donskoy», Zernograd, Russia, i.v.bozhko@mail.ru

Обработкой почвы принято считать приемы механического воздействия на почву, способствующие повышению ее плодородия и созданию лучших условий для роста и развития растений. Послойная безотвальная обработка занимает одну из наиболее значимых операций, проводимых при подготовке почвы. Это подтверждается тем, что послойная обработка способствует накоплению влаги внутри пласта почвы, разделению пласта по слоям, снижению эрозии почв. Целью исследований является совершенствование конструктивных особенностей основных элементов рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы. Основываясь на методах анализа и синтеза проведенных исследований, а также моделирования, была предложена усовершенствованная конструкция рабочего органа. Она предусматривает возможность замены по мере износа практически всех основных элементов, что в свою очередь указывает на высокий уровень износостойкости разработанной конструкции и на существенное снижение трудозатрат при ее обслуживании. Помимо применения в конструкции рабочего органа металлических основных элементов различной формы (плоскорез, криволинейный рыхлитель) также предусмотрено использование сверхвысокомолекулярных полиэтиленовых вставок частично или полностью замещающих основные элементы конструкции рабочего органа. Экспериментальными исследованиями было установлено, что тяговое сопротивление рабочего органа с использованием в конструкции плоскорезного рыхлителя составляет 9,30 кН, с криволинейным рыхлителем – 8,04 кН, что на 13,56 % ниже по сравнению с плоскорезом. С использованием сверхвысокомолекулярных полиэтиленовых вставок отмечено снижение тягового сопротивления до 7,6 кН, что на 18,28 % ниже по сравнению с плоскорезным рыхлителем. Предлагаемая конструкция позволяет производить послойную безотвальную обработку почвы, осуществляя одновременно глубокую – 25–35 см – и мелкую – 12–16 см – обработку почвы, а также позволяет получить выровненный фон поля после прохода агрегата.

Ключевые слова: конструкция рабочего органа, ремонтпригодность, основные элементы, почвообработка, послойное рыхление.

Tillage is considered to be the methods of mechanical impact on the soil, contributing to the improvement of its fertility and the creation of better conditions for the growth and development of plants. Layerless processing without cover takes one of the most significant operations carried out during the preparation of the soil. This is confirmed by the fact that layer-by-layer processing promotes the accumulation of moisture inside the soil layer, the separation of the seam into layers, and the reduction of soil erosion. The aim of the research is to improve the design features of the main elements of the working body for layer-by-layer soilless tillage. Based on the methods of analysis and synthesis of research, as well as modeling, an improved design of the working body was proposed. It provides for the possibility of replacing almost all the main elements as they wear out, which in turn indicates a high level of wear resistance of the developed structure and a significant reduction in labor costs during its maintenance. In addition to the use of metal basic elements of various shapes (flat-cutter, curvilinear ripper) in the design of the working body, the use of ultra-high-molecular polyethylene inserts partially or completely replacing the main structural elements of the working body is also provided. Experimental studies have found that the traction resistance of the working body using a flat-ripper in the construction is 9,30 kN, with a curvilinear ripper 8,04 kN, which is 13,56 % lower than the flat-cutter. With the use of ultra-high molecular polyethylene inserts, a decrease in traction resistance of up to 7,6 kN was observed, which is 18,28 % lower compared to a flat-ripper. The proposed design allows layer-by-layer soilless tillage, carrying out at the same time a deep 25–35 cm and shallow 12–16 cm tillage, and also allows to obtain an aligned field background after the passage of the unit.

Keywords: working body design, maintainability, basic elements, tillage, layer-by-layer cultivation.

Введение

Обработка почвы является основной операцией по подготовке к возделыванию сельскохозяйственных культур. Послойная безотвальная обработка занимает одну из наиболее значимых операций, проводимых при подготовке почвы. Это подтверждается тем, что послойная обработка способствует накоплению влаги внутри пласта почвы, разделению пласта по слоям, снижению эрозии почв. Но, несмотря на все преимущества этого технологического процесса, он имеет ряд недостатков. В частности, конструктивные особенности применяемых рабочих органов, а именно:

- отсутствие многооперационности – выполнение одной операции за один проход агрегата;
- несовершенство конструкции в области сочетания мелкого и глубокого рыхления;
- сниженная ремонтпригодность основных элементов рабочих органов.

Проведенные исследования в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (ранее – СКНИИМЭСХ) позволили установить, что по перечисленным критериям рабочие органы машин для безотвальной обработки почвы нуждаются в доработке.

Цель исследований

Совершенствование конструкции основных элементов рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы.

Материалы и методы

В статье использованы методы анализа и синтеза существующих конструкций рабочих органов, а также моделирования, основанные на проведенных ранее исследованиях [1, 2, 3, 4, 5, 6].

По материалам исследований [7] И.В. Божко агротехнической и энергетической оценки было установлено, что рабочий орган для послойной безотвальной обработки почвы качественно выполняет технологический процесс. Но следует отметить, что конструкция рабочего органа несовершенна с точки зрения ремонтпригодности, так как при износе основных элементов для мелкого и глубокого рыхления потребуется замена полностью всего рабочего органа.

В ФГБНУ «АНЦ «Донской» (ранее – СКНИИМЭСХ) была разработана конструкция рабочего органа (рис. 1) [8].

Данная конструкция включает в себя стойку 1, на которой установлены левое ле-

мешное лезвие 2, выполненное в форме циклоиды, и правое лемешное лезвие 3. В нижней части стойки 1 установлено долото 4 на котором закреплен, с возможностью перемещения, комкодробитель 5. За долотом 4 установлена

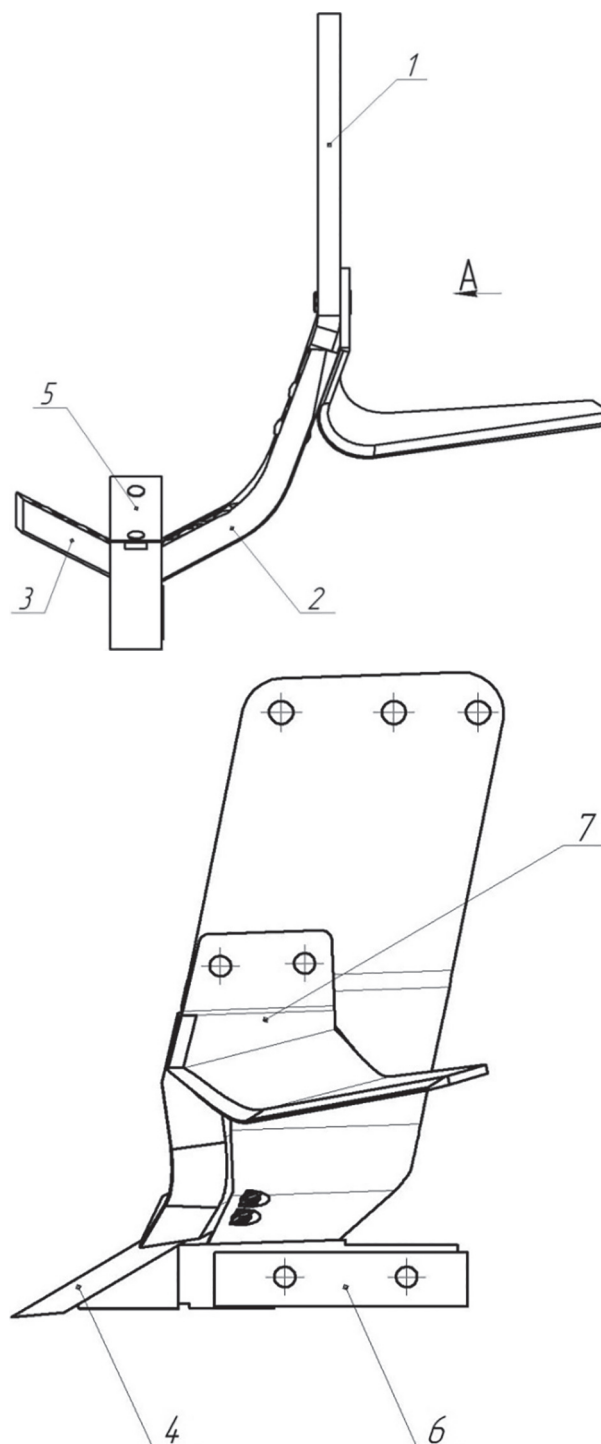


Рис. 1. Комбинированный рабочий орган для послойной безотвальной обработки почвы:
1 – стойка; 2 – левое лемешное лезвие; 3 – правое лемешное лезвие; 4 – долото; 5 – комкодробитель; 6 – упорная плита; 7 – элемент для мелкой обработки почвы (рыхлитель)

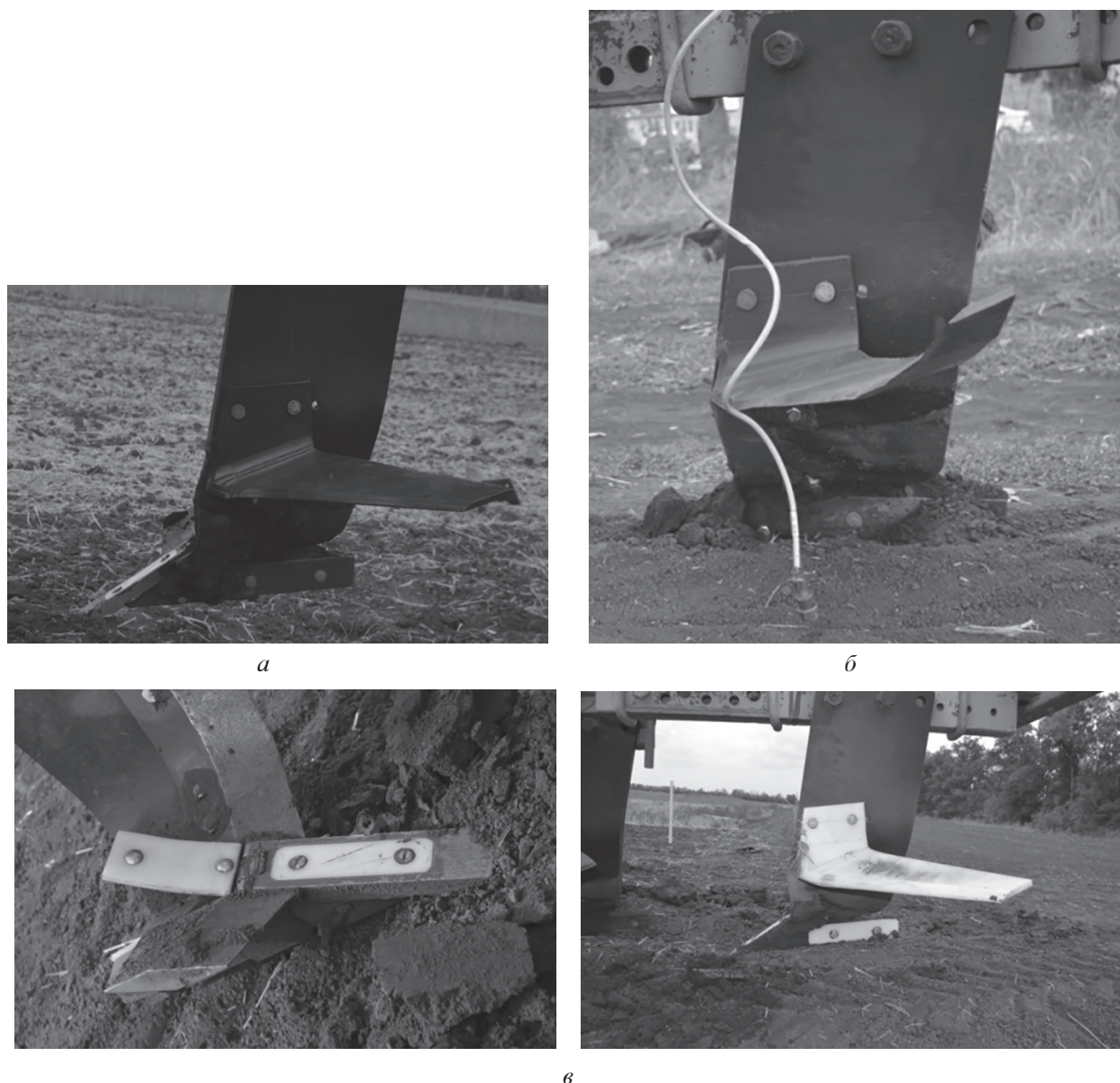


Рис. 2. Основные взаимозаменяемые элементы конструкции рабочего органа

упорная плита б. В верхней части стойки 1 под углом $\beta = 15^\circ$ к горизонтальной плоскости установлен рыхлитель 7 для мелкой обработки почвы.

Особенностью разработанной конструкции является возможность замены по мере износа практически всех основных элементов, что в свою очередь указывает на высокий уровень износостойкости разработанной конструкции и на существенное снижение трудозатрат при ее обслуживании. Основные элементы рабочего органа могут быть выполнены с различными углами заточки режущей кромки для различных условий земледелия страны.

Помимо плоскорезного рыхлителя для мелкой обработки почвы (рис. 2, а) в конструк-

ции рабочего органа предусмотрено использование криволинейного рыхлителя (в форме эллипса) (рис. 2, б). Также предусмотрена возможность использования на основных элементах сверхвысокомолекулярных полиэтиленовых (СВМП) вставок либо полного замещения металлических изделий их СВМП аналогами, а именно: СВМП вставка используется на долоте 4, а полностью замещаются такие элементы как комкодробитель 5, упорная плита б и элемент для мелкой обработки почвы 7 (рыхлитель) (рис. 2, в).

Методика проведения экспериментальных исследований предусматривала сравнение различных компоновок основных элементов рабочего органа: с плоскорезным рыхлителем

для мелкой обработки почвы, с криволинейным рыхлителем и с использованием СВМП вставок.

В качестве МЭС использовался трактор Т-150К. Исследования проводились при движении агрегата «туда» и «обратно», то есть в двух повторностях. Допустимая скорость

исследований – 7–11 км/ч, из указанного диапазона выбирали три скорости. На опытном участке забивали вешки через 100 м, с учетом длины участка для разгона трактора 10 м.

Блок-схема измерительного комплекса и тензометрическое звено для снятия показаний тягового сопротивления представлены на рис. 3.

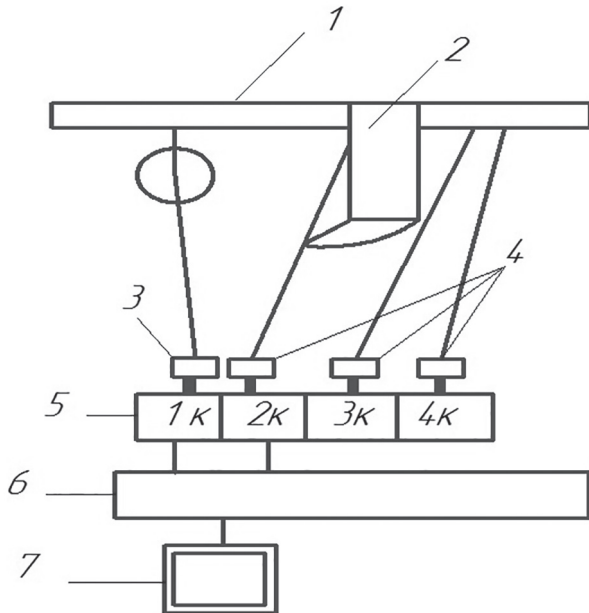


Рис. 3. Блок-схема измерительного комплекса и тензометрическое звено:

- 1 – экспериментальная установка для испытаний рабочих органов; 2 – рабочий орган;
- 3 – тензометрическое звено; 4 – датчики ускорений; 5 – усилитель ТДА; 6 – плата сопряжения; 7 – ПК

Результаты и обсуждение

Данные результатов однофакторных экспериментов по определению наименьшего тягового сопротивления при функционировании рабочего органа с одинаковыми параметрами и условиями представлены на рис. 4–6.

Математическое ожидание массивов тягового сопротивления опытов (M) для рабочего органа с плоскорежущим рыхлителем составило 9,3 кН (рис. 4), для рабочего органа с криволинейным рыхлителем – 8,04 кН (рис. 5), для рабочего органа с СВМП-вставками – 7,6 кН (рис. 6).

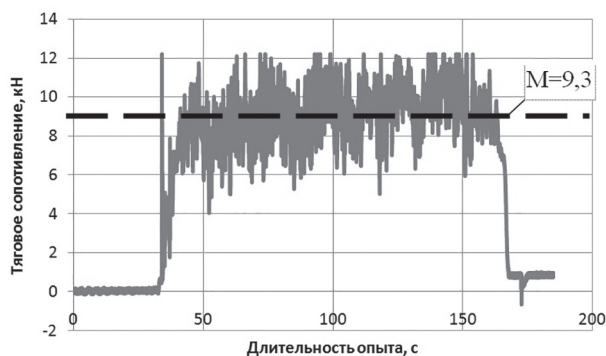


Рис. 4. Фрагмент реализации процесса изменения тягового сопротивления (рабочий орган с плоскорежущим рыхлителем)

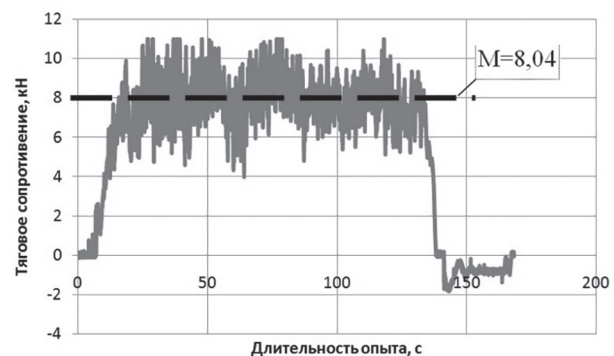


Рис. 5. Фрагмент реализации процесса изменения тягового сопротивления (рабочий орган с криволинейным рыхлителем)

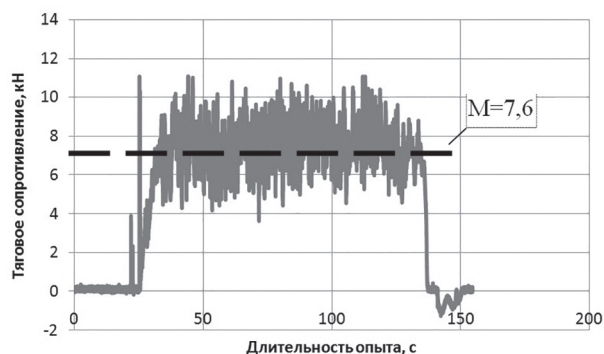


Рис. 6. Фрагмент реализации процесса изменения тягового сопротивления (рабочий орган с СВМП-вставками)

Экспериментальные исследования показателей тягового сопротивления в различных вариантах комбинации основных элементов показали, что в равных условиях наименьшее тяговое сопротивление отмечается при функционировании рабочего органа с использованием СВМП-вставок (рис. 7).

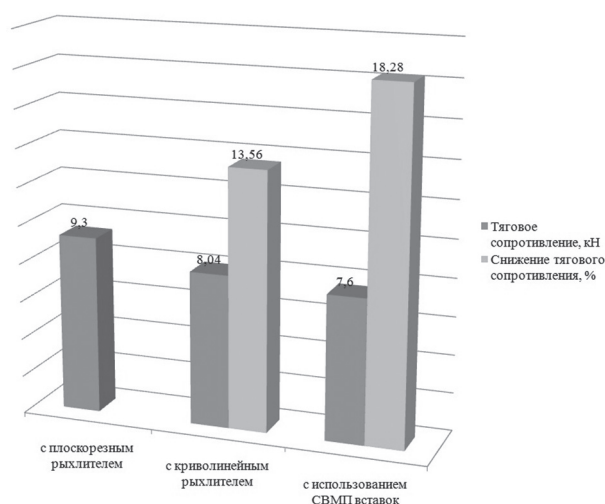


Рис. 7. Сравнение тягового сопротивления вариантов рабочего органа при одинаковых режимах и в равных условиях функционирования

Выводы

В результате проведенных исследований было установлено, что тяговое сопротивление рабочего органа с использованием в конструкции плоскорезного рыхлителя составляет 9,30 кН, с криволинейным рыхлителем — 8,04 кН, что на 13,56 % ниже по сравнению с плоскорезом. С использованием СВМП-вставок отмечено снижение тягового сопротивления до 7,6 кН, что на 18,28 % ниже по сравнению с плоскорезным рыхлителем.

Предлагаемая конструкция позволяет производить послойную безотвальную обработку почвы, осуществляя одновременно глубокую 25–35 см – и мелкую 12–16 см – обработку почвы, а также позволяет получить выровненный фон поля после прохода агрегата.

Литература

1. Telichenko V. The rate of the pile settlement in clay soil with regard to its viscoelastic and elastic-plastic properties / V. Telichenko, A. Ter-Martirosyan, V. Sidorov // *Procedia Engineering*. 2016. 165. P. 1359–1366.
2. Пархоменко Г.Г., Божко И.В., Семенихина Ю.А., Пантюхов И.В., Дроздов С.В., Громаков А.В., Камбулов С.И., Белоусов С.В. Совершенствование рабочих органов для обработки почвы / Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: материалы 9-й международной научно-практической конференции 2–4 марта 2016 г., г. Ростов-на-Дону. В рамках 19-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш-2016» (г. Ростов-на-Дону, ВЦ «Вертолэкспо» 2–4 марта 2016 г.). Ростов-на-Дону: Донской ГТУ, 2016. С. 27–30.
3. Qin A. Semi-analytical solution to one-dimensional consolidation for viscoelastic unsaturated soils / A. Qin, D. Sun, J. Zhang // *Computers and Geotechnics*. 2014. 62. P. 110–117.
4. Божко И.В. Разработка комбинированного рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы / И.В. Божко, Г.Г. Пархоменко, А.В. Громаков, С.И. Камбулов, В.Б. Рыков // *Тракторы и сельхозмашины*. 2016. № 8. С. 3–6.
5. Пархоменко Г.Г., Божко И.В., Громаков А.В., Камбулов С.И., Рыков В.Б. Рабочий орган для послойной безотвальной обработки почвы: патент на полезную модель № 139415, Российская Федерация; опубл. 20.04.2014. Бюл. № 11.
6. Пахомов В.И., Рыков В.Б., Камбулов С.И., Шевченко Н.В., Ревякин Е.Л. Опыт возделывания озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 160 с.
7. Божко И.В. Обоснование параметров эллиптического рыхлителя рабочего органа для послойной безотвальной обработки почвы: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Божко Игорь Владимирович. Краснодар, 2015. 23 с.
8. Божко И.В., Пархоменко Г.Г., Пахомов В.И., Пантюхов И.В., Камбулов С.И., Рыков В.Б., Ридный С.Д., Громаков А.В. Комбинированный

рабочий орган для послойной безотвальной обработки почвы: патент на полезную модель № 156896, Российская Федерация; опубл. 20.11.2015. Бюл. № 32.

References

1. V. Telichenko, A. Ter-Martirosyan, V. Sidorov. The rate of the pile settlement in clay soil with regard to its viscoelastic and elastic-plastic properties. *Procedia Engineering*. 2016. 165. P. 1359–1366.
2. G.G. Parhomenko, I.V. Bozhko, YU.A. Semenihi-na, I.V. Pantyuhov, S.V. Drozdov, A.V. Gromakov, S.I. Kambulov, S.V. Belousov Improvement of working bodies for tillage. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya sel'skohozyajstvennogo mashinostroeniya: materialy 9-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii 2–4 marta 2016g., g. Rostov – na – Donu. V ramkah 19-j mezhdunarodnoj agropromyshlennoj vystavki «Interagromash-2016» (g. Rostov – na – Donu, VC «Vertolekspo» 2–4 marta 2016 g.)* [The state and prospects of development of agricultural engineering: materials of the 9th International Scientific and Practical Conference March 2–4, 2016, Rostov – on – Don. As part of the 19th international agro-industrial exhibition «Interagromash-2016» (Rostov-on-Don, Vertolekspo Exhibition Center March 2–4, 2016)]. Rostov-na-Donu: Donskoj GTU Publ., 2016, pp. 27–30 (in Russ.).
3. Qin A. Semi-analytical solution to one-dimensional consolidation for viscoelastic unsaturated soils / A. Qin, D. Sun, J. Zhang // *Computers and Geotechnics*. 2014. 62. P. 110–117.
4. Bozhko I.V., G.G. Parhomenko, A.V. Gromakov, S.I. Kambulov, V.B. Rykov Development of a combined working body for layer-by-layer soil-free tillage. *Traktory i sel'hozmashiny*. 2016. No 8, pp. 3–6 (in Russ.).
5. Parhomenko G.G., Bozhko I.V., Gromakov A.V., Kambulov S.I., Rykov V.B. *Rabochij organ dlya poslojnoj bezotval'noj obrabotki pochvy [Working body for layer-by-layer soilless tillage]: patnet na poleznuyu model' No 139415, Rossijskaya Federaciya*. Opublikovano 20.04.2014. Byul. No 11.
6. Pahomov V.I., Rykov V.B, Kambulov S.I., SHEvchenko N.V., Revyakin E.L. *Opyt vozdevlyaniya ozimoj pshenicy v usloviyah nedostatochnogo uvlazhneniya [Experience in the cultivation of winter wheat in conditions of insufficient moisture]*. Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh» Publ., 2015. 160 p.
7. Bozhko I.V. *Obosnovanie parametrov ehllipticheskogo ryhlitelya rabocheho organa dlya poslojnoj bezotval'noj obrabotki pochvy: avtoref. diss...kand. tekhn. nauk [Justification of the parameters of the elliptical cultivator of the working body for layered soilless tillage: abstract for Dissertation for Degree of Candidate of Technical Sciences]*: 05.20.01. Krasnodar, 2015. 23 p.
8. Bozhko I.V., Parhomenko G.G., Pahomov V.I., Pantyuhov I.V., Kambulov S.I., Rykov V.B., Ridnyj S.D., Gromakov A.V. *Kombinirovannyj rabochij organ dlya poslojnoj bezotval'noj obrabotki pochvy [Combined working body for layer-by-layer soilless tillage]: patent na poleznuyu model' No 156896, Rossijskaya Federaciya*. Opublikovano 20.11.2015. Byul. No 32.