

УДК 502/504:631.311.5

**Ю. П. ЛЕОНТЬЕВ, А. А. МАКАРОВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

## **ОЦЕНКА СОПРОТИВЛЕНИЯ РЫХЛЕНИЮ И ОДНОРОДНОСТИ ФРАКЦИЙ ГРУНТА ДЛЯ РЫХЛИТЕЛЯ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ**

*Одним из основных агротехнических приемов разуплотнения почв, улучшающих их механические свойства и структуру является глубокое рыхление без оборота пласта. Особый интерес представляет собой V-образные пассивные рабочие органы объемного типа, обладающие большой производительностью и имеющие простую конструкцию, состоящие из двух наклонных режущих стоек, соединенных в нижней части рыхлящим лемехом. Однако, известные конструкции рыхлителей имеют ряд недостатков основным из которых является неоднородное разрыхление обрабатываемого объема почвы по ширине захвата: в верхнем слое 0,2...0,25 м образуется 60...65 % фракций грунта размером более 50 мм. С целью достижения равномерности размеров фракций почвы, с преобладанием более мелких фракций, практически не требующих дополнительной обработки по измельчению, в статье приводится анализ результатов сравнительных экспериментальных исследований моделей рабочего органа объемного рыхлителя с различными видами дополнительного оборудования. Как показали исследования, в результате применения дополнительного оборудования в виде рыхлящих дисков свободно вращающихся на оси, образуется до 70...80 % фракций грунта не превышающих 30 мм при незначительном увеличении тягового усилия. Результаты исследований рыхлителей показали целесообразность применения дополнительного рабочего оборудования, позволяющего уменьшить количество крупных фракций и увеличить однородность структуры разрыхленного грунта. Экспериментальное значение тягового усилия пересчитанное на натуру по формулам физического моделирования для рыхлителя с пятью дисками составляло 27...28 кН, что позволяет использовать гусеничный трактор класса тяги 30...40 кН в качестве базовой машины.*

*Экспериментальные исследования, разрыхление, размеры фракций почвы, тяговое усилие, дополнительное рабочее оборудование.*

**Введение.** Увеличение производства отечественной сельскохозяйственной продукции и кормов для животноводства возможно при комплексных мероприятиях по повышению плодородия и продуктивности земель, в том числе и ранее выбывших из сельскохозяйственного оборота. При рекультивации неиспользуемых земель необходимо проведение ряда мелиоративных мероприятий, одним из них является глубокое рыхление тяжелых почв, преобладающих в Нечерноземных регионах России.

Известные рыхлители типа РГ-0,8, РГ-1,2 с v-образной формой рабочего органа [1], осуществляющие рыхление грунта по ширине захвата без оборота пласта, отличаются простотой конструкции и большой производительностью. Однако они имеют ряд недостатков, это – большие тяговые сопротивления и неравномерность разрыхления. По результатам

исследований [2], после рыхления на поверхности образуется около 16 % фракций почвы с поперечным размером более 200 мм, что требует дополнительного измельчения. По агротехническим требованиям размер комьев почвы на поверхности не должен превышать 10...15 мм, а для заделки семян необходимо, чтобы комья размером до 25...30 мм составляли около 80 %, [3].

**Материалы и методы исследования.** С целью достижения равномерности размеров фракций почвы, практически не требующих дополнительной обработки по измельчению, нами предложены технические решения по совершенствованию конструкции объемных рыхлителей. На эти разработки были получены патенты [4, 5], а для общей оценки их работоспособности, достоинств и недостатков каждого и выявления особенностей рабочего процес-

са рыхления, нами были проведены экспериментальные исследования моделей предложенных рабочих органов.

Для исследований были изготовлены три варианта моделей рабочих органов рыхлителей. Масштаб моделей на основании приближенного физического моделирования был выбран 1 : 4. В качестве базовой модели был принят рабочий орган с параболическими боковыми стойками без дополнительного оборудования. Другие две модели имели дополнительные устройства для измельчения крупных фракций. Одна из них оборудована выравнивающим поперечным брусом, другая рыхлящими дисками (рис. 1).



а



б



в

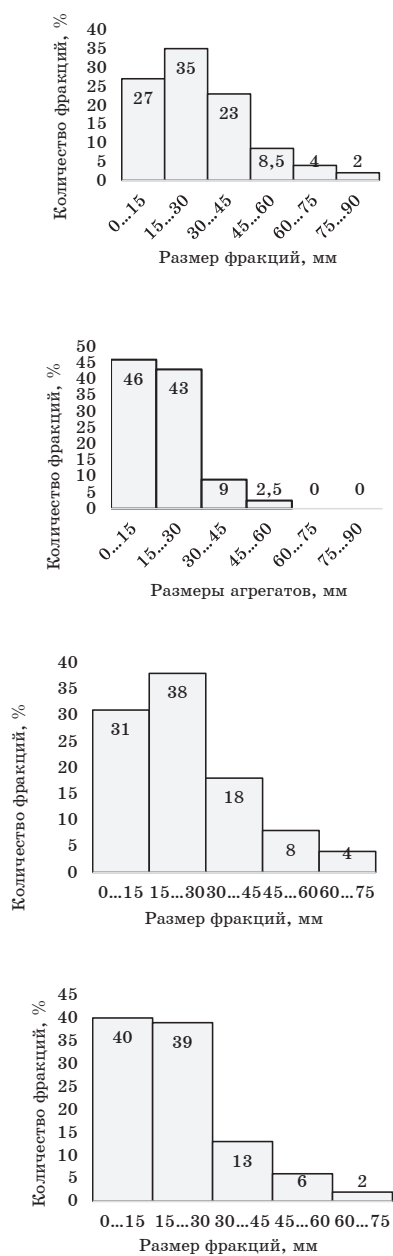
Рис. 1. Модели рабочих органов рыхлителей: а – базовая модель; б – с поперечным брусом; в – с рыхлящими дисками

Базовая модель рабочего органа объемного рыхлителя представляет собой пространственную конструкцию, состоящую из двух наклонных относительно друг друга криволинейных режущих элементов с углом резания  $15...18^\circ$ , жестко соединенных в нижней части лемехом с углом резания  $35^\circ$ . Параметры и форма рабочего органа были выбраны авторами ранее как наиболее рациональные, имеющие меньшее тяговое усилие и более однородное рыхление с преобладанием более мелких фракций грунта при разрыхлении [6]. Другая модель оборудованная поперечным рыхлящим брусом, установленным между боковыми режущими стойками в верхней части на высоте, позволяющей воздействовать на выпираемый вверх объем грунта. В результате этого образуется более однородная структура грунта по разрабатываемому объему. Третья модель оборудована рыхлящими дисками, свободно вращающимися на оси, расположенной сзади боковых стоек над полосой разрыхленного грунта. Исследовались модели с 4 и 5 рыхлящими дисками.

Исследования проводились на грунтовом канале, заполненном легким суглинком. Плотность грунта во всех опытах составляла 4 удара плотномера ДОРНИИ, влажность порядка  $9...10\%$ . Тяговое усилие измерялось тензометрическим методом, с регистрацией результатов на жестком диске компьютера, после каждого прохода рабочего органа измерялись размеры фракций разрыхленного грунта на длине полосы 1 м, таким образом, чтобы получить не менее 100 значений. На рисунке 2 показан грунтовый канал с моделью рабочего органа. Дополнительно были проведены экспериментальные исследования по влиянию количества рыхлящих дисков на тяговое сопротивление грунта и степень измельчения в верхнем слое.

**Результаты исследований.** В результате исследований получены записи усилий и диаграммы распределения фракций грунта по размерам для всех моделей рабочих органов, каждая запись была обработана при помощи программы MathCad.

В результате обработки получены такие величины, как математическое ожидание  $m_x$ , дисперсия  $D_x$ , коэффициент вариации  $v$ . Параметры, полученные для модели, были пересчитаны на натуре. Средние значения результатов обработки приведены в таблице 1.



а



б



в



г

Рис 2. Гистограммы распределения фракций грунта: а – распределение агрегатов по размерам для базового рабочего органа; б – распределение агрегатов грунта по размерам для рабочего органа с рыхлящим брусом; в – распределение агрегатов грунта по размерам для модели рабочего органа с четырьмя разрыхляющими дисками; г – распределение агрегатов грунта по размерам для модели рабочего органа с пятью разрыхляющими дисками

Таблица 2

Размеры фракций разрыхленного грунта для исследуемых моделей

| Размеры фракций                     | Модели рабочего органа          |                        |             |             |
|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------|-------------|
|                                     | 1<br>С открытой<br>поверхностью | 2<br>С рыхлящим брусом | 3           |             |
|                                     |                                 |                        | с 5 дисками | с 4 дисками |
| см                                  |                                 |                        |             |             |
| $a_{\text{ср}}$                     | 2,8                             | 2,26                   | 2,4         | 2,6         |
| $a_{\text{min}}$                    | 0,7                             | 0,3                    | 0,3         | 0,5         |
| $a_{\text{max}}$                    | 9                               | 6                      | 6,5         | 7,5         |
| $b = a_{\text{max}}/a_{\text{min}}$ | 12                              | 20                     | 22          | 15          |

**Выводы**

Результаты исследований рыхлителей показали целесообразность применения дополнительного рабочего оборудования, позволяющего уменьшить количество крупных фракций и увеличить однородность структуры разрыхленного грунта.

Исследования моделей рыхлителей с различными видами рабочего оборудования позволили установить, что модель с рыхлящим брусом производит рыхление с преобладанием мелких фракций (до 90 %), но тяговое усилие при этом увеличивается примерно на 40 %. Спятью рыхлящими дисками наблюдалось увеличение тягового усилия по сравнению с базовой моделью в 1,25...1,3 раза, но при этом размеры мелких фракций до 30 мм составляли порядка 78...80 %, а с 4 дисками тяговое усилие увеличивалось в 1,15...1,2 раза при уменьшении количества мелких фракций до 70 %, что достаточно по агротехническим требованиям для предпосевной обработки почвы с учетом культур предполагаемых для посева.

Экспериментальное значение тягового усилия пересчитанное на натуру по формулам физического моделирования для рыхлителя с пятью дисками составляло 27...28 кН, что позволяет использовать гусеничный трактор класса тяги 30...40 кН в качестве базовой машины (см. таблицу 1).

**Библиографический список**

1. Казаков В. С. Глубокие объемные рыхлители почв // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – № 9. – С. 40–44.
2. Кизяев Б. М., Маммаев З. М., Першина О. Ф. Агромелиоративные мероприятия на переувлажненных минеральных

землях. – М.: ВНИИА, 2013. – 140 с.

3. Алексеева Ю. С., Снигирева А. В. Глубокая обработка почвы и урожай. – Л.: Лениздат, 1984. – 70 с.

4. Патент на изобретение № 2484610. Объемный мелиоративный рыхлитель / А. А. Макаров, Ю. П. Леонтьев. – Оpubл. 20.06.2013. – Бюл. 2013, № 17.

5. Патент на полезную модель № 136673. Объемный мелиоративный рыхлитель с дополнительным оборудованием / Ю. Г. Ревин, Ю. П. Леонтьев, А. А. Макаров. – Оpubл. 20.01.2014. – Бюл. 2014, № 2.

6. Леонтьев Ю. П., Макаров А. А. Экспериментальные исследования моделей рабочих органов глубокорыхлителей с различной конструкцией боковых стоек // Природообустройство. – 2013. – № 3. – С. 81–85.

Материал поступил в редакцию 15.10.2015.

**Сведения об авторах**

**Леонтьев Юрий Петрович**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Машины и оборудование природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях»; ФГБОУВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д.44; тел. 8 (499) 976-45-13, 8(903)-127-00-16.

**Макаров Александр Алексеевич**, ассистент кафедры «Машины и оборудование природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях»; ФГБОУВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д.44; тел. 8 (499) 900-60-26, 8 (909) 972 69 41.

**YU. P. LEONTJEV, A. A. MAKAROV**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

## **ASSESSMENT OF RESISTANCE TO LOOSENING AND UNIFORMITY OF SOIL FRACTIONS FOR A RIPPER WITH AN ADDITIONAL EQUIPMENT**

*One of the basic agro technical methods of soil decompaction improving their mechanical properties and structure is deep loosening without soil turning. V - shaped passive working elements of a volumetric type are of a particular interest, possessing a high efficiency and having a simple design, consisting of two inclined cutting legs connected by loosening plow in the lower part. However, the known designs of rippers have a number of disadvantages the main of which is a non-uniform loosening of the treated soil along the coverage width: in the upper layer 0.2...0.25 m there is formed 60...65 % of the soil fractions larger than 50 mm. With the aim of achieving the uniformity of soil size fractions with*

*a predominance of finer fractions which do not practically require additional processing by grinding, the article provides a comparative analysis of the results of experimental investigations of the working element of the volumetric ripper with different kinds of additional equipment. The investigations showed that usage of the additional equipment in the form of loosening disks rotating freely on the axis there are produced up to 70...80 % fractions of soil not exceeding 30 mm with a slight increase of traction effort. The investigation results of rippers showed the feasibility of usage of the additional operating equipment allowing to reduce the number of large fractions and increase the uniformity of the structure of the loosened soil. The experimental importance of the traction effort calculated on the nature according to the formulas of physical modeling for the ripper with five disks was 27...28 кН that makes it possible to use a caterpillar tractor of traction class 30...40 кН as a base machine.*

*Experimental research, loosening, size fractions of soil, traction effort, additional operating equipment.*

#### References

1. **Kazakov V. S.** Glubokiye objemnyye ryhliteli pochv // Hydrotehnika i melioratsiya. – 1982. – № 9. – S. 40–44.
2. **Kizyaev B. M., Mammaev Z. M., Per-shina O. F.** Agromeliorativnyye meropriyatya na pereuvlazhnennykh mineralnykh zemlyah. – M.: VNIIA, 2013. – 140 s.
3. **Alexeeva Yu. S., Snigiryeva A. V.** Glubokaya obrabotka pochvy i urozhay. – L.: Lenizdat, 1984. – 70 s.
4. Patent na izobreteniyе № 2484610. Objemny meliorativny ryhlitel' / A.A. Makarov, Yu. P. Leontjev. – Opubl. 20.06.2013. – Bul. 2013, № 17.
5. Patent na poleznuyu model' № 136673. Objemny meliorativny ryhlitel' s dopolnitel'nyim oborudovaniem / Yu. G. Revin, Yu. P. Leontjev, A.A. Makarov. – Opubl. 20.01.2014. – Bul. 2014, № 2.
6. **Leontjev Yu. P., Makarov A.A.** Exper-

imental'nyye issledovaniya modelej rabochih organov glubokoryhlitelej s razlichnoy konstruksiey bokovyh stoek // Prirodoobustrojstvo. – 2013. – № 3. – S. 81–85.

Received on 15.10.2015.

#### Information about the authors

**Leontjev Yuriy Petrovich**, candidate of technical sciences, professor of the chair «Machinery and equipment of environmental engineering and protection in emergency situations»; FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Bolshaya Academicheskaya, 44; tel.; 8 (499) 976-45-13, 8(903)-127-00-16.

**Makarov Alexandr Alexeevich**, assistant of the chair «Machinery and equipment of environmental engineering and protection in emergency situations»; FSBEI HERSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Bolshaya Academicheskaya, 44; tel.; 8 (499) 976-45-13, 8(903)-127-00-16.