

УДК 631.343:631.81



КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ОСНОВНОЙ И ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

МОСЯКОВ М.А.,
мл. науч. сотр.,

ЗВОЛИНСКИЙ В.Н.,
ст. науч. сотр.

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, e-mail: smit@vim.ru

Один из современных приемов обработки почвы при освоении залежей – послойное рыхление верхнего горизонта различными рабочими органами. Определили, что комбинированные агрегаты не имеют сменных рабочих органов и не могут эффективно использоваться как для основной и предпосевной обработки почвы, так и для освоения залежных почв, что ограничивает область применения машин и уменьшает их годовую загрузку. Создали комбинированный агрегат для совмещения операций предпосевной подготовки почвы с использованием двухдисковых секций фронтальных борон, сменных рыхлительных рабочих органов плоскорез-жущего и чизельного типа и сменных прикатывающих катков с трубчатыми и зубчатыми барабанами. Разработали агротехнические требования конструктивных параметров сменных подвесок дисковых секций, стрелчатых лап и катков. Определили, что размещение рабочих органов на универсальной раме позволяет получить 15 вариантов агрегата для различных агротехнических и почвенно-климатических условий. Установили, что уровень инновационной разработки почвообрабатывающих дисколаповых агрегатов (АДЛ) высокий, орудия достаточно надежные и универсальные. Такие машины способны за один проход выполнять разные варианты основной и предпосевной обработки почвы, заменяют 4 однооперационные машины. Мульчирующая обработка почвы агрегатами АДЛ заменяет 2-4 прохода МТА, экономит 2-5 кг/га дизельного топлива и на 0,3 чел.-ч/га трудозатрат, повышается урожайность озимых и яровых до 3 ц/га.

Ключевые слова: рыхлительный рабочий орган, дисковый рабочий орган, каток, комбинированный агрегат, двухдисковая секция, сменный рабочий орган.

В России более 40 млн га пашни выведено из хозяйственного оборота, из них только около 20 млн га залежных земель пригодны для быстрого введения в сельскохозяйственное использование [1-4].

Возникла практическая потребность определения рационального чередования глубоких и мелких обработок почвы с оборотом и без оборота пласта [5-6]. Сегодня эти проблемы особенно актуальны, так как сложившаяся экономическая обстановка требует выполнения взаимоисключающих задач: с одной стороны – получение стабильных

урожаев, экономия энергетических ресурсов, сохранение плодородия почв, защита их от эрозии, с другой – предотвращение отрицательных последствий антропогенного воздействия на почву, выражающегося в излишнем ее измельчении и уплотнении обрабатываемого горизонта.

Цель исследования – обоснование выбора и размещения рабочих органов универсального почвообрабатывающего агрегата со сменными рабочими органами.

Материалы и методы. Анализ конструкций современных орудий для обработки почвы показал,

что наиболее перспективно использование комбинированных агрегатов, совмещающих операции основной и предпосевной обработки. Агротехнические требования к операции совмещения основной и предпосевной обработки почвы комбинированным орудием включают несколько условий [7-8]. Прежде всего такие машины предназначены для послойного рыхления почвы дисковыми секциями на глубину 6-10 см и лапами – на 8-16 см, а также для разуплотнения почвы – чизельными орудиями в комплектации с рыхлительными долотами на глубину до 30 см.

Требования к качеству обработки:

- предельное отклонение глубины обработки лапами от установленной не должно превышать 2 см;
- крошение почвы, обеспечивающее содержание фракций размером до 50 мм – не менее 65% в слое 0-14 см и не менее 80% в слое 0-8 см;
- наличие глыб размером более 100 мм в слое 0-8 см не допускается;
- полное подрезание сорных растений;
- измельчение растительных остатков на отрезки длиной до 15 см – не менее 50% массы;
- уплотнение обработанного слоя почвы от 0,9 до 1,1 кг/дм³;
- допустимая гребнистость поверхности поля – не более 2 см.

Результаты и обсуждение. Отечественные и зарубежные компании производят большое количество различных комбинированных почвообрабатывающих агрегатов, обеспечивающих послойную обработку, которые могли бы быть приняты за прототипы новых машин.

Так, агрегаты Грязинского культиваторного завода АПК-3,9 предназначены для комплексной обработки различных почв, в том числе тяжелых, иссушенных и подверженных ветровой и водной эрозии по стерневому фону во все периоды полевых работ: под озимые, яровые и поукосные посевы, под зябь и взамен весновспашки. Агрегат АПК-3,9 содержит дисковые батареи, стрельчатые плоскорезные лапы, катки спирально-кольчатые и выравнивающее устройство. Глубина обработки до 16 см регулируется расположенным сзади катком. Дисковые батареи, используемые в агрегате, комплектуются гладкими не регулируемым по углу атаки сферическими дисками Ø450 мм, расположенными на общих валах по 6 шт. на батарее. Такая конструкция при использовании агрегата в условиях высокой стерни или повышенной влажности может приводить к забиванию междискового пространства почвой и пожнивными остатками, что ведет к сгуживанию почвенного пласта. В данном агрегате успешно нашли применение подпружиненные С-образные стойки с лапами шириной за-

хвата 410 мм, позволяющие использовать данное орудие на различных агрофонах, в том числе с крупнотельными растительными остатками, и на каменистых почвах. Расположение рыхлительных органов за дисковыми способствует уменьшению тягового сопротивления и возрастанию критической глубины рыхления. Применение прикатывающих катков в комплексе с машинами для основной и предпосевной обработки почвы снижает общие затраты на ее проведение и ускоряет восстановление структуры почвы.

Из зарубежных аналогов можно отметить агрегат *Diskopack II* французской фирмы *Gregoire Besson*, предназначенный для лущения стерни. Он обладает большой мощностью взрезания. На нем установлено по паре дисков разного диаметра на одном подшипниковом узле. Рабочие органы: оригинальные не регулируемые по углу атаки двухдисковые секции, расположенные в два ряда, пружинные зубья и кембриджский каток, обеспечивающие качественное дробление и выравнивание поверхности поля. Преимущество использования подпружиненных двухдисковых секций заключается в том, что они плавно обходят препятствия, при этом за счет совершения колебательных движений происходит самоочистка дисков от растительных остатков и налипания почвы. Кембриджский кольчато-зубчатый каток обеспечивает выравнивание поверхности поля, уплотнение почвы и создает мульчирующий покров, предохраняющий плодородный слой от иссушения и эрозии.

В зарубежных конструкциях, как правило, мало используют сменные рабочие органы, что ограничивает область применения машин и уменьшает их годовую загрузку. Кроме того, преобладают конструкции, в которых дисковые рабочие органы располагаются впереди рыхлительных лап.

В ВИМ разработан комбинированный агрегат АДЛ-3, предназначенный для обработки почвы под озимые и яровые культуры, совмещающий дискование с чизелеванием плотных залежных земель под зябь на глубину до 30 см [9-11]. В агрегате использованы одностоечные двухдисковые секции (Ø510 и 560 мм). Имеется модификация с жесткими и подпружиненными двухдисковыми секциями с регулируемым углом атаки (16-28°), сменными лапами и катком. Чизельные лапы способны рыхлить почву на глубину до 30 см, стрельчатые – до 16 см. Рама состоит из шарнирно-сопряженных модулей – дискового и рыхлительного. Рамка катка, выполненного с трубчатым или спиральным барабаном, шарнирно сопряжена с рамой рыхлительного модуля. Поднятые в транспортное положение модули с рыхлителями и катком размещены над дисковым модулем. При этом центр масс агрегата при-



Рис. 1. Агрегат дисколоповый АДЛ-3, модификация с жесткими стойками

ближается к навеске трактора.

В базовую комплектацию входят шарнирно сопряженные дисковый и рыхлительный модули, каток и секции пружинных боронок (рис. 1). Новый модуль содержит раму с навесным и соединительным устройствами и сменные подпружиненные или жестко закрепленные двухдисковые секции с механизмами регулировки угла атаки дисков.

На раме рыхлительного модуля установлены чизельные или стрелчатые лапы шириной захвата 410 мм на жесткой стойке, или семь лап шириной захвата 330 мм на пружинных стойках. Рама содержит винтовые механизмы регулировки и ограничения подъема катка, обеспечивающие установку глубины обработки, регулируемую также с помощью изменения угла атаки дисковых секций в пределах $22 \pm 6^\circ$.

Каток содержит трубчатый барабан, подшипниковые узлы и рамку, шарнирно соединенную с рамой рыхлителей. На поперечной балке рамки может быть установлен ряд пружинных зубьев бороны. Перевод агрегата из рабочего в транспортное положение осуществляется посредством навесного устройства трактора и гидроцилиндром.

Достоинством используемых в агрегате двухдисковых секций стала возможность применения вдвое меньшего числа подшипниковых узлов, стоек и предохранительных устройств, чем для дисков на индивидуальных стойках (поводках) [10, 12]. Двухдисковые секции в ряду размещаются со смещением по ходу, что уменьшает их забиваемость. Варианты агрегата с двухдисковыми секциями могут содержать различные глубокорыхлители и лапы на разных стойках и поэтому могут выполнять разные агроприемы обработки почвы (рис. 2).

Установка различных сферических дисков способствует более качественному измельчению пожнивных остатков и их заделки [9].

Сплошное гладкое лезвие диска при большой глубине обработки и малых значениях углов трения стебля или корня по лезвию ϕ_1 и по поверхности поля ϕ_2 в большинстве случаев выталкивает их, и они скользят по поверхности поля впереди диска. Диск может разрезать стебель, если направле-

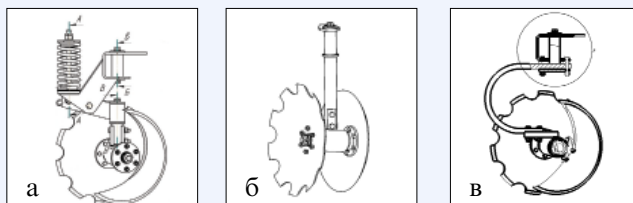


Рис. 2. Двухдисковые секции агрегатов АДЛ со стойками: а – подпружиненной; б – жесткой; в – упругой С-образной

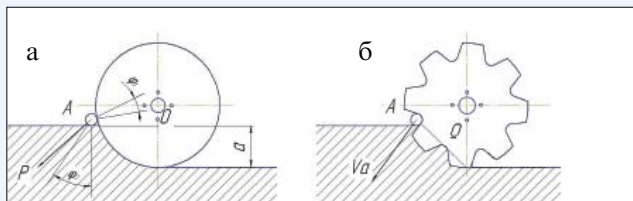


Рис. 3. Схемы сил при резании диском: а – со сплошным лезвием; б – с вырезным лезвием

ние силы P не будет выходить за пределы угла ϕ_2 (рис. 3а).

Для предотвращения образования гребней на стыке смежных проходов дисковые секции, крайние по ширине захвата бороны, должны быть обращены выпуклостью наружу, а сбоку крайних дисков, обращенных вогнутостью наружу, целесообразна установка отражательных щитков или дисков.

Силовая характеристика сферического диска задана силами R_x , R_y и R_z и искомые R' и R'' находим по формуле:

$$R'_{xy} = R_x \cos \alpha - R_y \sin \alpha; \quad (1)$$

$$R' = \sqrt{R_z^2 \cos \alpha + R'_{xy}^2}; \quad (2)$$

$$R'' = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R'_{xy}^2}; \quad (3)$$

$$v = \arctg \frac{R_z}{R_x \cos \alpha - R_y \sin \alpha},$$

где R' и R'' – силы сопротивления почвы;

R' – сила лежит в вертикальной плоскости, проходит через ось вращения,

R'' – сила параллельна оси вращения дисков;

α – угол установки дисков, градусы.

При одинаковом заглублении дисков секции их радиусы R и r , угол крена β и расстояние между ними s связаны зависимостью (рис. 4.):

$$\beta = \arctg(R - r) / s. \quad (4)$$

В однодисковых секциях угол крена $\beta = 10-15^\circ$, в двухдисковых – $\beta = 5-12^\circ$.

При $R - r = 25$ мм и расстоянии между дисками $s \approx 250$ мм угол крена $5^\circ < \beta < 6^\circ$ ($\beta \approx 5,5^\circ$), а при $R - r = 50$ мм – угол β должен составлять около 11° . При $\beta = 5,5^\circ$ и $R - r = 25$ мм расстояние s составляет 260 мм. При $R - r = 50$ мм и $\beta = 11^\circ$ расстояние $s = 257$ мм.

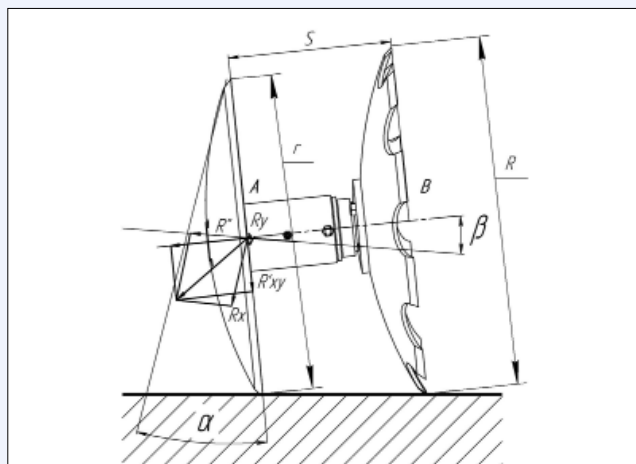


Рис. 4. Схема к определению наклона оси β и расстояния между дисками S

Угол атаки двухдисковых секций в зарубежных конструкциях как правило не регулируется и составляет $12-20^\circ$. Однако в агрегатах АДЛ такая регулировка угла атаки имеется ($16-28^\circ$) для секций с различными стойками, в том числе впервые – с подпружиненными (рис. 2). При установке минимального угла они не забиваются на засоренных увлажненных агрофонах, а при максимальном – хорошо заглубляются при обработке уплотненной почвы.

Агрегат АДЛ-3 можно оснащать различными глубокорыхлителями и лапами на разных стойках и выполнять несколько агроприемов обработки почвы: ресурсосберегающей основной, предпосевной и совмещенной основной и предпосевной [13-15].

Лапы различной конфигурации на комбинированной машине осуществляют дополнительную разделку, вырывают и разрушают корневую систему, вспушивают почву и создают рыхлый агротехнический фон.

В процессе чизельной обработки почва разуплотняется, изменяется ее структура, чем достигается оптимальное соотношение между пористостью

капиллярной системы почвы и атмосферным воздухообменом, активизируются биологические процессы в почве, улучшается ее водопроницаемость, происходит накопление запасов продуктивной влаги, повышается плодородие, предупреждается развитие ветровой и водной эрозии почв.

Известно, что качество и энергоёмкость глубокого рыхления почвы чизельной лапой в значительной мере зависят от ее параметров. Хорошее рыхление пласта с наименьшими энергозатратами возможно при условии, когда заданная глубина обработки не превышает так называемой критической величины, ниже которой отсутствует боковое скалывание пласта.

Выводы

1. Существующие комбинированные почвообрабатывающие агрегаты обладают положительными конструктивными и техническими решениями, что обуславливает их включение в систему машин и технологий.

2. Модули агрегатов АДЛ можно использовать как дисковую борону, культиватор, глубокорыхлитель, каток. При этом предотвращается эрозия, почва хорошо накапливает и сохраняет влагу, улучшаются всхожесть и перезимовка посевов.

3. Сочетание различных типов рабочих органов, определение типа и конкретного места установки сдвоенных дисков на индивидуальных стойках, включая выбор их конструктивных параметров в сочетании с рыхлительными лапами нескольких видов и сменных прикатывающих устройств, позволяют за один проход добиться требуемого качества обработки.

4. Мульчирующая обработка почвы агрегатами АДЛ заменяет 2-4 прохода МТА, экономит 2-5 кг/га дизельного топлива и до 0,3 чел.ч/га трудозатрат, урожайность озимых и яровых повышается до 3 ц/га.

В результате возрастают годовая загрузка агрегата и экономический эффект от его использования.

Литература

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Силов О.А. Перспективные пути применения энерго- и экологически эффективных машинных технологий и технических средств // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2013. – № 4. – С. 8-11.
2. Мазитов Н.К., Лобачевский Я.П., Шарафиев Л.З., Бикмухаметов З.М., Хисамиев Ф.Ф. Техника – основа инновационной технологии обработки почвы // *Техника и оборудование для села*. – 2014. – № 10. – С. 12-15.
3. Лобачевский Я.П. Новые почвообрабатывающие технологии и технические средства // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 2000. – № 8. – С. 30.

ства. – 2000. – № 8. – С. 30.

4. Лобачевский Я.П. Современные почвообрабатывающие технологии. – М.: МГАУ, 1999. – 39 с.
5. Жук А.Ф. Новые способы послыйной обработки почвы // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2014. – № 4. – С. 13-18.
6. Жук А.Ф. Развитие машин для минимальной и нулевой обработки почвы. – М.: Росинформагротех, 2007. – 156 с.
7. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве // *Министерство сельского хозяйства РФ*. – М.: 2005. – 270 с.
8. Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М.,



Шевцов В.Г. Исходные требования на технологические операции в растениеводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – № 1. – С. 11-14.

9. Жук А.Ф., Поветкин В.Г. Конструкционные особенности диско-лаповых и диско-чизельных агрегатов // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. XVII Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2013. – С. 210-215.

10. Лобачевский Я.П., Эльшейх А.Х. Обоснование расстановки дисковых рабочих органов в комбинированных почвообрабатывающих агрегатах // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2009. – № 4. – С. 22-25.

11. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голосиенко С.А. Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники // Вестник Российской

академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 3. – С. 5-7.

12. Пат. №2444169 РФ. Комбинированный агрегат для основной обработки почвы // Лобачевский Я.П., Измайлов А.Ю., Золотарев С.А., Гончаров Н.Т., Сизов О.А., Афонина И.И., Шаров В.В.: МСХ РФ, ВИМ. – № 2010141997/13, заявл. 14.10.2010.; опубл. 10.03.12.

13. Зволинский В.Н. Комбинированные орудия на базе фронтальных дисковых борон // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 9. – С. 3-9.

14. Емельянов П.А., Аксёнов А.Г., Сибирёв А.В. Исследование силовой характеристики дискового заделывающего органа луковой сеялки // Нива Поволжья. – 2013. – № 26. – С. 40-46.

15. Зволинский В.Н., Гаврилин М.А. Анализ уплотнения почвы фронтальными дисковыми боронами // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2010. – № 12. – С. 17-22.

TILTHMAKER FOR ONCE-OVER SOIL TILLAGE

M.A. Mosyakov, V.N. Zvolinskiy

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation

One of modern methods of soil cultivation at reclamation of neglected field is layer-by-layer loosening of the top horizon by various working tools. Combined units have no removable tools. They are used not effectively both for primary cultivation and secondary tillage, and for reclamation of neglected field. This situation limits a scope of machines and reduces their annual loading. A combined unit for operations overlapping at presowing tillage have two-disk sections of frontal harrows, replaceable loosening working tools of subsurface plow and chisel type and replaceable tubular and toothed rollers. The authors developed agrotechnical requirements of design data of replaceable suspensions of disk sections, duckfoot sweeps and rollers. A placement of working tools on a universal frame provides an opportunity to have 15 options of the unit for various agrotechnical and soil climatic conditions. A level of innovative development soil-cultivating the disk and duckfoot units is high, tools rather reliable and universal. Such machines operate different options of the primary and secondary soil cultivation for one pass, replace 4 one-operational machines. The mulch tillage by disk and duckfoot units replaces 2-4 passes of machine-tractor aggregates, saves 2-5 kg/ha of diesel fuel and 0.3 man-hours /ha of labor costs, productivity of winter and spring grain crops increases by 0.3 t/ha.

Keywords: Loosening working tool; Disk working tool; Roller, Tilthmaker; Two-disk section; Replaceable working tool.

References

1. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A. Perspektivnye puti primeneniya energo- i ekologicheskikh effektivnykh mashinnykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv [Long-term ways of use of energy and environmentally efficient machine technologies and techniques], Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2013. No. 4. pp. 8-12 (Russian).

2. Mazitov N.K., Lobachevskiy Ya.P., Sharafiev L.Z., Bikmukhametov Z.M., Khisamiev F.F. Tekhnika – osnova innovatsionnoy tekhnologii obra-

botki pochvy [Machinery is a basis of innovative technology of soil cultivation]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2014. No. 10. pp. 12-15 (Russian).

3. Lobachevskiy Ya.P. Novye pochvoobrabatyvayushchie tekhnologii i tekhnicheskie sredstva [New soil-cultivating technologies and technical means]. Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. 2000. No. 8. pp. 30 (Russian).

4. Lobachevskiy Ya.P. Sovremennye pochvoobrabatyvayushchie tekhnologii [Modern soil-cultivating technologies]. Moscow: MGAU, 1999. – 39 pp.

(Russian).

5. Zhuk A.F. *Novye sposoby posloynnoy obrabotki pochvy [New ways of layer-by-layer soil cultivating]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2013. No. 4. pp. 13-18 (Russian).*

6. Zhuk A.F. *Razvitie mashin dlya minimal'noy i nulevoy obrabotki pochvy [Development of machines for mini-till and no-till soil cultivation]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2007. 156 pp. (Russian).*

7. *Iskhodnye trebovaniya na bazovye mashinnye tekhnologicheskie operatsii v rastenievodstve [Initial requirements for base technological operations in plant growing]. Ministry of Agriculture RF. Moscow: 2005. 270 pp. (Russian).*

8. Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M., Shevtsov V.G. *Iskhodnye trebovaniya na tekhnologicheskie operatsii v rastenievodstve [Initial requirements of technological operations in plant growing]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2011. No. 1. pp. 11-14 (Russian).*

9. Zhuk A.F., Povetkin V.G. *Konstruktsionnyye osobennosti disko-lapovykh i disko-chizel'nykh agregatov [Constructional features of the disk-hoe and disk-chisel units]. Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. dokl. XVII Mezhdununar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1. Moscow: VIM, 2013. pp. 210-215 (Russian).*

10. Lobachevskiy Ya.P., El'sheykh A.Kh. *Obosnovanie rasstanovki diskovykh rabochikh organov v kombinirovannykh pochvoobrabatyvayushchikh agregatakh [Justification of placement of disk working tools in combined soil-cultivating units]. Sel'skokho-*

zyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2009. No. 4. pp. 22-25 (Russian).

11. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevskiy Ya.P., Khoroshenkov V.K., Kuznetsov P.A., Yurkov M.A., Golosienko S.A. *Nauchnye printsipy povysheniya iznosostoykosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchey tekhniki [Scientific principles of increase of wear resistance of working tools of soil-cultivating machinery]. Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2012. No. 3. pp. 5-7 (Russian).*

12. Pat. №2444169 RF *Kombinirovannyi agregat dlya osnovnoy obrabotki pochvy [Combined unit for the main soil tillage]. Lobachevskiy Ya.P., Izmaylov A.Yu., Zolotarev S.A., Goncharov N.T., Sizov O.A., Afonina I.I., Sharov V.V.: MSKh RF, VIM. № 2010141997/13, zayavl. 14.10.2010.; opubl. 10.03.12.*

13. Zvolinskiy V.N. *Kombinirovannye orudiya na baze frontal'nykh diskovykh boron [Combined tools on basis of frontal disk harrows]. Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. 2008. No. 9. pp. 3-9 (Russian).*

14. Emel'yanov P.A., Aksenov A.G., Sibirev A.V. *Issledovanie silovoy kharakteristiki diskovogo zadelyvayushchego organa lukovoy seyalki [Research of power characteristic of disk covering tool of onions seeder]. Niva Povolzh'ya. 2013. No. 26. pp. 40-46 (Russian).*

15. Zvolinskiy V.N., Gavrilin M.A. *Analiz uplotneniya pochvy frontal'nymi diskovymi boronami [Analysis of soil consolidation by frontal disk harrows]. Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. 2010. No. 12. pp. 17-22 (Russian).*

