

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЛЕМЕШНО-РОТОРНОГО ПЛУГА ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В МАЛЫХ ФОРМАХ ХОЗЯЙСТВ

В. В. БЛЕДНЫХ,
доктор технических наук, профессор, академик РАН,
П. Г. СВЕЧНИКОВ,
доктор технических наук, доцент,
М. М. МУХАМАТНУРОВ,
кандидат технических наук, главный метролог,
Южно-Уральский государственный аграрный университет
(454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 75; тел.: 8 (351) 66-65-50; e-mail: uic@74.ru)

Ключевые слова: картофель, технология возделывания, многофункциональный лемешно-роторный плуг, вспашка, посадка, окучивание, удаление ботвы, выкапывание клубней, показатели качества, совокупные затраты.

Среднегодовое валовое производство картофеля в РФ оценивается в 29–31 млн т. Причем около 80 % картофеля производится в личных подсобных хозяйствах населения, с крайне ограниченными возможностями применения механизированных технологий и значительной долей ручного труда. На основе анализа современных достижений науки и техники по совершенствованию рабочих органов почвообрабатывающих машин предложена инновационная технология возделывания картофеля на площади до 10 га с использованием разработанного в Южно-Уральском ГАУ многофункционального лемешно-роторного плуга со сменными рабочими органами. Он способен при соблюдении необходимых агротехнических требований к возделыванию картофеля и при минимуме переналадок выполнять технологические операции: одновременную вспашку с дополнительным измельчением почвы и посадку клубней, удаление ботвы с совмещением выкапывания клубней картофеля. По патенту № 2552900 к опорному диску, расположенному примерно в средней части ротора, приварены несущие стержни, возможно закрепление на них сменных рабочих элементов в виде режущего ножа или призмы для улучшения качества обработки задернелых или тяжелых по механическому составу почв. Для перевода плуга из режима основной обработки в режим выкапывания клубней на роторе производится замена съемных элементов плоскими выкапывающими пластинами, которые для снижения повреждения клубней перекрывают зону действия рабочих органов второго и третьего ярусов. Пластина имеет наружный контур, параллельный оси ротора, нижний контур с увеличивающимся от оси ротора зазором относительно верхней поверхности подъемных лопаток. Показатели качества вспашки, посадки, междурядной обработки и окучивания соответствуют агротехническим требованиям. Полнота выкапывания клубней составляет 97 %, повреждение клубней 3 %, что превосходит показатели серийных копателей. При использовании многофункционального плуга с пропашным трактором класса тяги 1,4 т совокупные затраты по сравнению с существующей технологией снижаются на 11 270 руб./га, а для мини-трактора с мини-плугом – на 13 350 руб./га.

DEVELOPING A TECHNOLOGY AND DESIGNING A MULTIFUNCTIONAL ROTARY PLOUGHSHARE FOR CULTIVATING POTATOES IN SMALL ENTERPRISES

V. V. BLEDNYKH,
doctor of technical sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences,
P. G. SVECHNIKOV,
doctor of technical sciences, associate professor,
M. M. MUHAMATNUROV,
candidate of technical sciences, chief metrologist,
South-Ural State Agrarian University
(75 Lenina Ave., 454080, Chelyabinsk; tel.: +7 (351) 66-65-50; e-mail: uic@74.ru)

Keywords: potatoes, cultivation technology, multifunctional rotary ploughshare, tillage, planting, hilling, potato vine removal, digging up of tubers, quality indicators, total costs.

The average gross production of potatoes in Russia is estimated as 29–31 million tons, with about 80 % being produced in smallholdings with very limited application of mechanized technologies and a significant proportion of manual labour. Due to analysing modern scientific and technological advances for improving operating elements of tillage tools the authors suggest to use an innovative technology for growing potatoes on an area of 10 hectares with a multifunctional rotary ploughshare with changeable operating elements that is engineered in South-Ural State Agrarian University. It can be used to comply with the necessary agro-technical requirements for cultivating potatoes and to perform technological operations with minimum changeovers, namely: simultaneous ploughing combined with soil pulverizing and tubers planting, potato vine removing combined with digging up potatoes. According to patent № 2552900 bearing rods are welded to a backing disk located approximately in the middle of the rotor for possible fixing changeable operating elements on them in the form of cutting blades or prisms to improve the tillage of grass-covered or heavy-textured soils. To change the ploughing mode for general tillage into the one for digging up tubers it's necessary to replace changeable elements with flat digging up plates which overlap the areas of the operating elements of the second and third tiers to reduce the damage of tubers. Each plate has an outer outline parallel to the rotor axis, a lower outline with an increasing gap between the rotor axis relative to the upper surfaces of lifting vanes. The quality parameters of ploughing, planting, hilling and inter-row cultivation meet agro-technical requirements, with dug up tubers equaling 97 % and their damage being 3 %. Such parameters are higher than the ones of produced diggers. When using the multifunctional plough with a tractor of the traction class 1.4 tones and with a mini-tractor combined with a mini-plough the total costs are lower 11270 and 13350 rub./ha, respectively (as compared with the existing technology).

Положительная рецензия представлена О. В. Гордеевым, доктором технических наук, заместителем директора по научной работе Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства.



На основе обобщенных данных за ряд лет установлено, что среднегодовое валовое производство картофеля в различных категориях хозяйств РФ оценивается в 29–31 млн т. Причем около 80 % картофеля производится в личных подсобных хозяйствах населения с крайне ограниченными возможностями применения механизированных технологий и значительной долей ручного труда [1–4]. В результате анализа и пересмотра существующей технологии и технических средств предложена инновационная технология возделывания картофеля на площади до 10 га с использованием многофункционального лемешно-роторного плуга со сменными рабочими органами. Почвенно-климатические ресурсы и агротехнические приемы возделывания картофеля позволяют использовать данные машины в малых хозяйствах без снижения урожайности [5–7].

Цель и методика исследований. Цель работы – разработка и совершенствование технологии и технических средств для возделывания картофеля с меньшими затратами в хозяйствах населения, а также в крестьянско-фермерских хозяйствах. Методологией исследования являются: анализ современных достижений науки и техники, использование теоретических и практических основ по совершенствованию рабочих органов почвообрабатывающих машин и экспериментальная проверка при полевых испытаниях соответствия качественных показателей технологических процессов агротехническим требованиям нормативных документов.

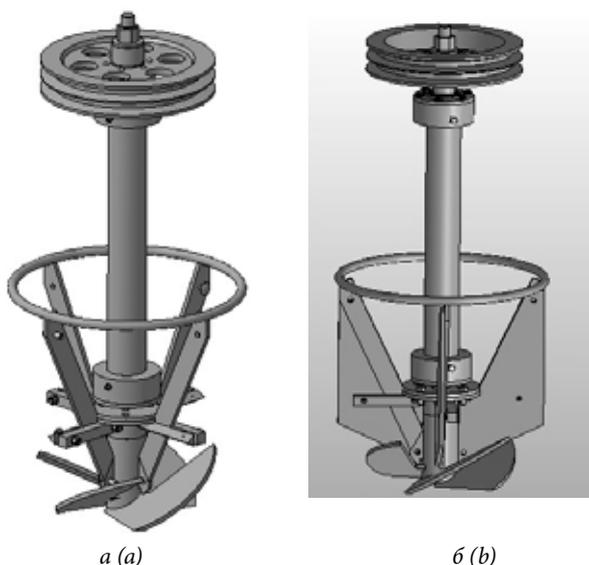
Результаты исследований. В результате проведенных исследований в Южно-Уральском ГАУ разработан многофункциональный лемешно-роторный плуг, способный при соблюдении необходимых аг-

ротехнических требований к возделыванию картофеля и при минимуме переналадок выполнять технологические операции: одновременную вспашку с дополнительным измельчением почвы и посадку клубней, удаление ботвы с совмещением выкапывания клубней картофеля.

Для этого предназначены основные рабочие органы, разработанные в соответствии с патентом от 14 мая 2015 г. № 2552900. Достоинством конструкции по сравнению с прототипом является: снижение трудоемкости переналадки плуга при изменении его функций, повышение надежности элементов конструкции, снижение повреждения клубней при выкапывании [8, 9]. За основу совершенствования принята конструкция ротора для вспашки старопахотных почв, исследования по определению рациональных параметров рабочих органов почвообрабатывающих машин [10–13]. Внесены следующие изменения: к опорному диску, расположенному примерно в средней части ротора, приварены несущие стержни, при этом возможно закрепление на них сменных рабочих элементов в виде режущего ножа или призмы. Они улучшают агротехнические показатели при обработке задернелых или тяжелых по механическому составу почв (рис. 1а). Для перевода плуга из режима основной обработки в режим выкапывания клубней на роторе производится замена съемных элементов плоскими выкапывающими пластинами, закрепляемыми с помощью разъемных соединений. Пластина имеет торцевой контур в виде многоугольника. Наружный контур параллелен оси ротора, нижний контур выполнен с увеличивающимся от оси ротора зазором относительно верхней поверхности подъемных лопаток. Выкапывающие пластины перекрывают зону действия рабочих органов второго и третьего ярусов, что снижает повреждение клубней (рис. 1б).

Многофункциональные лемешно-роторные плуги имеют две разновидности: для пропашного трактора класса тяги 1,4 т – ПЛР-2-50 и для мини-трактора – ПЛРМ-2-30 (рис. 2).

По инновационной технологии возделывание картофеля целесообразно производить по паровому полю. Подготовка почвы под посадку картофеля заключается в тщательном крошении и перемешивании разных слоев почвы, вносимых удобрений и мелиорантов лемешно-роторным плугом [14]. Посадку картофеля по предлагаемой технологии можно производить одновременно с обработкой почвы или при помощи приспособления к окучнику. По первому варианту для посадки картофеля используется многофункциональный плуг, переналаженный в двухкорпусный вариант, с образованием междурядий в 70 см с использованием маркеров (рис. 3а).



а (а) б (б)
Рис. 1. Усовершенствованная конструкция ротора многофункционального плуга: а – для вспашки; б – для выкапывания картофеля
Fig. 1. Rotor multi-function plough: a – for plowing; b – for digging potatoes



а (а)



б (б)

Рис. 2. Агрегат в составе: а – МТЗ-82 + ПЛР-2-50; б – с мини-трактором ХТ-244 + ПЛРМ-2-30
 Fig. 2. The unit is composed of: а – tractor MTZ-82 with the plow PLR-2-50; б – mini-tractor XT-244 with a plow PLRM-2-30



а (а)



б (б)

Рис. 3. Технологический процесс работы агрегата с многофункциональным плугом МТЗ-82 + ПЛР-2-50:
 а – в режиме вспашки и посадки картофеля; б – в режиме выкапывания картофеля на участке с крепкой зеленой ботвой
 Fig. 3. Technological process of operation of the tractor MTZ-82 with multi-functional plow PLR-2-50:
 а – when plowing and planting potatoes; б – when to dig potatoes with green stem

Первое окучивание выполняется через 7–10 дней после посадки. Окучивание сопровождается выправлением рядов с уложенными семенными клубнями и образованием над рядами гребней из почвы. Установлено, что отклонения по ширине междурядий и между крайними при окучивании рядами не превышают агротребований для картофелесажалок. После второго окучивания картофеля, посаженного многофункциональным плугом, установлено, что степень крошения почвы, параметры гребня, уничтожение сорняков, степень сохранности растений картофеля, отклонения растений от осевой линии соответствуют агротехническим требованиям [15].

При возделывании картофеля на поле, где он раньше не выращивался, уборку картофеля можно

производить без предварительной уборки ботвы, так как многофункциональный лемешно-роторный плуг заделывает ботву в почву, а картофель раскидывает по поверхности поля (рис. 3б). На полях постоянного возделывания картофеля ботву можно удалять химическим методом или специальным сменным рабочим органом к ротору.

В режиме вспашки с шириной захвата трехкорпусного плуга в один метр от положения двухкорпусной модификации пассивные корпуса переставляются на раме на дополнительные кронштейны. Первый корпус переставляется левее на 150 мм, второй – левее на 300 мм. Первый ротор остается на месте, а второй передвигается левее на 150 мм. В режиме выкапывания клубней расстановка пассивных и активных



рабочих органов сохраняется согласно вышеописанному положению. Только на второй ротор устанавливаются выкапывающие пластины, после чего выполняются следующие настройки.

1. Фиксирование продольной балки плуга и продольной оси трактора на параллельных линиях. Для этого при опущенном плуге необходимо натяжкой цепи зафиксировать левую тягу механизма навески трактора.

2. Установка плуга относительно горизонтальной плоскости в продольном и поперечном направлении.

3. Для настройки глубины выкапывания необходимо установить опорное колесо плуга до касания поверхности площадки. При пробном рабочем проходе по следу лемеха определяется степень подрезания нижележащих клубней. В случае отсутствия подрезанных клубней глубина выкапывания нормальная, при наличии подрезанных клубней следует со дна гребня выбрать клубень самой большой толщины и на эту величину приподнять опорное колесо.

4. Настройка оборотов ротора. При номинальных оборотах двигателя и включении ВОМ на 540 об./мин. во всех модификациях плуга к ротору передается около 300 об./мин. При правильной настройке вышеперечисленных регулировок, влажности почвы 17–22 % ширина раскидывания клубней составляет от 100 до 140 см. При отсутствии поврежденных клубней, но обнаружении в раскиданном ворохе зарытых товарных клубней размером больше 30 мм необходимо увеличить ширину раскидывания. Для этого надо увеличивать рабочую скорость до максимально возможного по тяговому сопротивлению и по управляемости агрегата. Если скорость ограничивается управляемостью, следует ВОМ переключить на 1000 об./мин. и снижением оборотов двигателя подводить количество оборотов ротора в диапазон 350–400 об./мин.

Благодаря тому, что основное воздействие планок активного ротора направлено на почву без непосредственного контакта с клубнями, выкопанный пласт с предварительно срезанной ботвой рассеивается тонким слоем (3–4 см) с полным расположением клубней картофеля на поверхности поля с визуальной доступностью. Полнота выкапывания клубней достигает 97 %, повреждение клубней – 3 %, что превосходит показатели серийных копателей (рис. 4) [16].

Во всех испытаниях роторного копателя заметна визуальная чистота отделения клубней от почвы и ботвы. Остатки подрезанной ботвы и столонов заделываются в почву, а клубни находятся на поверхности. Даже при выкапывании картофеля с неподрезанной ботвой эта картина сохраняется (рис. 3б). Благодаря визуальной доступности клубней облегчается их сбор, и затраты времени по сравнению со сбором за серийным копателем не возрастают.



Рис. 4. Раскидывание вороха и клубней картофеля при предварительном срезании ботвы

Fig. 4. Spreading heap of potato tubers during pre-cut stems

При использовании мини-плуга в агрегате с мини-трактором посадка и возделывание картофеля проводятся с расстоянием междурядий в 60 см.

При использовании многофункционального плуга с пропашным трактором класса тяги 1,4 т совокупные затраты по сравнению с существующей технологией снижаются на 11 270 руб./га, а для мини-трактора с мини-плугом – на 13 350 руб./га.

Выводы.

1. В настоящее время до 80 % производства картофеля сосредоточено в хозяйствах малых форм. Существующие технологии и технические средства по возделыванию картофеля оказываются неэффективными при производстве картофеля в этих хозяйствах.

2. Многофункциональный лемешно-роторный плуг со сменными рабочими органами позволяет сократить или совместить ряд технологических операций по возделыванию картофеля, качественно выполнять проводимые операции и снижать совокупные затраты.

3. Многофункциональный лемешно-роторный плуг прост по конструкции, удобен в эксплуатации, позволяет проводить быструю переналадку на выполнение различных функций.

4. При уборке потери и повреждения клубней составляют не более 3 %, что лучше по сравнению с полученным результатом при проведении агротехнических работ с использованием серийных машин.

5. Экономическая эффективность новой технологии и многофункционального лемешно-роторного плуга за счет снижения совокупных затрат на возделывание картофеля по сравнению с существующей технологией составляет: для лемешно-роторного плуга, агрегируемого пропашным трактором класса тяги 1,4 т – 11 270 руб./га; для агрегата с мини-трактором – 13 350 руб./га.

Литература

1. Статистический ежегодник России. 2014 г.
2. Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2006 г.: предварительные итоги по полной программе. М., 2008. Т. 1.
3. Симаков Е. А., Анисимов Б. В., Чугунов В. С., Шатилова О. Н. Картофель России: ресурсы и ситуация на рынке // Картофель и овощи. 2013. № 3.
4. Концепция модернизации сельскохозяйственных тракторов и тракторного парка России на период до 2020 года : проект ГНУ ВИМ Россельхозакадемии. М., 2012.
5. Шабанов А. Э., Киселев А. И., Зебрин С. Н., Коровин А. С. Эффективные агроприемы на картофеле // Картофель и овощи. 2015. № 5. С. 27–28
6. Ширяев Г. В. Применение тукосмесей при выращивании картофеля экономически выгодно // Картофель и овощи. 2013. № 1.
7. Свечников П. Г., Мухаматнуров Д. М. Технология возделывания картофеля с использованием многофункционального лемешно-роторного плуга // Агропродовольственная политика России. 2014. № 10. С. 34–37.
8. Корепанов А. В., Мухаматнуров М. М., Садовский С. С., Свечников П. Г., Штейнерт И. Я. Плуг-картофелекопатель : патент на изобретение № 2236771 МПК А 01 В 17/ 00; А 01 D 13/00, 1993 // Бюл. № 27. 27.09.2004.
9. Свечников П. Г., Андриющенко В. П., Мухаматнуров Д. М., Мухаматнуров М. М. Комбинированное орудие для возделывания картофеля : патент на изобретение № 2552900 от 14 мая 2015 г.
10. Подскребко М. Д., Штейнерт И. Я., Тен А. С. Плуг с комбинированными рабочими органами // Тракторы и сельхозмашины. 1979. № 4.
11. Свечников П. Г. Направляющие косинусы линии движения пласта по трехгранному клину // Научное обозрение. 2011. № 6. С. 115–119.
12. Свечников П. Г. Алгоритм перемещений лемешно-отвальной поверхности плуга при работе на различных скоростях // Аграрный вестник Урала. 2012. № 5. С. 65–68.
13. Бледных В., Свечников П. Теория почвообрабатывающего клина и ее приложения : монография. Берлин : Ферлаг ГмбХ Логос, 2013. 90 с.
14. СТО АИСТ 4.6-2010. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения. Общие требования.
15. СТО АИСТ 10.5.6-2003. Машины посевные и посадочные. Показатели назначения. Общие требования.
16. СТО АИСТ 8.5-2006. Машины для уборки и послеуборочной обработки картофеля. Методы оценки функциональных показателей.

References

1. Statistical Yearbook of Russia. 2014.
2. All-Russian agricultural census 2006: preliminary results for the full program. M., 2008. Vol. 1.
3. Simakov E. A., Anisimov B. V., Chugunov V. S., Shatilova O. N. Potatoes of Russia: resources and market situation // Potatoes and vegetables. 2013. № 3.
4. The concept of modernization of agricultural tractors and tractor fleet of Russia for the period up to 2020 : draft of GNU VIM RAAS. M., 2012.
5. Shabanov E. A., Kiselev A. I., Zebrin S. N., Korovin A. S. Effective agricultural practices on potatoes // Potatoes and vegetables. 2015. № 5. P. 27–28.
6. Shiryayev G. V. Application of mixed fertilizers in the cultivation of economically profitable potatoes // Potatoes and vegetables. 2013. № 1.
7. Svechnikov P. G., Muhamathnurov D. M. Technology of potato cultivation with the use of multi-jointers rotary plow // Agri-food policy in Russia. 2014. № 10. P. 34–37.
8. Korepanov A. V., Muhamathnurov M. M., Sadowski S. S., Svechnikov P. G., Steinert I. Ya. Plow-potato digger : the patent for the invention № 2236771 МПК А 01 В 17/ 00; А 01 D 13/00, 1993 // Bull. № 27. 27.09.2004.
9. Svechnikov P. G., Andryuschenko V. P., Muhamathnurov D. M., Muhamathnurov M. M. Combo weapon for potato cultivation : the patent for the invention № 2552900 from May 14, 2015.
10. Podskrebko M. D., Steinert I. Ya., Ten A. C. Plow with combined working bodies // Tractors and farm machinery. 1979. № 4.
11. Svechnikov P. G. Directing cosines of the line of movement of a formation on a triangular wedge // Scientific review. 2011. № 6. P. 115–119.
12. Svechnikov P. G. Algorithm moves jointers-moldboard surface of the plow when working at different speeds // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. № 5. P. 65–68.
13. Blednykh V., Svechnikov P. Theory of a tillage wedge and its applications : monograph. Berlin : Logos Verlag GmbH, 2013. 90 p.
14. Standards of Association of test agricultural machinery and technology 4.6-2010. Machine tillage. Indicators of destination. General requirements.
15. Standards of Association of test agricultural machinery and technology 10.5.6-2003. Machines sowing and planting. Indicators of destination. General requirements.
16. Standards of Association of test agricultural machinery and technology 8.5-2006. Machines for harvesting and post-harvest handling of potatoes. Methods of assessing functional performance.