

УДК 631.312.021

**ОБОСНОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЛУГА  
ДЛЯ КОПКИ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ВЛАЖНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ****Смирнов П.А., Пушкаренко Н.Н., Смирнов М.П., Алексеев Е.П.**

**Реферат.** В Средней полосе России влажные условия уборки картофеля возникают в среднем один раз в 5...6 лет. Задача практически не разрешима для сельскохозяйственного мелкотоварного производства – крестьянского фермерского (КФХ) и личного подсобного хозяйства (ЛПХ), поскольку они ограничены как в энергетических установках (тракторах), так и в картофелеуборочной технике. Поэтому предложено выкапывание картофеля весьма распространенным трехкорпусным плугом с последующей подборкой механизированным способом. Для оборота клубненосного пласта предложен решетчатый конический отвал. Проведен графический анализ оборота пласта с определением скрытых зон потери клубней; аналитический расчет с задачей стабилизации хода плуга на гребне картофеля, поскольку по сравнению с полевой вспашкой полевая доска корпуса плуга размещена в борозде и реакция почвы на неё недостаточно реализуется. Приведены формулы для расчета площади полевой доски. Для расчетов экспериментально определены средняя твердость почвы гребня и борозды посадок картофеля при абсолютной влажности почвы 31%. По произведенным расчетам изготовлены увеличенные полевые доски и установлены глубже хода корпуса. Полевые доски с увеличенной площадью 1,5...1,6 раза позволили стабилизировать плуг. Также приведены выполненные изменения в раме, опорного колеса и прицепной (навесной) системе плуга.

**Ключевые слова:** плуг, картофель, влажность почвы, твердость почвы, конический корпус, полевая доска, коэффициент объемного смятия.

**Введение.** Уборка картофеля во влажных погодных условиях – весьма сложная и трудоемкая задача. В Средней полосе России такие условия возникают в среднем один раз в 5...6 лет. Задача трудная и для крупных предприятий [1], и практически не разрешимая для сельскохозяйственного мелкотоварного производства – крестьянского фермерского (КФХ) и личного подсобного хозяйства (ЛПХ), поскольку они ограничены как в тракторах, так и в разнообразной картофелеуборочной технике. Однако, в мелкотоварном секторе сельского хозяйства производится около 87...90% картофеля в стране, и представляется особенно важным развитие механизации уборки картофеля при влажных погодных условиях. Таким образом, необходимо иметь наиболее простое и адаптированное к широкой эксплуатации надежное приспособление для уборки картофеля. В этом заключена основная цель нашего исследования. В качестве такого орудия нами выбран плуг. Сформулированы следующие задачи: изучить возможность уборки картофеля плугом, графическое и аналитическое исследование оборота клубненосного пласта, стабилизация хода плуга по гребню и проведение полевых испытаний совершенствованного плуга.

**Условия, материалы и методы исследований.** Первые машины для уборки картофеля, на наш взгляд, учитывали и были наиболее приспособленными для уборки картофеля во влажных погодных условиях [2, 3]. Конструкция этих машин проста и состояла из единственного однорядного копача, разрыхляющего гребень посадок картофеля. Следующий вариант копки картофеля был на базе трехкорпусного плуга и рыхлителя на основе пропаш-

ного культиватора [4-6]. На плуге снимали отвалы и для улучшения сепарации почвы приваривали специальные прутки. Эти орудия уже выкапывали по два ряда одновременно. Дальнейшие разработки по механизации уборки картофеля в трудных условиях велись по совершенствованию копателей и комбайнов [6-8].

Предложено достаточно много способов копки картофеля, большинство из них представляются рационализаторскими предложениями. Например, известные предложения копки картофеля тракторным плугом ПЛН 3-35 (рисунок 1) со снятым вторым и безотвальными первым и третьим корпусами для копки картофеля [5, 6]. Но на практике при агрегатировании трактором МТЗ-82 при первом же проходе выясняется, что плуг крайне неустойчив. Его уводит влево, корпуса смещаются относительно гребней картофеля и в действительности выкапывается только часть урожая. Вождение постоянной корректировкой курса колесного трактора рулем в междурядье затруднительно, поскольку пространство маневрирования ограничено рядами картофеля. И наиболее эффективное решение в этом случае – агрегатирование плуга ПЛН 3-35 с трактором ДТ-75М: тяжелый гусеничный трактор вполне успешно справляется поперечным усилием влево.

В течение трех лет (2017-2019 гг.) проводилось детальное изучение гребня посадок картофеля различными орудиями в ЛПХ и КФХ с междурядьем 0,6 и 0,7 м. Следует отметить, что однообразной формы и размеров гребня посадок картофеля в указанных хозяйствах нет. Задача усложнена тем, что в ЛПХ сажают большинство ручным способом, а в

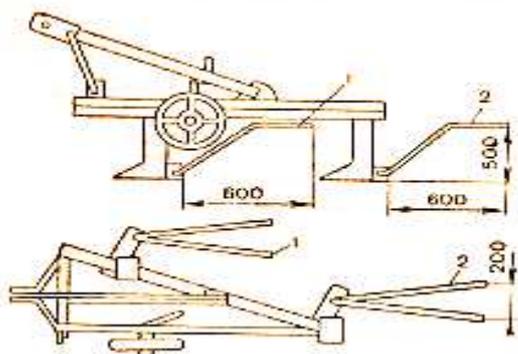


Рисунок 1 – Плуг ПН 3-35, переоборудованный для выкапывания картофеля во влажных погодных условиях [5, 6]: 1 - пруток первого корпуса; 2 - пруток второго корпуса

КФХ – либо самодельными сажалками, либо промышленными сажалками к мотоблоку или минитрактору. Причем, в тех и других случаях, посадка ведется без маркера. В целом у представленных способов основной недостаток - это несоблюдение прямолинейности, ширины междурядий и особенно ширины стыковых междурядий. Поэтому исследования проведены на гребне, окуленном самодельным фрезерным культиватором-окучком с междурядьем 0,6 м. При этом сформированный гребень сохраняет свою форму до копки.

На рисунке 2 с помощью масштабной сетки Paint смоделирован гребень ABCD рядка картофеля после окуливания и перед уборкой, междурядье  $C_1D_1AB$  и корпус плуга на поперечно-вертикальной плоскости. За 2,5 месяца со времени окуливания начала механизированной копки картофеля с гребнем и междурядьем существенных изменений не произошло: вершины углов трапецевидного сечения гребня сгладились на 2,0...3,0 см, произошла усадка окуленного пласта. По нашему мнению, рост клубней в гребне компенсировал усадку. Таким образом, среднее уменьшение высоты гребня по отношению ко дну борозды наблюдалось всего на 1,0...1,5 см.

Для указанного междурядья, популярного

в мелкотоварном производстве, трансформирован плуг ПН 3-23 для копки на влажном агрофоне (рисунок 3), параллельно изучался плуг ПН 3-35 для междурядья 0,7 м. Корпуса плуга ПН 3-23, заимствованные от конных плугов, представляют культурную отвальную поверхность и в традиционной форме не могут выполнять функции копки [9]. Из опыта проектирования и эксплуатации плугов форма рабочей поверхности корпуса плуга [10, 11] выбрана в виде фрагмента усеченного конуса с наклоном оси конуса к горизонту  $20^\circ$  и к направлению движения агрегата, равным углу  $\gamma_0$ . Выбор конусного отвала мотивирован тем, что движение потока почвы в пределах угла естественного откоса аналогичным движению жидкости, и соответственно, подчиняющимся тем же законам. Для выкапывающего отвала во влажных условиях крайне важно максимальное расхождение потока частиц клубне-носного пласта с момента отрезания пласта лезвием лемеха и подъема по отвалу. Такие отвалы применяются на ярусных и плантажных плугах [9].

На рисунке 2 в масштабе выполнена проекция корпуса на продольно-вертикальную плоскость на фоне контура гребня в оптимальном варианте их взаимного размещения: 1 - лемех, 2 - грудь отвала, 3 - прутковый отвал с уменьшенным контуром б, 4 - полевая доска и 5 - контур культурного корпуса. По сравнению с культурным, выкапывающий отвал (5 и б) выполнен уменьшенным по высоте. Поэтому часть потока почвы переваливается через верхний обрез и падает в борозду. Крыло отвала монтировано решетчатым по образующим конуса. Именно решетчатые отвалы рекомендованы при проектировании копачей [2, 3]. Для этого четыре прутка  $\varnothing 12$  мм из стали Ст65Г приварены к груди отвала с двух сторон незамкнутым контуром. Длины прутков обрезаны по форме отвала. При такой конструкции отвала почва просеивается в промежутке прутков. Заклинивание крупных комков и клубней не происходит, поскольку прутки расходятся и межпрутковый зазор постоянно увеличивается в сторону движения пласта.

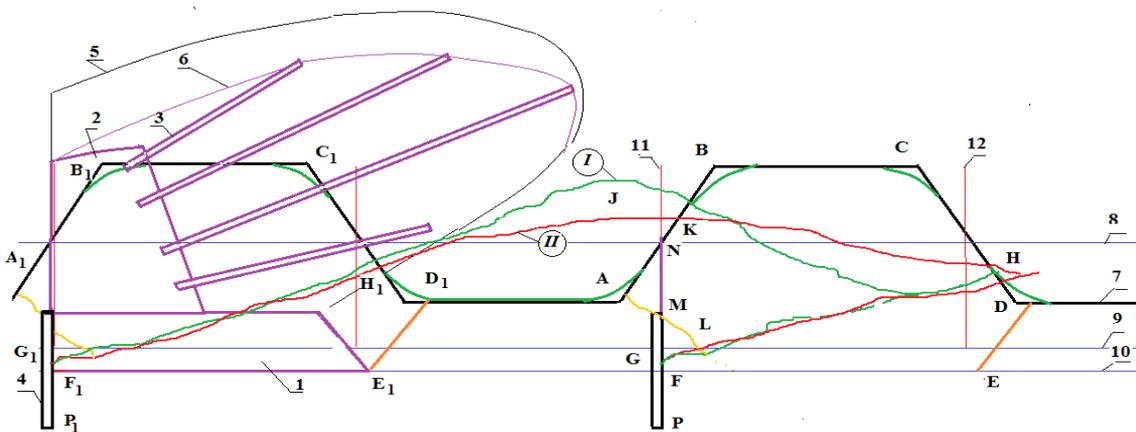


Рисунок 2 – Рабочая схема оборота гребня посадок картофеля плужным корпусом (обозначения в тексте)

Тем более, как было замечено в ходе опытной копки, поступление на рабочую поверхность клубненосного пласта имеет неравномерный характер, и вибрация прутков также имеет место, что способствует очищению решетчатого отвала в целом. Таким образом, материал прутка был нами выбран для обеспечения наибольшей износостойкости, так и для обеспечения вибрации.

На рисунке 2 линия 7 – глубина междурядья, 8 – средняя линия гребней, 9 – линия заглабления при гребневой и 10 – при гладкой посадке. При гладкой посадке глубина подкапывания рядка относительно дна борозды должно быть не менее 7...8 см. При гребневой посадке – не менее 5 см. Разброс клубненосного пласта с пруткового крыла отвала зависит от рабочей скорости агрегата. На первой передаче агрегата с трактором Т-25А при средней скорости агрегата  $v_m=1,35$  м/с образуется гребень и бороздка с перепадом по высоте до 15 см (линия I). При этом под гребнем теоретически могут располагаться выкопанные клубни. Но на третьей передаче при скорости агрегата  $v_m=2,05$  м/с гребень и бороздки выравниваются (линия II) и при этом вероятность заделки клубней гораздо меньше. Но в обоих случаях остается утолщенный слой сечением HLMNK на месте предыдущей борозды (рисунок 2), где могут быть заделаны клубни. Именно масштабное моделирование позволяет определить скрытые зоны потери клубней.

Поперечная составляющая силы  $P_y$  общего тягового сопротивления  $P_x$  определяется [12]:

Сила  $P_y$  по формуле В.П. Горячкина без вредного сопротивления, по факту не влияющего на значение  $P_y$ ):

$$(1)$$

где  $S_n$  – площадь сечения клубненосного пласта, взаимодействующего с рабочей поверхностью, см<sup>2</sup>;

$k_n$  – коэффициент удельного сопротивления почвы, Н/см<sup>2</sup>;

$\varepsilon$  – коэффициент, характеризующий физико-механические характеристики почвы и тип отвала;

$v$  – поступательная скорость агрегата.

Также по Н.В. Щучкину [9] можно записать:

$$P_y = \frac{1}{3} (k_n S_n + \varepsilon S_n v^2) = \frac{1}{3} S_n (k_n + \varepsilon v^2),$$

где:

$$(2)$$

где  $m$  – переводной коэффициент;  
 $p_{cp}$  – средняя твердость почвы, Н/см<sup>2</sup>.

В то же время реакция почвы на полевой доске выражается [12]:

$$(3)$$

где  $q_0$  – коэффициент объемного смятия, Н/см<sup>3</sup>;

$b$  и  $l$  – ширина и длина полевой доски;

$\alpha$  – угол расположения полевой доски относительно направления движения.

Для детального анализа решаем уравнения 1 и 3 в виде

$$R_y = \frac{1}{2} q_0 b l^2 \sin \alpha, \text{ неравенства:}$$

$$(4)$$

По формуле (4) размеры полевой доски ( $b$  и  $l$ ) зависят от коэффициента объемного смятия почвы полевой доской  $q_0$ , поперечного сечения  $S_n$  и удельного сопротивления почвы  $k_n$  клубненосного пласта и поступательной скорости агрегата  $v^2$ .

$$b l^2 \geq \frac{2}{3 q_0 \sin \alpha} S_n (k_n + \varepsilon v^2)$$

Для практического решения задачи, по мнению Н.В. Щучкина [9], вполне достаточно значение твердости почвы, для этого решаем выражения 2 и 3:

$$(5)$$

Таким образом, определив площадь сечения, твердость клубненосного пласта и коэффициент объемного смятия бороздки между-

$$b l^2 \geq \frac{2}{3 q_0 \sin \alpha} m p_{cp} S$$

рядья есть возможность определить  $b l^2$ , далее – выбрать оптимальные значения ширины и длины доски.

Размеры полевой доски отвального корпуса ПН 3-23 составляет 3,5×20 см и находится под углом 2...3° к направлению движения [9]. При копке картофеля с такой полевой доской корпус сразу отводится к стенке соседнего левого ряда приблизительно на 30 см, что показывает преобладание численных значений правой части выражения (1). Причем для уменьшения значений компонентов формулы правой части не представляется возможным, поэтому для компенсации усилия необходимо увеличить поперечную реакцию почвы на полевую доску, то есть значения ширины  $b$ , длины  $l$  и угла её расположения относительно направления вектора поступательной скорости. Существенное увеличение длины доски не представляется возможным, поскольку увеличивается путь разгона агрегата в начале гона и большое плечо момента от сил сопротивления заглабления может разрушить стойку корпуса.

Определена ширина клубненосного пласта в гребне (рисунок 2), обозначены границы пласта. В соответствии с ним лемеха предложено удлинить так, чтобы они полностью подрезали клубненосный пласт. Таким образом, лемеха изготовлены из стандартного лемеха плуга ПН 3-35.

**Анализ и практическая реализация исследования.** Весьма влажным летом и началом осени 2019 года, когда возникли реальные трудные условия уборки картофеля, измерены твердости гребня и междурядья (рисунок 4). Средняя влажность по собственным измерениям составила  $\omega_a=31\%$ , по показаниям метеостанции Чувашской ГСХА средняя влажность достигала  $\omega_a=35\%$ . Определены средние твердости  $p_{cp}$  по десяти измерениям гребня 0,55 МПа, междурядья 0,94 МПа. Коэффициенты объемного смятия  $q_0$  соответственно: 0,16 и 0,24 Н/см<sup>3</sup>.

По опытным данным твердости и коэффициента объемного смятия, также принятого для серых лесных почв коэффициента  $m=0,013$  [9], проведены расчеты размеров полевой доски. При этом площадь клубненосного пласта  $S_n$ , рассчитанного и проверенного по сантиметровой масштабной сетке Paint, составила 665,75 см<sup>2</sup>. Для гладкой посадки картофеля получены следующие значения размеров полевой доски:

при длине  $l = 20$  см и  $\alpha = 3^\circ$ , то минимальная расчетная ширина  $b=7,82$  см;  
при  $l = 30$  см и  $\alpha = 3^\circ$ , то  $b=5,21$  см.

Соответственно, при изменении угла на  $\alpha = 4^\circ$  получены значения:

при длине  $l = 20$  см минимальная расчетная ширина  $b=6,88$  см;  
при  $l = 30$  см, то  $b=4,5$  см.

Были изготовлены два комплекта полевых досок размерами 8×20 и 6×30 см, близкими значениями к расчетным, и установлены на плуг ПН 3-23. Для лучшего заглубления ниже глубины хода корпуса (FP и F<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, рисунок 2) полевые доски изготовлены вертикальным лезвием с двусторонней заточкой. Однако практические испытания показали, что стабильности хода корпусов плуга по гребням не достигнуто: наблюдается частичное отклонение корпусов влево.

Только повторное изготовление аналогичных полевых досок размерами 12×20 и 9×30 см, соответственно их монтаж на плуге и испытания показали удовлетворительную копку картофеля в указанных влажных условиях. На наш взгляд, причина несоответствия расчетных и экспериментальных данных в измерении твердости почвы связана с вертикальным направлением твердомера Ревякина при измерениях. Для полевой доски правильно было бы изначально измерить поперечную твердость с открытым полупространством междурядья, соответственно определить коэффициент объемного смятия почвы [13, 14].

Также отмечено, что при значительной

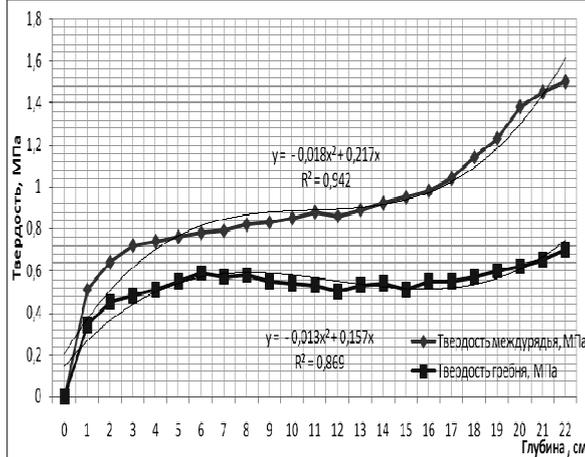


Рисунок 3 – Усредненные диаграммы твердости гребня и междурядья картофеля (десять измерений) при абсолютной влажности  $\omega_a=31\%$  (2019 г.)

влажности почвы поверхностный слой плужной подошвы (по осенней вспашке предыдущего года на глубине 22 см) также теряет прочностные свойства. Увеличение твердости плавно начинается только на глубине  $18 + 7,5 = 25,5$  см (рисунок 3) и на такую глубину не удастся заглубить полевую доску для копки картофеля (рисунок 2).

Для копки картофеля на плуге ПН 3-23 необходимо установить поперечное расстояние между первым и третьим корпусом, равным 0,46 м, в соответствии с междурядьем посадок, равным 0,6 м. Для этого на раме плуга изготовлен и монтирован дополнительный кронштейн 3 для третьего корпуса 4 (рисунок 4), смещающий корпус влево на 0,14 м.

Также, согласно рисунку 2, потребуется увеличенный диапазон регулировок опорного колеса (6 и 7, рис. 4), на некоторых марках плугов ПН 3-35 его недостаточно. При обычной вспашке колесо плуга опирается непосредственно на поверхность поля, то при копке картофеля колесо будет перемещаться по борозде. Решить задачу перемещением кронштейна крепления колеса на раме невозможно. Остается вариант удлинения стойки колеса для установки на глубину подкапывания, ука-

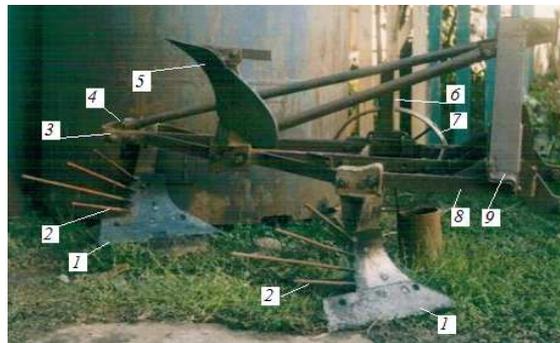


Рисунок 4 - Плуг для выкапывания картофеля междурядьем 0,6 м:

1 - уширенный лемех; 2 - решетчатый отвал; 3 - штатное монтажное место 3-го корпуса; 4 - место перестановки 3-го корпуса при копке картофеля; 5 - 2-ой корпус; 6 - кронштейн (стойка) опорного колеса; 7 - опорное колесо; 8 - рама; 9 - навесная система плуга

занных выше. Поскольку опорной поверхностью под колесом является почва повышенной влажности, то есть необходимость:

- увеличения площади контакта колеса с почвой, в частности: уширением обода колеса или увеличением его диаметра. В последнем случае решается одновременно предыдущая задача по удлинению стойки колеса.

- оборудования колеса скребком для очистки его поверхности, поскольку наблюдается налипание остатков скошенной ботвы, и последующее выглубление плуга, что ведет к подрезанию клубней.

На плуге ПН 3-23 после установки третьего корпуса со смещением влево, колесо будет перекашиваться по гребню, выкапываемому этим корпусом. Таким образом, на указанном плуге опорное колесо не требует модернизации.

Проводить регулировку положения плуга относительно трактора и рядков картофеля рациональнее по левому заднему колесу (рисунок 2). При этом колея трактора устанавливается равным расстоянию двух междурядий, причем как задних колес, так и передних. Но есть и другой вариант: в ходе экспериментов на междурядье 0,6 м с трактором Т-25А с колесей 1,32 м пришлось переместить навесную систему плуга 9 на его раме 8 (рисунок 3) вправо до совпадения левого заднего колеса со вторым междурядьем и третьего корпус плуга – со вторым гребнем. На плуге ПН 3-23

такое перемещение предусмотрено.

**Выводы.** 1. Проведено изучение ранних моделей копателей, в качестве объекта исследования принят плуг для использования в качестве копателя при влажных погодных условиях. При этом выбрана коническая форма лемешно-отвальной поверхности как наиболее способствующей расхождению клубненого пласта.

2. Компьютерное графическое моделирование технологического процесса позволило определить размеры клубненого пласта, профиль отброшенного пласта и скрытые зоны потери клубней. Аналитический анализ показал, что для стабилизации хода плуга недостаточна площадь полевой доски. При этом использованы экспериментальные значения твердости и коэффициента объемного смятия почвы, измеренные при абсолютной влажности 31%.

3. На экспериментальном плуге применены уширенные лемеха, решетчатые отвалы конической формы, смещение третьего корпуса в соответствии с междурядьем, увеличенная по высоте стойка колеса и смещение навесной системы плуга относительно рамы в поперечном направлении.

Вышеприведенное позволяет рекомендовать увеличить площадь контакта колеса с почвой, в частности, уширением обода колеса или увеличением его диаметра; оборудовать колесо скребком для очистки его поверхности.

#### Литература

1. Туболев, С.С. Машинные технологии и техника для производства картофеля / С.С. Туболев, С.И. Шеломцев, К.А. Пшеченков, В.Н. Зейрук. – М.: Агроспас, 2010. - 316 с.
2. Мельников, В.А. Машины для возделывания картофеля. – М.: Госиздат с.-х. литературы, 1953. - 208 с.
3. Гудзенко, И.П. Машины для возделывания и уборки картофеля. – М.: Колос, 1966. - 239 с.
4. Илларионов, А.Н. Комплексная механизация возделывания картофеля (опыт хозяйств Брянской обл.) / А.Н. Илларионов, Л.М. Ямбаров. – М.: Россельхозиздат, 1976. - 88 с.
5. Пшеченков, К.А. Индустриальная технология производства картофеля / К.А. Пшеченков, Н.И. Верещагин. – М.: Колос, 1982. - 152 с.
6. Индустриальная технология производства картофеля (составитель –К.А. Пшечников). – М.: Россельхозиздат, 1985. - 240 с.
7. Карманов, С.Н. Урожай и качество картофеля / С.Н. Карманов, В.П. Кирюхин, А.В. Коршунов. – М.: Россельхозиздат, 1988. -167 с.
8. Будин, К.З. Производство раннего картофеля в Нечерноземье / К.З. Будин, А.И. Кузнецов, И.М. Фомин, Н.В. Шабуров. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1984. – 239 с.
9. Щучкин, Н.В. Лемешные плуги и лущильники. – М.: Машгиз, 1952.
10. Actual issues of plowing with wheeled tractors / Smirnov P.A., Smirnov M.P., Alekseev E.P., Egorov V.P. / Перспективы развития аграрных наук: Материалы междунар. науч.-практ. конф: тезисы докладов (Чебоксары, 1-2 июня 2019 г.) ФБГОУ ВО Чувашская ГСХА. –Чебоксары, 2019. – С. 102-103.
11. Смирнов, П.А. Проектирование и результаты опытно-производственных испытаний усовершенствованного плуга для тракторов тягового класса 14 кН / Смирнов П.А., Смирнов М.П., Медведев В.И. // Вестник Казанского государственного аграрного университета, г. Казань. – 2019 – № 2 (53). – С. 117-122.
12. Максимов, И.И. Практикум по сельскохозяйственным машинам: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. - 416 с.
13. Казаков, Ю.Ф. Подпокровный рыхлитель с пружинным кротователем [Электронный ресурс] / Ю.Ф. Казаков, В.П. Мазяров, В.Н. Батманов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – №1. - Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/700701>
14. Мардарьев, С.Н. Повышение эффективности работы плугов для отвальной вспашки путем адаптации их параметров к изменяющимся условиям функционирования / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. - Чебоксары, 2002.
15. Смирнов, П.А. Экспериментальные данные термодинамических процессов в помещениях мансардного типа для яровизации картофеля / П.А. Смирнов, Т.П. Виеру // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2017. – №4 (46). – Казань. – С. 32-36.
15. Смирнов, П.А. Дифференциальный севооборот для сельскохозяйственного мелкотоварного производства / П.А. Смирнов, А.Г. Ложкин, М.П. Смирнов // Вестник Чувашской ГСХА. – 2019. – №2(9). – С. 91-101.

#### Сведения об авторах:

Смирнов Петр Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: [smirnov\\_p\\_a@mail.ru](mailto:smirnov_p_a@mail.ru)

Пушкаренко Николай Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, e-

mail: stl\_mstu@mail.ru

Смирнов Михаил Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: sttmo@yandex.ru

Алексеев Евгений Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: zenia\_alex@mail.ru

ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия.

## SUBSTANTIATION AND RESULTS OF PRACTICAL RESEARCHES OF THE PLOUGH FOR DIGGING POTATOES IN WET WEATHER CONDITIONS

Smirnov P.A., Pushkarenko N.N., Smirnov M.P., Alekseev E.P.

**Abstract.** In Central Russia, wet conditions for potato harvesting occur on average once every 5 ... 6 years. The task is practically not feasible for small-scale agricultural production - peasant farming (peasant farms) and smallholding, because of they are limited both in power plants (tractors) and in potato-harvesting equipment. Therefore, it is proposed to dig up potatoes with a very common three-unit plow, followed by picking in a mechanized way. For the turnover of the tuberous layer, a trellised conical blade is proposed. A graphic analysis of the turnover of the reservoir with the determination of the secretive zones of loss of tubers was carried out, an analytical calculation with the task of stabilizing the course of the plow on the potato ridge, since, compared with field plowing, the plow body plank is placed in the furrow and the soil reaction to it is not sufficiently implemented. Formulas for calculating the area of the field board are given. For calculations, the average hardness of the soil of the ridge and furrow of the potato plantings was determined experimentally with an absolute soil moisture of 31%. According to the calculations, enlarged field boards were made and installed deeper than the body stroke. Field boards with an increased area of 1.5 ... 1.6 times stabilized the plow. The changes made to the frame, the support wheel and the trailed (mounted) plow system are also shown.

**Key words:** plow, potato, soil moisture, soil hardness, conical body, hog board, volumetric crushing coefficient.

### References

1. Tubolev S.S. *Mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya proizvodstva kartofelya*. [Machine technologies and equipment for potato production]. / S.S. Tubolev, S.I. Shelomentsev, K.A. Pshechenkov, V.N. Zeyruk. – M.: Agrosipas, 2010. – P. 316.
2. Melnikov V.A. *Mashiny dlya vozdelevaniya kartofelya*. [Machines for potatoes cultivation]. –M.: Gosizdat s.-kh. literature, 1953. – P. 208.
3. Gudzenko I.P. *Mashiny dlya vozdelevaniya i uborki kartofelya*. [Machines for cultivating and harvesting potatoes]. – M.: Kolos, 1966. – P. 239.
4. Illarionov A.N. *Kompleksnaya mekhanizatsiya vozdelevaniya kartofelya (opyt khozyaystv Bryanskoy obl.)* [Integrated mechanization of potato cultivation (farm experience of Bryansk region)]. / A.N. Illarionov, L.M. Yambarov. M.: Rosselkhozizdat, 1976. – P. 88.
5. Pshechenkov K.A. *Industrialnaya tekhnologiya proizvodstva kartofelya*. [Industrial technology for potato production]. / K.A. Pshechenkov, N.I. Vereschagin. – M.: Kolos, 1982. – P. 152.
6. *Industrialnaya tekhnologiya proizvodstva kartofelya (sostavitel –K.A. Pshechnikov)*. [Industrial technology for potatoes production of (compiled by K.A. Pshechnikov)]. – M.: Rosselkhozizdat, 1985. – P. 240.
7. Karmanov S.N. *Urozhay i kachestvo kartofelya*. [Harvest and quality of potatoes]. / S.N. Karmanov, V.P. Kiryukhin, A.V. Korshunov. –M.: Rosselkhozizdat, 1988. – P. 167.
8. Budin K.Z. *Proizvodstvo rannego kartofelya v Nechernozeme*. [Production of early potatoes in the Non-Chernozem region]. / K.Z. Budin, A.I. Kuznetsov, I.M. Fomin, N.V. Shaburov. – L.: Kolos. Leningr. otd-nie, 1984. – P. 239.
9. Schuchkin N.V. *Lemeshnye plugi i luschniki*. [Share plows and cultivators]. – M.: Mashgiz, 1952.
10. *Actual issues of plowing with wheeled tractors. / Perspektivy razvitiya agrarnykh nauk: Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf: tezisy dokladov*. (Actual issues of plowing with wheeled tractors. / Smirnov P.A., Smirnov M.P., Alekseev E.P., Egorov V.P. / Prospects for the development of agricultural sciences: Proceedings of International scientific and practical conference: abstracts of reports (Cheboksary, June 1-2, 2019). FBGOU VO Chuvashskaya GSKhA. –Cheboksary, 2019. - P. 102-103.
11. Smirnov P.A. Design and results of pilot tests of an improved plow for tractors of 14 kN traction class. [Proektirovaniye i rezultaty opytno-proizvodstvennykh ispytaniy usovershenstvovannogo pluga dlya traktorov tyagovogo klassa 14 kN]. / Smirnov P.A., Smirnov M.P., Medvedev V.I. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University* № 2 (53). - Kazan, 2019. - P. 117-122.
12. Maksimov I.I. *Praktikum po selskokhozyaystvennym mashinam: Uchebnoe posobie*. [Workshop on agricultural machinery: textbook]. SPb.: Izdatelstvo "Lan", 2015. – P. 416.
13. Kazakov Yu.F. Subsoiler cultivator with spring mole. [Podpokrornyiy rykhlytel s pruzhinnym krotovatelem]. / Yu.F. Kazakov, V.P. Mazyarov, V.N. Batmanov // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Voronezh State Agrarian University*. – 2019, №1. - Available at: <https://rucont.ru/efd/700701>
14. Mardarev S.N. *Povyshenie effektivnosti raboty plugov dlya otvalnoy vspashki putem adaptatsii ikh parametrov k izmenyayushchimsya usloviyam funktsionirovaniya*. / *Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk*. (Improving the efficiency of plows for dump plowing by adapting their parameters to changing operating conditions. / The dissertation for the degree of Ph.D. of Technical Sciences). // Chuvashskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya. - Cheboksary, 2002.
15. Smirnov P.A. Experimental data on thermodynamic processes in attic-type rooms for vernalization of potatoes. [Eksperimentalnye dannye termodinamicheskikh protsessov v pomescheniyakh mansardnogo tipa dlya yarovizatsii kartofelya]. / P.A. Smirnov, T.P. Vieru // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University* №4 (46) – Kazan: 2017. – P. 32-36.
15. Smirnov P.A. Differential crop rotation for agricultural small-scale production. [Differentsialnyy sevooborot dlya selskokhozyaystvennogo melkotovarnogo proizvodstva]. / P.A. Smirnov, A.G. Lozhkin, M.P. Smirnov // *Vestnik Chuvashskoy GSKhA. – The Herald of Chuvash State Agricultural Academy*, - №2(9), 2019. - P. 91-101.

### Authors:

Smirnov Petr Alekseevich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Transport and Technological Machines and Complexes, e-mail: smirnov\_p\_a@mail.ru

Pushkarenko Nikolay Nikolaevich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Technical service Department, e-mail: stl\_mstu@mail.ru

Smirnov Mikhail Petrovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Transport and Technological Machines and Complexes, e-mail: sttmo@yandex.ru

Alekseev Evgeniy Petrovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, e-mail: zenia\_alex@mail.ru

Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia.