

---

---

#### 4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.51.015

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_3\_143

EDN: JKMATU

#### Обоснование конструктивных решений совершенствования технологии отвальной вспашки

Сергей Владимирович Василенко<sup>1✉</sup>, Владимир Васильевич Василенко<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>1</sup>tuli-fruli@mail.ru✉

**Аннотация.** Из всех показателей качества основной обработки почвы важнейшим можно признать подавление сорной растительности механическими способами, так как их применение направлено на снижение загрязнения посевов химическими средствами защиты и, как следствие, производство экологически безопасной с.-х. продукции. Главной отличительной особенностью отвальных плугов от остальных орудий для основной обработки почвы является их способность надежно подавлять сорную растительность путем глубокой заделки семян при полном оборачивании почвенных пластов. Однако у подавляющего числа плугов угол оборота пластов не превышает 140°. Предлагается конструктивное решение, в соответствии с которым отвальная вспашка выполняется переоборудованными существующими моделями плугов, снабженными дополнительным рабочим корпусом, увеличивающим ширину первой борозды. Переоборудовать плуг можно следующим образом. Надо переставить первый рабочий корпус вперед строго по направлению движения плуга и позади него со сдвигом в сторону вспаханного поля установить дополнительный корпус. Сдвиг должен быть равен глубине обработки почвы и регулируется при изменении этой глубины. На этапе первого рабочего хода передний и дополнительный рабочие корпуса формируют широкую борозду, а при остальных проходах дополнительный корпус очищает открытую борозду от осыпавшейся почвы, поддерживая условия для полного оборота всех последующих пластов. Предлагаемая технология отвальной вспашки выполняется обычными рабочими корпусами уже существующих моделей плугов, гладкая вспашка получается свободным перекачиванием пластов без риска забивания узких технологических проходов между заплужниками и отвалами фронтальных плугов. В связи с полным оборотом пластов и свободными технологическими проходами переоборудованные плуги не имеют ограничений по глубине обработки, связанных с устойчивостью пластов после прохода плуга. При полном обороте пластов гарантированно обеспечивается глубокая заделка семян сорных растений, при этом отсутствует необходимость применения предплужников, что снижает тяговое сопротивление плуга.

**Ключевые слова:** отвальная вспашка, оборот почвенных пластов, подавление сорняков, ширина борозды, глубина вспашки, дополнительный рабочий корпус

**Для цитирования:** Василенко С.В., Василенко В.В. Обоснование конструктивных решений совершенствования технологии отвальной вспашки // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 143–150. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_3\\_143-150](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_143-150).

#### 4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

#### Justification of constructive solutions for improving the technology of moldboard plowing

Sergey V. Vasilenko<sup>1✉</sup>, Vladimir V. Vasilenko<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,  
Voronezh, Russia

<sup>1</sup>tuli-fruli@mail.ru✉

**Abstract.** Of all the indicators of the quality of basic tillage, the suppression of weeds by mechanical means can be recognized as the most important, since their use is aimed at reducing contamination of crops with chemical means of protection and, as a result, the production of environmentally safe agricultural products. The main distinguishing feature of moldboard plows from other tools for basic tillage is their ability to reliably suppress weed

vegetation by deep seeding with full soil layers overturning. However, in the overwhelming number of plows, the angle of rotation of the layers does not exceed 140°. The authors proposed a constructive solution according to which moldboard plowing is carried out by modified existing models of plows equipped with an additional plough body that increases the width of the first furrow. The authors' modification consists in the following. It is necessary to move the first plough body forward strictly in the direction of the plow movement and install an additional one behind it with a shift towards the plowed field. The shift should be equal to the depth of tillage and is adjusted when this depth changes. At the stage of the first operating motion, the front and additional plough bodies form a wide furrow, and during the next passings, the additional body cleans the open furrow from the crumbled soil, maintaining conditions for the complete turnover of all subsequent layers. The proposed technology of moldboard plowing is carried out by conventional plough bodies of existing models of plows, smooth plowing is obtained by rolling the layers freely without the risk of clogging the narrow technological passings between additional plough bodies and the plowshare of the front plows. Due to the full turnover of the layers and free technological passings, the modified plows have no restrictions on the depth of processing associated with the stability of the layers after the passings of the plow. At full soil layers overturning, deep suppression of weed seeds is guaranteed, while there is no need to use pre-plows, which reduces its traction resistance.

**Keywords:** moldboard plowing, soil layers overturning, suppression of weed seeds, furrow width, plowing depth, additional plow body

**For citation:** Vasilenko S.V., Vasilenko V.V. Justification of constructive solutions for improving the technology of moldboard plowing. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):143-150. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_3\\_143-150](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_143-150).

История развития технологии отвальной вспашки начинается с появлением римского плуга во втором тысячелетии до новой эры. В отличие от сохи, этот плуг был создан древними земледельцами для оборачивания почвенных пластов. Деревянный плуг пахал неглубоко, перемещался при этом тяжело, оборачивал пласты с огрехами, но все же уничтожал сорняки (хоть и ненадолго) и улучшал условия посева.

В конце первого тысячелетия новой эры на Руси в степях Полтавщины появились также деревянные плуги под названием сабан, которые пахали на глубину до 30 см, но так как они были очень тяжелыми, в них впрягали по три-четыре пары волов. Такая глубокая вспашка позволяла практически полностью подавлять сорняки, так как их семена заделывались на недостижимую для прорастания глубину. Но в средние века на Руси и в Европе перешли на легкие металлические одно- или пароконные плуги кустарного производства, которые пахали на глубину полтора вершка (до 7 см). Из-за этого по эффекту подавления сорняков они ничем не отличались от более легких орудий типа культиваторов. И только в середине XIX столетия появились пароконные плуги заводского производства на предприятии Рудольфа Сакка в Германии, которые могли пахать на глубину до 20 см и по эффекту подавления сорняков приблизились к современным тракторным плугам. Именно этот эффект выгодно отличает плуги от всех остальных почвообрабатывающих орудий.

Дальнейшее развитие технологии вспашки шло по пути повышения качества работы и уменьшения тягового сопротивления орудия [1, 8, 11, 12]. Показатели качества вспашки улучшаются прежде всего за счет совершенствования форм лемешно-отвальной поверхности [6, 7], а также разработки комбинированных пахотных органов. Комбинированные органы фронтальных плугов увеличивают угол оборота почвенных пластов [9, 13, 15], у плугов-рыхлителей существенно снижается тяговое сопротивление орудия [3, 4], а плуги с двумя лемехами экономят затраты энергии за счет удаления полевых досок [2]. Пока еще в стадии научных разработок и экспериментов находятся способы применения вибрации при вспашке [5, 16], но доказано ее положительное влияние на качество работы и снижение затрат энергии.

Главной отличительной особенностью отвальных плугов от остальных орудий для основной обработки почвы является их способность надежно подавлять сорную растительность путем глубокой заделки семян при оборачивании почвенных пластов. В эпоху увлечения гербицидами из всех показателей качества основной обработки почвы можно признать важнейшим подавление сорной растительности механическими спосо-

бами, так как их применение направлено на снижение загрязнения окружающей среды химическими средствами защиты посевов и, как следствие, производство экологически безопасной сельскохозяйственной продукции. Для этого надо достигать полной оборачиваемости почвенных пластов, так как только в этом случае семена сорняков будут заделаны глубоко [17, 18]. При этом при отсутствии предплужников вспашка будет безгребневой. Самым простым методом увеличения угла оборота пластов является применение освоенного процесса перекатывания пласта в смежную борозду, расширенную дополнительным рабочим органом [10]. Дальнейшее развитие технологии отвальной вспашки именно в этом направлении можно обеспечить и без дополнительных рабочих элементов на корпусах плуга.

Предлагается конструктивное решение осуществления полного оборота почвенных пластов освоенным методом их перекатывания в смежные борозды, при этом исключается риск забивания узких технологических проходов для почвенных пластов, свойственный плугам, оборачивающим пласты в собственных бороздах. Отвальная вспашка выполняется переоборудованными существующими моделями плугов, снабженными дополнительным рабочим корпусом, увеличивающим ширину первой борозды. При использовании обычных плугов оборот почвы выполняется не полностью потому, что первый рабочий корпус нарезает борозду, ширина которой слишком мала, чтобы следующий пласт мог свободно по ней продвинуться и лечь на дно всей своей плоскостью. Оставаясь перевернутым только частично, такой пласт мешает следующему завершить свой оборот. Переоборудовать плуг можно следующим образом. Надо переставить первый корпус вперед строго по направлению движения плуга, освободив место для дополнительного рабочего корпуса. Дополнительный корпус устанавливается позади первого со сдвигом в сторону вспаханного поля. Сдвиг должен быть равен глубине обработки почвы, он регулируется при изменении этой глубины. На этапе первого рабочего хода передний и дополнительный рабочие корпуса формируют широкую борозду, а при остальных проходах дополнительный корпус очищает открытую борозду от осыпавшейся почвы, поддерживая условия для полного оборота всех последующих пластов.

Оборот почвенных пластов методом перекатывания в смежную борозду разработан академиком В.П. Горячкиным и его последователями [6, 7, 19]. Поверхность вспаханного поля оказывается гребнистой из-за того, что почвенные пласты оборачиваются не на  $180^\circ$  (рис. 1). Созревшие семена сорняков падают на стерневую поверхность, а после вспашки часть из них оказывается в благоприятных зонах для всхожести. Чтобы эти зоны ликвидировать, надо изучить возможность выполнения полного оборота пластов без нарушения освоенного простого и надежного способа перекатывания пластов в смежные борозды.

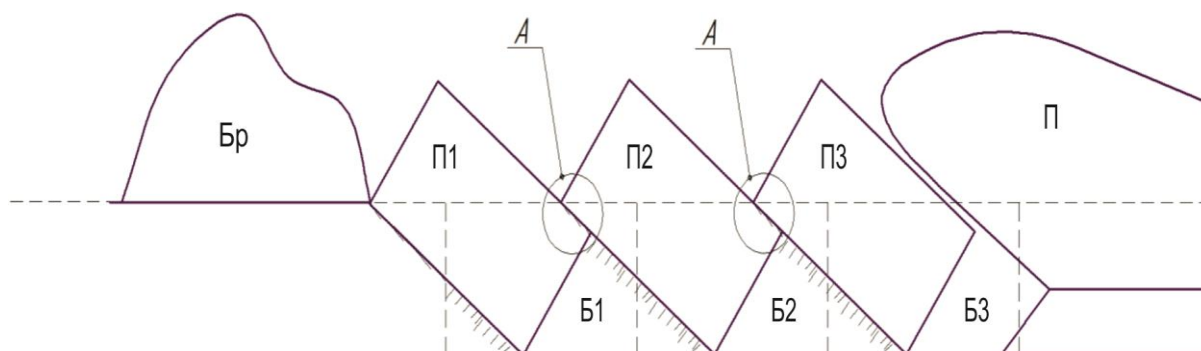


Рис. 1. Схема укладки почвенных пластов по теории академика В.П. Горячкина: Б1, Б2, Б3 – номера борозд; П1, П2, П3, П4 – номера почвенных пластов; Бр – бруствер; П – плуг; — — границы борозд; - - - - контуры пластов; А – зоны прорастания сорняков

*Теоретический анализ и результаты*

Почвенный пласт ABCD перекачивается в позицию A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub> и оказывается наклоненным к горизонту на угол  $\delta = \pi - \beta$  (рис. 2).

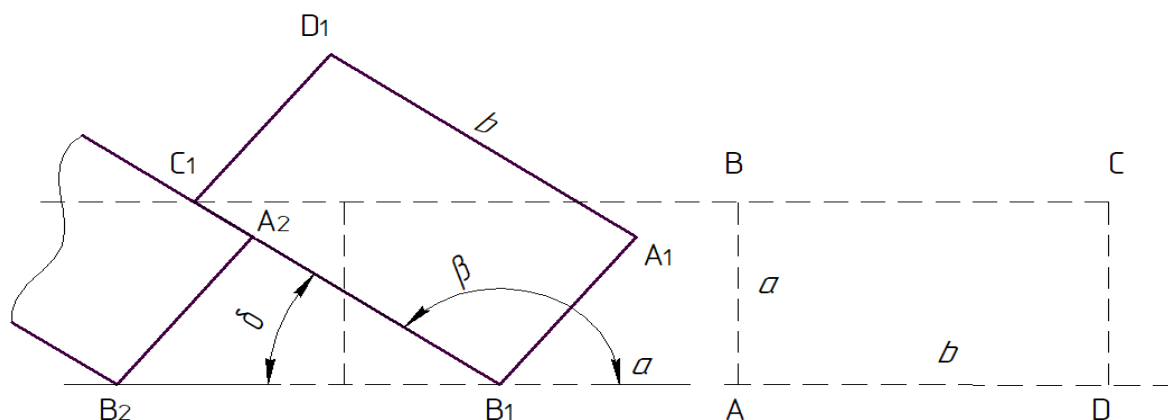


Рис. 2. Схема образования угла оборота почвенного пласта

Угол  $\beta$  оборота пластов зависит от соотношения глубины вспашки и ширины захвата рабочего корпуса плуга:

$$\beta = \pi - \arcsin\left(\frac{a}{b}\right),$$

где  $\beta$  – угол оборота пластов;

$a$  и  $b$  – глубина вспашки и ширина захвата рабочего корпуса, м.

Из равенства следует, что угол  $\beta$  ни при каких реальных значениях  $a$  и  $b$  не может быть равен  $180^\circ$ . С увеличением глубины вспашки угол  $\beta$  уменьшается, доходя до  $\beta_{min} = 130^\circ$ , а с уменьшением глубины, допустим, до 0,16 м при ширине захвата рабочего корпуса 0,35 м этот угол увеличивается до  $153^\circ$ . Для дальнейшего увеличения надо изменить условия оборота.

Из рисунка 1 можно сделать заключение, что несогласованность укладки пластов начинается с некорректной работы первого рабочего корпуса, который вырезает из почвенной поверхности пласт П1 и оставляет слишком узкую борозду, в которой не может разместиться пласт П2, поскольку он, перекачиваясь, уже прошел часть этой борозды. Очевидно, что ширина первой борозды должна быть увеличена на толщину вырезанного пласта, то есть на величину глубины вспашки. Тогда пласт П2 свободно уляжется на дно расширенной борозды Б1 и не будет мешать пласту П3 также свободно частично уложиться в борозду Б1, а частично в борозду Б2. При этом все борозды, кроме первой, остаются обычными, равными по своей ширине захвату рабочего корпуса (рис. 3).

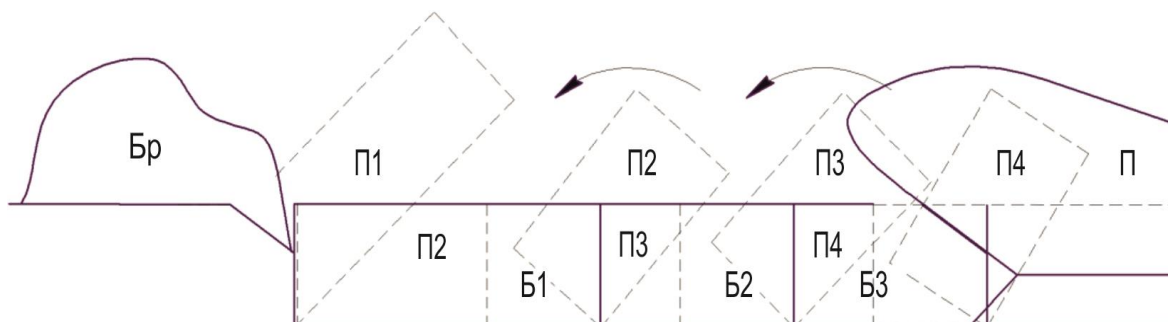
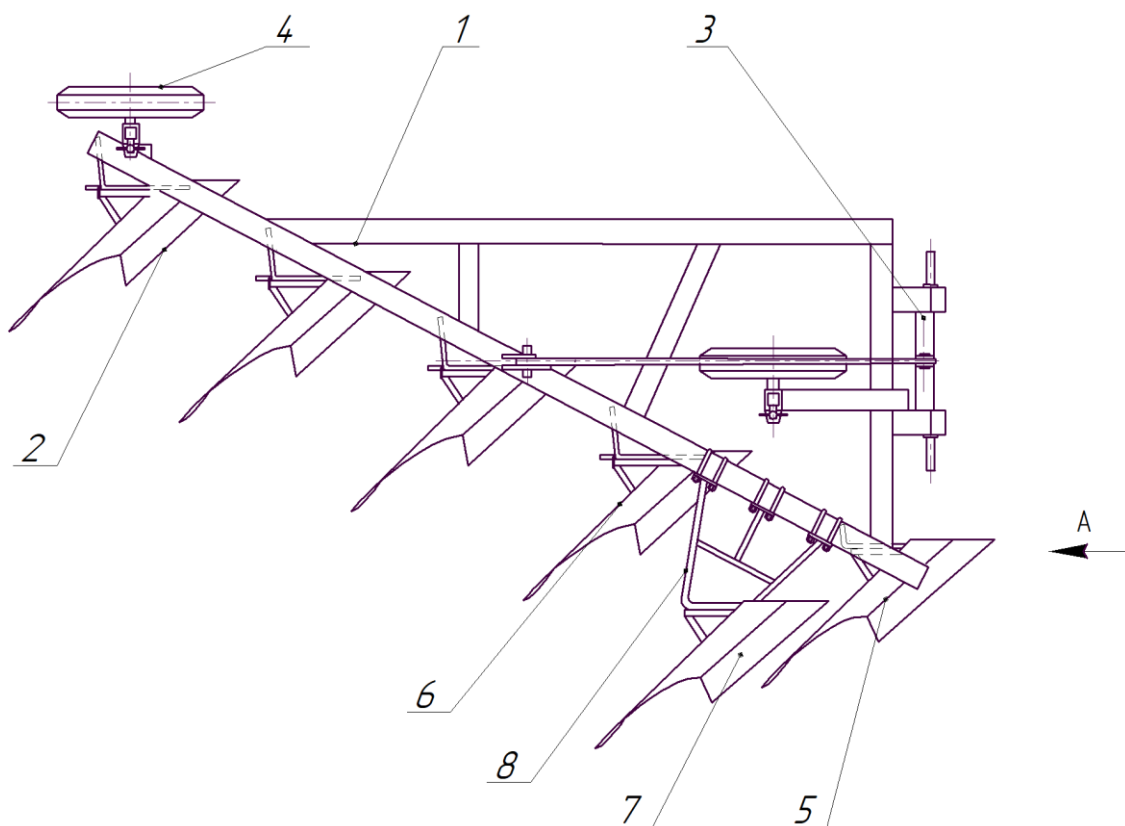


Рис. 3. Схема укладки пластов по перспективной технологии вспашки: Б1, Б2, Б3 – номера борозд; П1, П2, П3, П4 – номера почвенных пластов; Бр – бруствер; П – плуг; — — границы борозд; - - - - контуры пластов

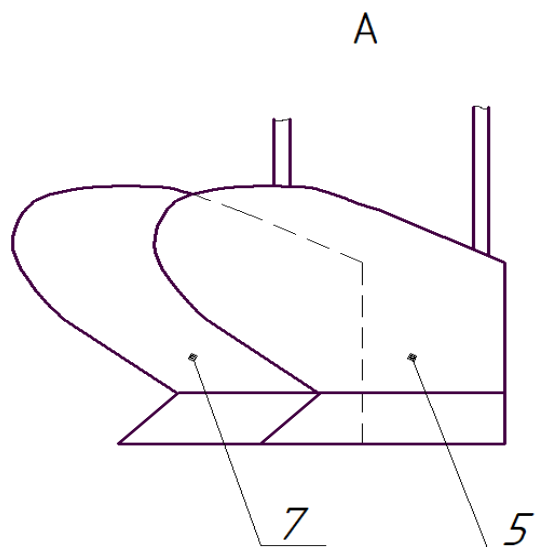
Приведенные геометрические построения показывают, что при условии сохранения пластами своей прямоугольной формы их можно уложить перевернутыми на  $180^\circ$  на дно борозды. При этом поверхность вспаханного поля будет гладкой, не требующей дополнительной операции по выравниванию, и семена сорной растительности будут спрятаны до самого дна борозды, откуда они при прорастании не смогут выйти на поверхность и погибнут. Прямоугольная форма пластов сохраняется в большей мере при применении отвалов с меньшей крошащей способностью, например полувинтовых, а также при вспашке глинистых и задернелых почв, свойственных целинным и залежным территориям. В случае применения переоборудованных плугов на обычных черноземах полуразрушенные пласты будут укладываться с оборотом на больший угол, чем при традиционной вспашке.

*Конструктивная реализация*

Расширить первую борозду можно только за счет установки дополнительного органа. С точки зрения однотипности конструктивных решений следует применить такой же рабочий корпус, каким оснащен плуг [14]. Расстановка корпусов в передней части рамы изменяется. Передний корпус 5 (рис. 4) следует передвинуть вперед строго по направлению движения плуга настолько, чтобы разместить за ним точно такой же дополнительный корпус 7, который настраивают на ту же глубину вспашки и сдвигают по отношению к переднему корпусу в сторону пахоты на величину, равную глубине вспашки. Вариант взаимного расположения переднего корпуса 5 и дополнительного 7 (вид спереди) приведен на рисунке 5.



**Рис. 4. Пятикорпусный навесной плуг, переоборудованный для выполнения гладкой вспашки:**  
 1 – рама плуга; 2 – задний рабочий корпус; 3 – навеска; 4 – опорное колесо; 5 – передний рабочий корпус; 6 – второй рабочий корпус; 7 – дополнительный рабочий корпус; 8 – кронштейны крепления дополнительного рабочего корпуса



**Рис. 5. Вариант взаимного расположения первого (5) и дополнительного (7) рабочих корпусов (вид спереди)**

При первом рабочем проходе переоборудованной конструкции плуга передний рабочий корпус нарезает первую борозду как обычно, шириной  $b$ , которая сразу же расширяется дополнительным корпусом до размера  $(b + a)$ . Извлеченная с глубины почва без всякого перекатывания поднимается и укладывается на поверхность поля (рис. 3) в виде брусвера (Бр). Второй пласт и все остальные последующие пласты перекатываются по предыдущим бороздам и укладываются в них с полным оборотом. При следующих рабочих проходах дополнительный рабочий корпус обновляет открытую борозду, очищая ее от осыпавшейся почвы, тем самым поддерживаются условия для совершения полного оборота пластов всеми корпусами.

#### **Заключение**

Предлагаемая технология отвальной вспашки выполняется обычными рабочими корпусами уже существующих моделей плугов, гладкая вспашка получается свободным перекатыванием пластов без риска забивания узких технологических проходов между заплужниками и отвалами у фронтальных плугов, оборачивающих пласты в собственных бороздах.

В связи с полным оборотом пластов и свободными технологическими проходами переоборудованные плуги не имеют ограничений по глубине обработки, связанных с устойчивостью пластов после прохода плуга. При полном обороте почвенных пластов гарантированно обеспечивается глубокая заделка семян сорных растений, при этом отсутствует необходимость применения предплужников, что снижает тяговое сопротивление плуга.

#### **Список источников**

1. Афонин А.Е., Чуданов И.А., Лигаева Л.Ф. Совершенствование почвообрабатывающих орудий основной обработки почвы в среднем Поволжье // Проблемы земледелия среднего Поволжья: сборник статей. Самара: Солдат Отечества, 1997. С. 92–93.
2. Бойков В.М. Новые способы и технические средства основной обработки почвы. Саратов: Издательство Саратовского университета, 1998. 56 с.
3. Борисенко И.Б., Пындак В.И., Лобойко В.Ф. Комплексное орудие для основной обработки почвы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. № 1. С. 9–10.
4. Борисенко И.Б. Ресурсосберегающий «анти-нулевой» чизельный орган «РАНЧО» – универсальный помощник аграриям // Научно-агрономический журнал. 2010. № 2(7). С. 48–50.

5. Василенко В.В., Афоничев Д.Н., Василенко С.В. и др. Обоснование направления вибрации почвообрабатывающего рабочего органа // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 4(55). С. 134–139. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2017.4.134.
6. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 3 т. 2-е изд. Москва: Колос, 1965. Т. 2. 459 с.
7. Желиговский В.А. Теоретические основы технологического процесса вспашки // Труды ВИСХОМ, 1969. № 5. С. 23–30.
8. Кашаев Б.А., Сизов О.А., Бурченко П.Н. Тенденции развития технологий и средств механизации обработки почвы. Москва: ВНИИТЭИагропром, 1988. 50 с.
9. Лобачевский Я.П., Колчина Л.М. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин. Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 115 с.
10. Отвальный плуг для полного оборота пластов: пат. на полезную модель 180446 Рос. Федерация. № 2018106155; заявл. 19.02.2018; опубл. 14.06.2018. Бюл. № 17. 5 с.
11. Панов И.М., Ветохин В.И. Современное состояние и перспективы развития земледельческой механики в свете трудов В.П. Горячкина // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». 2008. № 2(27). С. 9–14.
12. Панов И.М. Перспективы развития конструкций почвообрабатывающих машин и орудий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1987. № 3. С. 13–15.
13. Плуг для гладкой пахоты: пат. 2420937 Рос. Федерация. № 2009144433-21; заявл. 30.11.2009; опубл. 20.06.2011. Бюл. № 10. 7 с.
14. Способ отвальной вспашки и устройство для его осуществления: пат. 2768733 Рос. Федерация. № 2021112321; заявл. 27.04.2021; опубл. 24.03.2022. Бюл. № 9. 7 с.
15. Сакун В.А., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Современный этап и пути дальнейшего развития пахотных агрегатов // Техника в сельском хозяйстве. 1991. № 3. С. 9–12.
16. Тимошенко Ф.А., Василенко В.В., Василенко С.В. Вибрирующая стойка рабочего корпуса плуга // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 67-й студенческой научной конференции (Воронеж, 01 марта – 08 июня 2016 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. Ч. II. С. 289–293.
17. Хахулин А.Н. Влияние ширины захвата рабочих корпусов плуга на подавление сорной растительности // Инновационные технологии и технические средства для агропромышленного комплекса: материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (Воронеж, 26–27 ноября 2015 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. С. 12–14.
18. Хахулин А.Н. Разработка плуга с полным оборотом почвенных пластов // Инновационные технологии на базе фундаментальных научных разработок – прорыв в будущее: сборник докладов конференции (Воронеж, 25–26 ноября 2016 г.). Воронеж: Воронежский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго РФ, 2015. С. 49–51.
19. Хвыля К.С. Кинематика и динамика пласта при вспашке лемешным плугом. Кинематика пласта // Труды Днепропетровского СХИ. Киев, 1956. Т. VI. С. 117–143.

#### References

1. Afonin A.E., Chudanov I.A., Ligastayev L.F. Sovershenstvovanie pochvoobrabatyvayushchikh orudiy osnovnoj obrabotki pochvy v srednem Povolzhie. Problemy zemledeliya srednego Povolzh'ya: sbornik statej [Improvement of soil-cultivating tools for the main tillage in the middle Volga region. Problems of agriculture of the Middle Volga region: collection of articles]. Samara: Soldat Otechestva Press; 1997:92-93. (In Russ.).
2. Boikov V.M. Novye sposoby i tekhnicheskie sredstva osnovnoj obrabotki pochvy [New methods and technical means of basic tillage]. Saratov: Saratov University Press; 1998. 56 p. (In Russ.).
3. Borisenko I.B., Pyndak V.I., Loboyko V.F. Kompleksnoe orudie dlya osnovnoj obrabotki pochvy [Integrated tool for basic tillage]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozajstva = Mechanization and electrification of agriculture*. 2009;1:9-10. (In Russ.).
4. Borisenko I.B. Resursosberegayushchij "antinulevoj" chizelnyj organ "RANChO" – universalnyj pomoshchnik agrariyam [Resource-saving "anti-zero" chisel body "RANChO" is a universal assistant to farmers]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2009;11:15. (In Russ.).
5. Vasilenko V.V., Afonichev D.N., Vasilenko S.V. et al. Obosnovanie napravleniya vibratsii pochvoobrabatyvayushchego rabocheho organa [Substantiation of the direction of vibration of soil-tilling working body]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2017;4(55):134-139. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2017.4.134. (In Russ.).
6. Goryachkin V.P. Sbranie sochinenij v 3 t. T. 2. 2-e izd. [Collected works issued in 3 volumes]. Moscow: Kolos; 1965. Vol. 2. 459 p. (In Russ.).
7. Zheligovsky V.A. Teoreticheskie osnovy tekhnologicheskogo protsessa vspashki [Theoretical foundations of the technological process of plowing]. *Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sel'skokhozyajstvennogo mashinostroeniya imeni V.P. Goryachkina (Trudy VISKhOM) = Proceedings of All-Russian Research Institute of Agricultural Engineering*. 1969;5:23-30. (In Russ.).
8. Kashaev B.A., Sizov O.A., Burchenko P.N. Tendentsii razvitiya tekhnologij i sredstv mekhanizatsii obrabotki pochvy [Trends in the development of technologies and means of mechanization of soil treatment]. Moscow: All-Russian Research Institute of Technical and Economic Research of Agro-Industrial Complex; 1988. 50 p. (In Russ.).

9. Lobachevsky Ya.P., Kolchin L.M. Sovremennoe sostoyanie i tendentsii razvitiya pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Current state and development trends of soil-cultivating machines]. Moscow: Rosinformagrotech; 2005. 115 p. (In Russ.).
10. Otvalnyj plug dlya polnogo oborota plastov [Moldboard plough for a full turn of layers]: patent na poleznuyu model 180446 Ros. Federatsiya. № 2018106155; zayavleno 19.02.2018; opublikovano 14.06.2018. Byul. № 17 = Utility Model Patent 180446 Russian Federation. No. 2018106155, claimed 19.02.2018; published 14.06.2018. Bulletin 17. 5 p. (In Russ.).
11. Panov I.M., Vetokhin V.I. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya zemledelcheskoj mekhaniki v svete trudov V.P. Goryachkina [The current state and prospects for the development of agricultural mechanics in the light of the works of V.P. Goryachkin]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V.P. Goryachkina» = Vestnik of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"*. 2008;2(27):9-14. (In Russ.).
12. Panov I.M. Perspektivy razvitiya konstruktij pochvoobrabatyvayushchikh mashin i orudij [Prospects for the development of designs of soil-cultivating machines and tools]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozajstva = Mechanization and Electrification of Agriculture*. 1987;3:13-15. (In Russ.).
13. Plug dlya gladoj pakhoty [Plow for smooth plowing]: patent 2420937 Ros. Federatsiya. № 2009144433-21; zayavleno 30.11.09; opublikovano 20.06.11. Byul. № 10 = Patent 2420937 Russian Federation. No. 2009144433-21, claimed 30.11.2009; published 20.06.2011. Bulletin 10. 7 p. (In Russ.).
14. Sposob otvalnoj vspashki i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya [Method of moldboard plowing and the device for its implementation]: patent 2768733 Ros. Federatsiya. № 2021112321; zayavleno 27.04.21; opublikovano 24.03.22. Byul. № 9 = Patent 2768733 Russian Federation. No. 2021112321, claimed 27.04.2021; published 24.03.2022. Bulletin 9. 7 p. (In Russ.).
15. Sakun V.A., Lobachevsky Ya.P., Sizov O.A. Sovremennyy etap i puti dalnejshego razvitiya pakhotnykh agregatov [Modern stage and ways of further development of arable aggregates]. *Tekhnika v sel'skom khozajstve = Agricultural Machinery*. 1991;3:9-12. (In Russ.).
16. Timoshenko F.A., Vasilenko V.V., Vasilenko S.V. Vibriuyushchaya stojka rabocheho korpusa pluga. Molodezhnyj vektor razvitiya agrarnoj nauki: materialy 67-j studencheskoj nauchnoj konferentsii (Voronezh, 01 marta - 08 iyunya 2016 g.) [Vibrating rack of the working body of the plow. Youth Vector of Agricultural Science Development: Proceedings of the 67<sup>th</sup> Student Scientific Conference (Voronezh, March 01 - June 08, 2016)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press. 2016;2:289-293. (In Russ.).
17. Khakhulin A.N. Vliyaniye shiriny zakhvata rabochikh korpusov pluga na podavleniye sornoj rastitelnosti. Innovatsionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya agropromyshlennogo kompleksa: materialy nauchnoj konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov (Voronezh, 26-27 noyabrya 2015 g.) [The influence of the width of the working bodies of the plow on the suppression of weed vegetation. Innovative technologies and technical means for Agro-Industrial Complex: Proceedings of the scientific conference of the teaching staff, researchers and postgraduates (Voronezh, November 26-27, 2015)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press. 2015:12-14. (In Russ.).
18. Khakhulin A.N. Razrabotka pluga s polnym oborotom pochvennykh plastov. Innovatsionnye tekhnologii na baze fundamental'nykh nauchnykh razrabotok – proryv v budushchee: sbornik dokladov konferentsii (Voronezh, 25-26 noyabrya 2016 g.) [Development of a plow with a full turnover of soil layers. Innovative technologies based on fundamental scientific developments – a breakthrough into the future: collection of conference reports (Voronezh, November 25-26, 2016)]. Voronezh: Voronezh Central Research Institute – Branch of the Federal State Budgetary Institution "REA" of the Ministry of Energy of the Russian Federation; 2015:12-14. (In Russ.).
19. Khvylya K.S. Kinematika i dinamika plasta pri vspashke lemeshnym plugom. Kinematika plasta. Trudy Dnepropetrovskogo sel'skokhozyajstvennogo instituta [Kinematics and dynamics of the soil layer during plowing with share plough. Kinematics of the soil layer. Proceedings of Dnepropetrovsk Agricultural Institute]. Kyiv; 1956. 6:117-143. (In Russ.).

#### Информация об авторах

С.В. Василенко – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», tuli-fruli@mail.ru.

В.В. Василенко – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», vladva.vasilenko@yandex.ru.

#### Information about the authors

S.V. Vasilenko, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, tuli-fruli@mail.ru.

V.V. Vasilenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, vladva.vasilenko@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 04.04.2023; одобрена после рецензирования 28.05.2023; принята к публикации 09.06.2023.

The article was submitted 04.04.2023; approved after reviewing 28.05.2023; accepted for publication 09.06.2023.

© Василенко С.В., Василенко В.В., 2023