

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

УДК 631.51.013

doi: 10.55471/19973225_2023_8_3_37

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗАДЕЛКИ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ПОЧВЫ
ЯРУСНЫМИ ПЛУГАМИ**

Максим Павлович Ерзамаев^{1✉}, Дмитрий Сергеевич Сазонов², Евгений Иванович Артамонов³, Евгений Сергеевич Нестеров⁴

^{1, 2, 3}Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

⁴Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия

¹Erzamaev_MP@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-2843-3513>

²Sazonov_DS@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5119-8614>

³artamonov.evgenij.ivanovich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0093-8213>

⁴nesterov21@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0870-7516>

Цель исследований – повышение качества заделки верхнего горизонта при ярусной обработке почвы. В работе исследуется качество заделки верхнего слоя почвы ярусными плугами: серийным плугом ПНЯ-4-42 и комбинированным плугом с безземешным корпусом нижнего яруса. Для определения профиля борозды в начале опыта выбирался ровный участок поля. На этом участке поля производился один рабочий ход агрегата. Затем для создания системы координат на поле устанавливались четыре стойки, две (бороздовые стойки) на обработанной части и две (полевые стойки) – на необработанной части поля. На бороздовые и полевые стойки были уложены и зафиксированы рейки со шкалой, образуя координаты в продольном направлении. Для определения координат перемещения верхнего и нижнего слоев почвы использовалась разработанная частная методика закладки пронумерованных фишек. Фишки размером до 0,02 м располагались в двух уровнях: первый уровень на поверхности почвы, второй – на глубине 0,08...0,10 м. Закладывалось 8 рядов по 6 фишек в ряду. Сравнительный анализ обработки почвы ярусными плугами подтверждает эффективность орудий в борьбе с сорняками за счет качественной заделки семян сорной растительности с транспортировкой верхнего слоя почвы в борозду на заданную глубину обработки почвы. При этом обработка плугом ПНЯ-4-42 позволяет заделать на глубину более 0,2 м 86,1% семян сорной растительности, а экспериментальная ярусная обработка комбинированным плугом позволяет заделать на глубину более 0,2 м 96,6 % семян, что лучше по качеству заделки специальным серийным ярусным плугом. Комбинированный плуг позволяет обеспечить более качественную заделку верхнего слоя с содержащимися в нем семенами сорных растений, что может повысить эффективность борьбы с сорной растительностью, а также найти свое применение в технологиях, предусматривающих заделку органических и минеральных удобрений в корнеобитаемый слой.

Ключевые слова: почва, плуг, заделка, растительные остатки, ярусная обработка.

Для цитирования: Ерзамаев М. П., Сазонов Д. С., Артамонов Е. И., Нестеров Е. С. Исследование качества заделки верхнего слоя почвы ярусными плугами // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №3. С. 37–44. doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_37

INVESTIGATION OF THE QUALITY OF EMBEDDING THE TOPSOIL WITH TIERED PLOWS

Maxim P. Erzamaev^{1✉}, Dmitry S. Sazonov², Evgeniy I. Artamonov³, Evgeniy S. Nesterov⁴

^{1, 2, 3}Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia

⁴Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹Erzamaev_MP@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-2843-3513>

²Sazonov_DS@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5119-8614>

³artamonov.evgenij.ivanovich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0093-8213>

⁴nesterov21@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0870-7516>

The purpose of the study is to improve the quality of embedding of the upper horizon during tier tillage. The work examines the quality of topsoil embedding with tiered plows: a serial PNYa-4-42 plow and a combined plough with a frictionless lower-tier hull. To determine the profile of the furrow at the beginning of the experiment, an even section of the field was selected. In this area of the field, one working stroke of the unit was carried out. Then, to create a coordinate system, four posts were installed on the field, two (furrow posts) on the treated part and two (field posts) on the untreated part of the field. Racks with a scale were laid and fixed on furrow and field posts, forming coordinates in the longitudinal direction. To determine the coordinates of movement of the upper and lower soil layers, a developed private technique for laying numbered chips was used. Chips up to 0.02 m in size were located in two levels the first level on the soil surface, the second at a depth of 0.08...0.10 m. 8 rows of 6 chips in a row were laid. Comparative analysis of soil tillage by tiered plows confirms the effectiveness of tools in weed control due to high-quality filling of weed vegetation seeds with transportation of the topsoil to the furrow to the specified depth of tillage. At the same time, treatment with a plow PNYA-4-42 allows embedding to a depth of more than 0.2 m 86.1% of the seeds of weed vegetation, and experimental tier tillage with a combined plow allows embedding to a depth of more than 0.2 m 96.6% of the seeds which is better in the quality of embedding with a special serial tiered plow. Combined plow makes it possible to provide better embedding of topsoil with contained seeds of weed plants, which can increase efficiency of weed vegetation control, as well as find its application in technologies providing embedding of organic and mineral fertilizers into root layer.

Keywords: soil, plow, embedding, plant residues, tier tillage.

For citation: Erzamaev, M. P., Sazonov, D. S., Artamonov, E. I. & Nesterov, E. S. (2023). Investigation of the quality of embedding the topsoil with tiered plows. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 37–44 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_3_37

Ярусный плуг обрабатывает почву на разных уровнях, что позволяет улучшить структуру почвы, дренаж и доступность питательных веществ, уменьшить ее плотность [1, 2]. Качественная заделка верхнего слоя почвы позволяет вести эффективную борьбу с сорной растительностью механической обработкой верхнего горизонта [3–6].

На данный момент наиболее известным из серийно выпускаемых ярусных плугов считается ПНЯ-4-42. Он может применяться на различных типах почв, включая легкую и среднюю глину, чернозем и серозем. Способен работать на участках с уклоном до 8 градусов и обрабатывать почву на глубину до 27 см [1].

Основной недостаток ярусных плугов, применяемых для глубокой обработки почвы, состоит в больших энергетических затратах на выполнение технологического процесса, а также в образовании «плужной подошвы» лезвиями лемехов, что снижает урожайность сельскохозяйственных культур [7].

Повысить эффективность основной глубокой обработки почвы можно за счет объединения технологического процесса двухъярусной вспашки почвы с рыхлением подпахотного горизонта [8, 9].

Конструктивно-технологическая схема разработанного комбинированного плуга состоит из корпуса верхнего яруса, выполняющего подрезание и оборот верхнего слоя почвы, и безлемешного корпуса нижнего яруса, долото которого выполняет рыхление подпахотного горизонта и нижнего слоя почвы с последующим оборотом нижнего слоя почвы отвальной поверхностью корпуса нижнего яруса [8, 9].

Цель исследований – повышение качества заделки верхнего горизонта при ярусной обработке почвы.

Задачи исследований – оценить степень заделки верхнего слоя почвы по глубине при ее обработке ярусными плугами.

Материал и методы исследований. Для проведения исследований в качестве энергетического средства применялся трактор ХТЗ-16131, который агрегатировался с серийным плугом ПНЯ-4-42 и комбинированным плугом.

Для определения профиля борозды в начале опыта выбирался ровный участок поля. На этом участке поля производился один рабочий ход агрегата. В обработанную часть поля устанавливалась стойка (бороздная стойка) с учетом того, чтобы при контрольном проходе пахотного агрегата она не помешала корпусам плуга. Противоположно ей на расстоянии 3,4 м на необработанный участок была установлена другая стойка (полевая стойка). На расстоянии 1,5 м от полученных стоек, по ходу движения агрегата, устанавливались дополнительно две стойки (бороздная и полевая). Место бороздовых стоек определялось таким образом, чтобы при следующем проходе экспериментального плуга они не мешали его корпусам. В результате в горизонтальной проекции четыре стойки образовали собой прямоугольник со сторонами 3 и 1,5 м. На бороздовые и полевые стойки были уложены и зафиксированы рейки со шкалой, образуя координаты в продольном направлении (рис. 1).

При помощи прибора с уровнем все четыре стойки были выведены в горизонтальную плоскость. Соединяя начала координат, на рейки была уложена передвижная линейка для снятия координат в поперечном направлении. Затем при помощи отвеса производились замеры профиля поля до и после прохода почвообрабатывающего агрегата. Шаг замеров составлял 5 см по всей длине поперечной линейки. Затем отвес прикладывался к контрольной линейке для получения вертикальной координаты.

Для обеспечения беспрепятственного прохода агрегата снималась поперечная линейка и продольные рейки. После прохода агрегата рейки и линейка возвращались на исходные позиции.



Рис. 1. Определение профиля дневной поверхности почвы

После прохода экспериментального плуга производился замер профиля. Для замера профиля дна борозды снимался верхний рыхлый слой почвы до уплотненного ложа. Затем производился замер профиля дна борозды (рис. 2).



Рис. 2. Профилирование дна борозды

Для определения координат перемещения верхнего и нижнего слоев почвы использовалась разработанная частная методика закладки пронумерованных фишек. Фишки размером до 0,02 м располагались в двух уровнях: первый уровень на поверхности почвы, второй – на глубине 0,08...0,10 м. Закладывалось 8 рядов по 6 фишек в ряду.

Расстояние между фишками в ряду 0,05 м. Ряды закладывались с учетом того, что фишки из этих рядов будут захватываться первым и вторым корпусом верхнего яруса (по четыре ряда на корпус). Ширина одного корпуса 0,45 м, поэтому расстояние между 5 и 6 рядами 0,15 м, а между остальными рядами 0,10 м. Первый ряд заложен на расстоянии 0,05 м от носка верхнего яруса предыдущего прохода, для этого борозда была расчищена и определен след от носка предыдущего прохода. Заделка фишки на глубину 0,08 м осуществлялась при помощи приспособления, представляющего собой «рукоятку» с загнутой частью, равной 0,08 м (рис. 3).



Рис. 3. Закладка фишек на глубину

Предварительно в почве при помощи приспособления выполнялись отверстия на глубину 0,08 м, затем в отверстия опускалась и доставлялась на дно фишка. После закладки всех фишек отверстия засыпались, а на поверхности устанавливалась фишка верхнего уровня.

Для определения конечных координат фишек удалялся верхний рыхлый слой почвы (рис. 4) до появления фишек и определялись их конечные координаты. Для наиболее точного определения места расположения фишек почва удалялась под углом 45° . Качество укладки верхнего пласта почвы также оценивалось и по полноте заделки растительных и стерневых остатков и семян сорняков, находящихся изначально на поверхности поля. Данные показатели определялись по количеству оставшихся растительных остатков на поверхности поля.



Рис. 4. Профилирование дна борозды

Результаты исследований. Реализация ярусной вспашки комбинированным плугом обеспечивает агротехнически требуемое качество крошения (размер фракций до 50 мм) в обрабатываемом слое почвы не менее 75% на различных глубинах обработки 0,3...0,45 м в диапазоне рабочих скоростей 1,5...2,5 м/с (рис. 5).

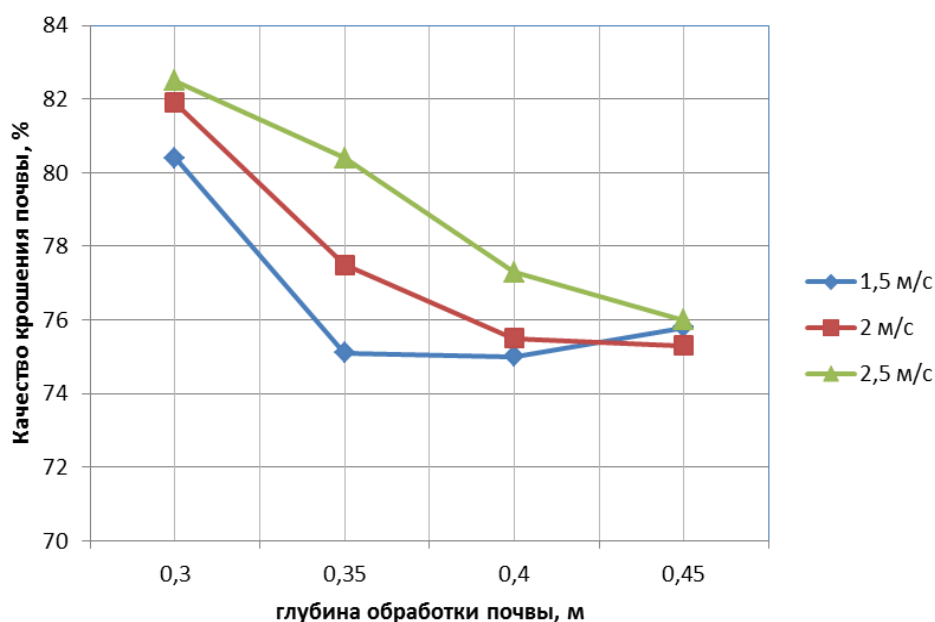


Рис. 5. Качество крошения почвы от глубины ее обработки комбинированным плугом

При рабочих скоростях движения 1,5; 2,0 и 2,5 м/с и глубине обработки почвы 0,3 м качество крошения составило 80,4; 81,9 и 82,5% соответственно, при рабочей глубине обработки – 0,35 м составляло 75,1; 77,5 и 80,4%, при глубине рыхления 0,40 м – 75,0; 75,5 и 77,3% и при глубине 0,45 м –

75,8, 75,3 и 76,0%. Приведенные экспериментальные данные показывают, что с увеличением глубины обработки почвы, качество ее крошения незначительно снижается, но при этом лучшие результаты достигаются при более высоких рабочих скоростях движения. После предлагаемой ярусной обработки комбинированным плугом количество заделанных растительных и стерневых остатков и семян сорняков составило 97,7...98,8%, что объясняется наличием длинностебельных сорняков. При этом глубина заделки верхнего слоя почвы (пожнивных растительных и стерневых остатков и семян сорняков) изменялась в зависимости от глубины обработки и практически не изменялась в зависимости от скорости движения (рис. 6) [8].

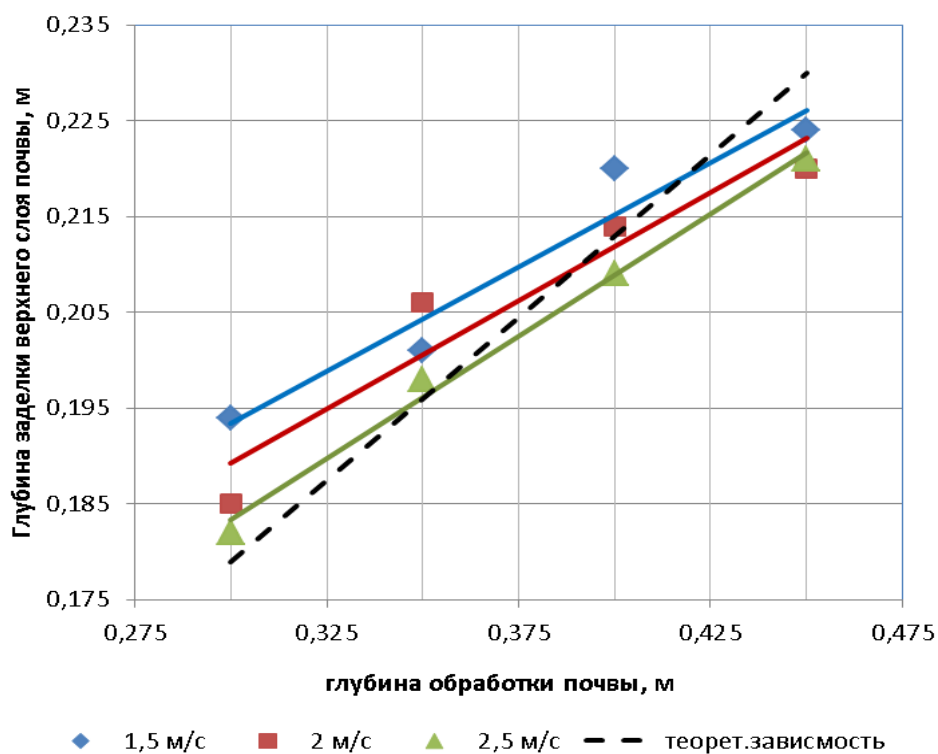


Рис. 6. Зависимость глубины заделки верхнего слоя почвы от глубины обработки

Результаты исследований распределения фишек по глубине горизонта почвы (рис. 7) подтверждают эффективность ярусной обработки почвы в борьбе с сорной растительностью за счет заделки семян сорной растительности с транспортировкой верхнего слоя почвы в борозду на заданную глубину обработки почвы.

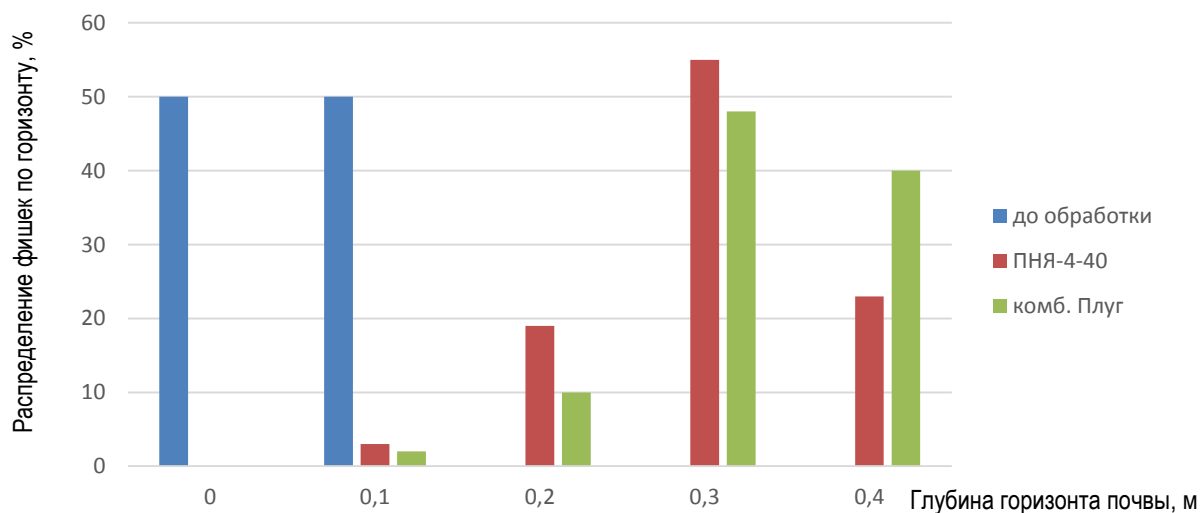


Рис. 7. Распределение фишек по глубине горизонта почвы

При этом обработка плугом ПНЯ-4-42 позволяет заделать на глубину более 0,2 м – 86,1% фишек, а экспериментальная ярусная обработка комбинированным плугом позволяет заделать на глубину более 0,2 м – 96,6 % фишек, что лучше по качеству заделки специальным серийным ярусным плугом.

Приведенные данные показывают высокое качество предлагаемой обработки комбинированным плугом, так как известно, что заделка верхнего слоя почвы с семенами сорняков на глубину 0,18 м обеспечивает снижение засоренности поля до 90 % [3, 5, 6, 9].

Заключение. Комбинированный плуг позволяет обеспечить более качественную заделку верхнего слоя с содержащимися в нем семенами сорных растений, что может повысить эффективность борьбы с сорной растительностью, а также найти свое применение в технологиях, предусматривающих заделку органических и минеральных удобрений в корнеобитаемый слой.

Список источников

1. Касьянов А. В., Ишков А. С., Белоусов Н. И. Анализ конструкций рабочих органов плугов // Электроэнергетика сегодня и завтра : сборник научных статей. Курск : Университетская книга, 2023. Т. 1. С. 223–227.
2. Борисенко И. Б., Доценко А. Е. Технические и технологические особенности комбинированного рабочего органа // Нива Поволжья. 2015. № 3 (36). С. 89–96.
3. Никифорова Е. Н. и др. Повышение эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения // Нива Поволжья. 2018. № 4 (49). С. 83–90.
4. Табаков П. А., Федоров Д. И. Производственно-полевые испытания ротационного плуга с механическим приводом // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. № 2 (42). С. 32–37.
5. Темиров И. Г. Результаты экспериментальных исследований двухъярусного плуга для вспашки почв из-под хлопчатника // Вестник науки и образования. 2022. № 10-1 (130). С. 26–28.
6. Тойгильдин А. Л. и др. Оценка эффективности обработки почвы и защиты растений на зерновых бобовых культурах в условиях лесостепной зоны Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (53). С. 68–73.
7. Канаев М. А., Карпов О. В., Васильев С. А., Фатхутдинов М. Р. Теоретическое исследование взаимодействия ножевидного деформатора с почвой // Известия Самарской государственной академии. 2017. №3. С. 19–23. doi: 10.12737/17448.
8. Ерзамаев М. П., Сазонов Д. С., Мустякимов Р. Н., Стрельцов С. В. Влияние основных параметров рабочих органов комбинированного плуга на качество ярусной обработки // Известия Самарской государственной академии. 2017. №3. С. 29–34. doi: 10.12737/17450.
9. Erzamaev M. P. et al. Development of multistage plowing method that involves subsurface loosening // BIO Web of Conferences. EDP Sciences, 2021. Т. 37. P. 00044.

References

1. Kasyanov, A. V., Ishkov, A. S. & Belousov, N. I. (2023). Analysis of the designs of the working bodies of plows. Electric power industry today and tomorrow '23: collection of scientific articles. (pp. 223–227). Kursk : Universitetskaya kniga (in Russ.).
2. Borisenko, I. B. & Dotsenko, A. E. (2015). Technical and technological features of the combined working body. *Niva Povolzhia (Niva Povolzhya)*, 3 (36), 89–96 (in Russ.).
3. Nikiforova, E. N., Rassypnova, Yu. Yu., Bekreneva, N. N. & Gurianova, N. M. (2018). Increasing the efficiency of agricultural land use. *Niva Povolzhia (Niva Povolzhya)*, 4 (49), 83–90 (in Russ.).
4. Tabakov, P. A. & Fedorov, D. I. (2018). Production and field tests of a rotary plow with a mechanical drive. *Vestnik Uliianovskoi gosudarstvennoi seliskokhoziaistvennoi akademii (Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy)*, 2 (42), 32–37 (in Russ.).
5. Temirov, I. G. (2022). Results of experimental studies of a two-tier plow for plowing soil from under cotton. *Vestnik nauki i obrazovaniya (Science and Education Bulletin)*, 10-1(130), 26–28 (in Russ.).
6. Toygildin, A. L., Podsevalov, M. & Mustafina, R. A. (2021). Evaluation of the efficiency of tillage and plant protection on grain legumes in the conditions of the forest-steppe zone of the Volga region. *Vestnik Uliianovskoi gosudarstvennoi seliskokhoziaistvennoi akademii (Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy)*, 1 (53), 68–73 (in Russ.).
7. Kanaev, M. A., Karpov, O. V., Vasiliev, S. A. & Fathutdinov, M. R. (2017). Theoretical research of the scaffold and soil interaction. *Izvestia Samarskoi gosudarstvennoi seliskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 19–23. (in Russ.). doi: 10.12737/17448.

8. Erzamaev, M. P., Sazonov, D. S., Mustakimov, R. N. & Streltsov, S. V. (2017). Influence of plough working bodies key parameters for the quality of tiered plowing. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 29–34. (in Russ.). doi: 10.12737/17450.

9. Erzamaev, M. P., Sazonov, D. S., Kurmanova, L. S., Nesterov, E. S. & Shlykov, A. E. (2021). Development of multistage plowing method that involves subsurface loosening. *BIO Web of Conferences. EDP Sciences*, 37, 00044.

Информация об авторах:

М. П. Ерзамаев – кандидат технических наук, доцент;

Д. С. Сазонов – кандидат технических наук, доцент;

Е. И. Артамонов – кандидат технических наук, доцент;

Е. С. Нестеров – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors:

M. P. Erzamaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

D. S. Sazonov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

E. I. Artamonov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

E. S. Nesterov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.04.2023; одобрена после рецензирования 25.06.2023; принята к публикации 2.07.2023.

The article was submitted 11.04.2023; approved after reviewing 25.06.2023; accepted for publication 2.07.2023.