

Научная статья

УДК 631.51.013

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-1-28-33

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЯРУСНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Максим Павлович Ерзамаев^{1✉}, Дмитрий Сергеевич Сазонов²,

Евгений Иванович Артамонов³, Никита Максимович Ерзамаев⁴

^{1, 2, 3, 4} Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

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

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

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

⁴ erzamaev.nm@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-7445-0699>

Резюме. Цель исследования – повышение качества технологического процесса ярусной обработки почвы. Для глубокой обработки почвы во многих странах используют простые и надежные орудия с рамой на опорных колесах и несколькими рыхлительными органами. Типичным является рыхлитель с прямой или криволинейной стойкой и долотом. По агротехническим требованиям, верхний слой почвы срезают и укладывают на дно борозды, затем сверху помещают нижний слой. В Самарском аграрном университете разработали метод обработки почвы с одновременным рыхлением нижней части и подпахотного слоев с последующим оборотом нижнего слоя. Для реализации этого метода создали комбинированный плуг, состоящий из рамы и рабочих органов верхнего и нижнего ярусов. Секция комбинированного плуга включает лемешный плужный корпус верхнего и безлемешный корпус нижнего ярусов. Качество обработки оценивали по полноте и глубине заделки семян сорной растительности и качеству крошения почвы. Анализ проводили по слоям. Пробы брали с девятикратной повторностью. Исследования проводили на полях Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства. Вспашку проводили тракторами Т-150К и ХТЗ-16131. Испытания проводили на участках с углом наклона не более 2°. Почва на участке была однородной. Вспашка серийным лемешным плугом ПНЯ-4-42 привела к гребнистости дневной поверхности почвы, превышающей допустимые значения агротехнических требований на 0,03 метра. Комбинированный плуг улучшил ситуацию: гребнистость составила 0,052 метра, что соответствует требованиям. Комбинированный плуг позволяет повысить качество обработки почвы: улучшить крошение почвы, уменьшить гребнистость и увеличить глубину заделки растительных остатков. С увеличением глубины обработки качество крошения снижается, но лучшие результаты достигаются на более высоких рабочих скоростях. Средняя высота гребней после обработки комбинированным плугом составляет 0,052 метра, а количество заделанных остатков – 97,7-98,8%. Глубина их заделки превышает 0,18 метра, а степень крошения соответствует агротехническим требованиям.

Ключевые слова: почва, гребнистость, плуг, семена сорной растительности, заделка, крошение, ярусная обработка

Для цитирования: Ерзамаев М. П., Сазонов Д. С., Артамонов Е. И., Ерзамаев Н. М. Определение качественных показателей технологического процесса ярусной обработки почвы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 1. С. 28-33. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-1-28-33

Original article

DETERMINATION OF QUALITATIVE INDICATORS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF LONGLINE TILLAGE

Maxim P. Erzamaev^{1✉}, Dmitry S. Sazonov², Evgeniy I. Artamonov³, Nikita M. Erzamaev⁴

^{1, 2, 3, 4} Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia

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

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

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

⁴ erzamaev.nm@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-7445-0699>

Abstract. The purpose of the study is to improve the quality of the technological process of longline tillage. For deep tillage in many countries, simple and reliable tools with a frame on support wheels and several ripping organs are used. A ripper with a straight or curved rack and a chisel is typical. According to agrotechnical requirements, the top layer of soil is cut off and laid at the bottom of the furrow, then the bottom layer is placed on top. Samara Agrarian University has developed a method of tillage with simultaneous loosening of the lower part and the under-arable layers, followed by a turnover of the lower layer. To implement this method, a combined plow was created, consisting of a frame and working bodies of the upper and lower tiers. The section of the combined plow includes a ploughshare body of the upper and a ploughshareless body of the lower tiers. The quality of treatment was assessed by the completeness and depth of embedding of weed seeds and the quality of soil crumbling. The analysis was carried out by layers. The samples were taken with a nine-fold repetition. The research was carried out in the fields of the Volga Scientific Research Institute of Breeding

and Seed Production. Plowing was carried out by tractors T-150K and HTZ-16131. The tests were carried out in areas with an inclination angle of no more than 2°. The soil on the site was homogeneous. Plowing with a serial ploughshare of the STUMP-4-42 led to a ridge on the daytime soil surface exceeding the permissible values of agrotechnical requirements by 0.03 meters. The combined plow improved the situation: the ridge was 0.052 meters, which meets the requirements. The combined plow makes it possible to improve the quality of tillage: improve soil crumbling, reduce rippling and increase the depth of embedding of plant residues. As the processing depth increases, the quality of the crumbling decreases, but better results are achieved at higher operating speeds. The average height of the ridges after processing with a combined plow is 0.052 meters, and the amount of embedded residues is 97.7-98.8%. The depth of their embedding exceeds 0.18 meters, and the degree of crumbling meets agrotechnical requirements.

Keywords: soil, combing, plough, weed seeds, grouting, crumbling, tiering

For citation: Erzamaev, M. P., Sazonov, D. S., Artamonov, E. I. & Erzamaev, N. M. (2025). Determination of qualitative indicators of the technological process of longline tillage. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 1, 28-33 (in Russ.). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-1-28-33

Во многих странах для глубокой обработки почвы используются орудия, которые отличаются простотой конструкции и надежностью в эксплуатации. Они включают раму на опорных колесах, на которой установлено несколько рабочих органов для рыхления [1, 2].

Наиболее типичным является рабочий орган глубокого рыхлителя, состоящего из прямой или криволинейной стойки, на которой закреплено плоское или фигурное долото. Для увеличения зоны рыхления на стойках дополнительно крепят уширители [1, 2, 3].

В настоящее время сельскохозяйственная промышленность серийно выпускает чизельные плуги с прямой и наклонной стойкой, плуги общего назначения, плуги с почвоуглубителями, а также ярусные отвальные плуги [1, 3, 4].

По агротехническим требованиям достаточно срезать и заделать на дно борозды верхний слой, толщиной 0,1 м, а поверх него уложить нижний слой почвы [5, 6]. При этом даже без оборота верхнего и нижнего пластов обеспечивается заделка пожнивных остатков, семян сорной растительности, органических и минеральных удобрений. Рекомендуется отношение толщин обрабатываемых пластов корпусами верхнего и нижнего ярусов равное 1, так как это условие способствует получению наилучшего крошения почвы при ярусной вспашке [7, 8, 9, 12-14].

Цель исследований – повышение качества технологического процесса ярусной обработки почвы.

Задача исследований – оценить качество крошения почвы и заделки семян сорной растительности по глубине при ее обработке ярусными плугами.

Материалы и методы исследований. В Самарском государственном аграрном университете разработан метод обработки почвы, при котором происходит одновременное рыхление нижней части почвы и подпахотного слоя с последующим оборотом нижнего слоя. Этот метод позволяет улучшить структуру почвы и устранить образование уплотненного слоя почвы, который обычно возникает при традиционной вспашке [4].

Технологический процесс предложенного метода ярусной обработки почвы с разрыхлением подпахотного горизонта осуществляется разработанным комбинированным плугом [10], состоящим из рамы и рабочих органов верхнего и нижнего ярусов. Верхний ярус включает в себя плужный корпус с лемешно-отвальной частью, а рабочий орган нижнего яруса представляет собой корпус безлемешного типа с отвалом и долотом [9].

Для проведения исследований комбинированный плуг и серийный плуг ПНЯ-4-42 агрегатировались с тракторами Т-150К и ХТЗ-16131 (рис. 1).



Рис. 1. Комбинированный плуг на полевых исследованиях:
а – общий вид комбинированного плуга; б – комбинированный плуг в работе

Исследования выполнялись на опытных участках поля, где угол наклона участка в любом направлении был не более 2°. По почвенным условиям участок был однородным, то есть почва в различных местах имела одинаковые характеристики. Плотность, влажность, макроагрегатный состав не отличались более чем на $\pm 5\%$.

Качество заделки растительных и пожнивных остатков при реализации технологического процесса предлагаемой ярусной обработки оценивалось по полноте и глубине заделки растительных и стерневых остатков и семян сорняков, находящихся изначально на поверхности поля. Оценка качества заделки семян сорной растительности выполнялась после обработки почвы комбинированным и серийным плугами на скоростях движения пахотного агрегата 1,5; 2,0 и 2,5 м/с [9].

После проведения ярусной обработки почвы на заданную глубину, производился поперечный срез обработанного пахотного горизонта (рис. 2). Измерение глубины заделки пожнивных остатков осуществлялось по их положению относительно горизонтальной профилирующей рейки в пятикратной повторности для каждого скоростного режима и глубины обработки.

Методика оценки степени засоренности почвы сорняками состоит из трех этапов: отбор проб почвы, удаление илистой фракции с помощью воды, проходящей через сито с отверстиями 0,25 мм, и выделение семян сорняков [9, 11].

Отбор проб для анализа влияния способа обработки на качество обработки проводился по слоям 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,3, 0,3-0,4, 0,3-0,5 м с девятикратным повторением, поперек прохода почвообрабатывающего агрегата.



Рис. 2. Определение глубины заделки пожнивных остатков

Отбор проб проводился в 6-10 равномерно распределенных точках на поле. В каждой точке бур погружали в почву вертикально до нужной глубины, затем поворотом по часовой стрелке отделяли образец и извлекали его из почвы. Отбирались образцы почвы по слоям, начиная с 0-0,1 метра и далее с шагом 0,1 метра. Образцы помещались в пакеты или коробки с этикетками и отправлялись в лабораторию для анализа, где их доводили до воздушно-сухого состояния и хранили до начала анализа.

Отбор образцов почвы проводился по методу малых проб, который разработал Б. А. Доспехов. Этот метод предполагает уменьшение объема почвы, отбираемого в каждом образце, что снижает трудозатратность. В результате увеличения числа отбираемых образцов повышается репрезентативность выборки, а также уменьшается вариация малых проб по сравнению с большими.

В рамках обследования определенного участка или делянки полевого эксперимента, мы провели сбор не менее 10-20 отдельных проб, каждая из которых весит около 0,3-0,5 килограмма. Сбор осуществлялся отдельно по каждому слою (0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,3, 0,3-0,4, 0,4-0,5 метра). Все эти образцы были объединены, и из них был подготовлен один смешанный образец, вес которого составляет 250-300 граммов. Перед этим образцы были высушены до воздушно-сухого состояния. Затем из этого смешанного образца были отобраны два средних образца, каждый из которых весит 100 граммов, и с ними проводились дальнейшие исследования [9].

Удаление илистой фракции из образца почвы проводили по методу И.Н.Шевелева. Для этого образец помещали на сито с квадратными ячейками размером 0,25 см и промывали его в баке, заполненном водой на три четверти. Растирали комочки почвы, не надавливая на образец, периодически извлекали сито из воды для ускорения процесса удаления илистых частиц. Затем образец тщательно промывался в другой ёмкости или под струёй воды до тех пор, пока вода не становилась полностью прозрачной [9].

Выделенные из образца семена помещались на разборную доску (рис. 3), разделяли их по видам и подсчитывали количество.



Рис. 3. Разборная доска с семенами сорных растений после удаления илистой части

Результаты исследований. После ярусной вспашки серийно выпускаемым лемешным плугом ПНЯ-4-42 на глубину 0,35 м (рис. 4, а), гребнистость дневной поверхности почвы в среднем составила 0,08 м, что существенно превысило допустимые значения по агротехническим требованиям (не более 0,05 м) на 0,03 м. Высота продольных неровностей на дне обработанного слоя почвы составила $\pm 0,03$ м, что незначительно превышает агротехнические требования [9].

После обработки почвы на глубину 0,4 метра с использованием комбинированного ярусного плуга (рис. 4, б), средняя гребнистость почвы составила 0,052 метра. Этот показатель соответствует агротехническим стандартам. Профиль неровностей дна подпахотного обработанного слоя почвы после прохода безлемешных рыхлительных корпусов нижнего яруса, образован в виде бороздок глубиной до 0,05 м, что не значительно превышает аналогичные допустимые показатели по агротехническим требованиям для лемешно-отвальных рабочих органов [9].

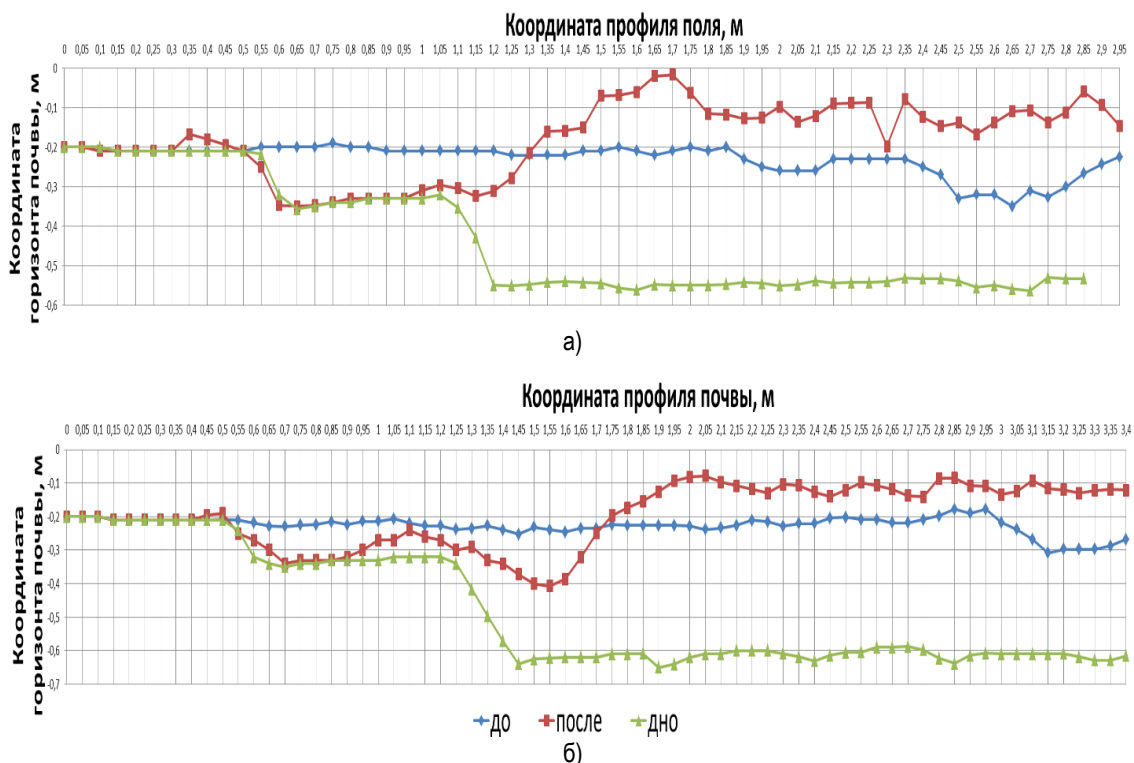


Рис. 4. Профили дневной поверхности и дна обработанного горизонта после:
а) ярусной вспашки плугом ПНЯ; б) ярусной вспашки комбинированным плугом

Таблица 1

Распределение семян сорной растительности по глубине горизонта почвы, %

ФОН	Горизонт почвы, м				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
До обработки	69,7	18,1	9,8	2,4	0
ПНЯ-4-42	3,9	18,6	54,9	22,6	0
Комб.плуг	3,4	10,3	45,6	38,7	2

Обработка почвы серийным плугом ПНЯ-4-42 позволяет заделать 77,5% семян сорной растительности на глубину более 0,2 м., а применение предлагаемого комбинированного плуга позволяет повысить качество заделки семян сорной растительности до 86,3 %.

Таблица 2

Качество крошения почвы пахотного горизонта от глубины ее обработки комбинированным плугом, %

Скорость, м/с	Глубина обработки, см			
	30	35	40	45
1,5	80,4	75,1	75	75,8
2	81,9	77,5	75,5	75,3
2,5	82,5	80,4	77,3	76

При обработке почвы на глубине 0,3 метра и рабочих скоростях 1,5, 2,0 и 2,5 м/с, степень крошения составила 80,4%, 81,9% и 82,5% соответственно. При увеличении глубины обработки до 0,35 метра, эти показатели снизились до 75,1%, 77,5% и 80,4% соответственно. На глубине 0,4 метра качество крошения снизилось до 75% при всех трех рабочих скоростях, а на глубине 0,45 метра – до 75,8%, 75,3% и 76% соответственно. Таким образом, с увеличением глубины качество крошения почвы незначительно снижается, однако лучшие результаты достигаются при использовании более высоких рабочих скоростей [9].

Заключение. Применение предлагаемого комбинированного плуга позволяет повысить качество заделки семян сорной растительности в сравнении с ярусной обработкой выполняемой серийным плугом ПНЯ-4-42. Разработанный комбинированный плуг при рабочей скорости 1,5-2,5 метра в секунду обеспечивает более высокое качество обработки почвы, чем серийный плуг ПНЯ-4-42, средняя высота гребней на обработанной поверхности составляет 0,052 метра, степень крошения почвы при этом составляет 75,3-82,5%, что соответствует агротехническим требованиям.

Список источников

1. Касьянов А. В., Ишков А. С., Белоусов Н. И. Анализ конструкций рабочих органов плугов // Электроэнергетика сегодня и завтра. 2023. С. 223-227. EDN: MLHVHO
2. Борисенко И. Б., Доценко А. Е. Технические и технологические особенности комбинированного рабочего органа // Нива Поволжья. 2015. № 3 (36). С. 89-96. EDN: VBBNSZ
3. 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. DOI: 10.24411/2312-8089-2022-11004 EDN: MOIEWT
4. Гниломёдов В. Г., Ерзамаев М. П., Сазонов Д. С. Комбинированный ярусный плуг // Сельский механизатор. 2014. № 10. С. 20-21. EDN: TBFTRP
5. Никифорова Е. Н. и др. Повышение эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения // Нива Поволжья. 2018. № 4 (49). С. 83-90. EDN: YSKBZR
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. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-68-73 EDN: KGSXKG
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 EDN: ZDULBT
8. 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. DOI: 10.18286/1816-4501-2018-2-32-37 EDN: XREQCD
9. Ерзамаев, М. П. Повышение эффективности вспашки разработкой и применением способа ярусной обработки почвы и комбинированного плуга, 2012. EDN: QGARBT
10. 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 EDN: ZDULCN
11. Акуллаева А. С. и др. Учет засоренности полей сорной растительностью // Устойчивое развитие территорий: теория и практика. 2019. С. 19-21. EDN: EKVLPА

12. Ишкина О. А., Машков С. В. Анализ способов снижения уплотнения почвы // Самара АгроВектор. 2022. Т. 2. № 1, С. 44-49. DOI: 10.55170/77962_2022_2_1_44 EDN: ZZRCBU
13. Машков С. В., Авдеев Д. А. Анализ конструкций рабочих органов для глубокой обработки почвы // Самара Агро-Вектор. 2021. № 1. С. 40-44. DOI: 10.55170/77962_2021_1_1_40 EDN: SPATPS
14. Ерзамаев М. П., Сазонов Д. С., Артамонов Е. И., Харыбина Н. А., Егоренков В. В. Двухъярусная обработка почвы с рыхлением подпахотного горизонта // Самара АгроВектор. 2021. № 1. С. 53-58. DOI: 10.55170/77962_2021_1_1_53 EDN: AVCCHQ

References

1. Kasyanov, A.V., Ishkov, A. S., & Belousov, N. I. (2023). Analysis of the designs of the working bodies of plows. In *Electric power industry today and tomorrow* (pp. 223-227). (in Russ.).
2. Borisenko, I. B., & Dotsenko, A. E. (2015). Technical and technological features of the combined working body. *Niva of the Volga region*, (3 (36)), 89-96. (in Russ.).
3. Temirov, I. G. (2022). Results of experimental studies of a two-tier plow for plowing soil from under cotton. *Science and Education Bulletin*, (10-1(130)), 26-28.
4. Gnilomedov, V. G., Erzamaev, M. P., & Sazonov, D. S. (2014). Combined longline plow. *Rural machine operator*, (10), 20-21. (in Russ.).
5. Nikiforova, E. N., Rassypnova, Yu. Yu., Bekreneva, N. N., & Gurianova, N. M. (2018). Increasing the efficiency of agricultural land use. *Niva of the Volga region*, (4 (49)), 83-90. (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. *Bulletin of the 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 scaffolder and soil interaction. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii* (Bulletin Samara State Agricultural Academy), 3, 19-23. (In Russ.). doi: 10.12737/17448. (in Russ.).
8. Tabakov, P. A., & Fedorov, D. I. (2018). Production and field tests of a rotary plow with a mechanical drive. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, (2 (42)), 32-37. (in Russ.).
9. Erzamaev, M. P. (2012). Improving the efficiency of ploughing is achieved by developing and applying a method of longline tillage and a combined plow. (in Russ.).
10. 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. (in Russ.).
11. Akmullaeva, A. S., Kanaev, A. T., Rinar, A. R., & Tleukhanova, M. K. (2019). Accounting of weed contamination of fields. In *Sustainable development of territories: theory and practice* (pp. 19-21). (in Russ.).
12. Ishkina, O. A. & Mashkov, S. V. (2022). Analysis of methods for reducing soil compaction. *Samara AgroVektor* (Samara AgroVektor), 2, 1, 44-49. (in Russ.). doi: 10.55170/77962_2022_2_1_44.
13. Mashkov, S. V. & Avdeev, D. A. (2021). Analysis of constructions of working bodies for deep tillage. *Samara AgroVektor* (Samara AgroVektor), 1, 40-44. (in Russ.). doi: 10.55170/77962_2021_1_1_40.
14. Erzamaev, M. P., Sazonov, D. S., Artamonov, E. I., Haribina, N. A. & Egorenkov, V. V. (2021). Two-tier tillage with loosening of underground soil horizon. *Samara AgroVektor* (Samara AgroVektor), 1, 53-58. (in Russ.). doi: 10.55170/77962_2021_1_1_53.

Информация об авторах:

М. П. Ерзамаев – кандидат технических наук, доцент;
 Д. С. Сазонов – кандидат технических наук, доцент;
 Е. И. Артамонов – кандидат технических наук, доцент;
 Н. М. Ерзамаев – студент.

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;
 N. M. Erzamaev – student

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 20.01.2025; одобрена после рецензирования 25.02.2025; принята к публикации 5.03.2025.
 The article was submitted 20.01.2025; approved after reviewing 25.02.2025; accepted for publication 5.03.2025.