

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2025.  
№ 4 (81). С. 108–115.  
Buryat Agrarian Journal. 2025;4(81):108–115.

**ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АПК  
TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT  
FOR AGROINDUSTRIAL SECTOR**

Научная статья

УДК 631.316:62-1-021.272

doi: 10.34655/bgsha.2025.81.4.013

**Анализ эксплуатационных показателей работы агрегатов  
для поверхностной обработки почвы**

**Евгений Владимирович Демчук<sup>1</sup>, Александр Александрович Кем<sup>2</sup>,  
Евгения Ивановна Мальцева<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup>Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск,  
Россия

<sup>2</sup>Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

<sup>1</sup>ev.demchuk@omgau.org.

<sup>2</sup>aa.kem@omgau.org

<sup>3</sup>ei.maltseva@omgau.org.

**Аннотация.** Представлен анализ эксплуатационных показателей работы почвообрабатывающих агрегатов: производительность, расход топлива, трудоемкость ежедневного технического обслуживания и трудоемкость подготовки машины к работе. Данные показатели взяты из протоколов испытаний техники на Сибирской государственной зональной машиноиспытательной станции. Рассматриваемые агрегаты условно, в зависимости от конструктивной ширины захвата, разделены на две группы: двенадцать и десять метров. В первой группе рассматривалось два агрегата: Versatile395 + «Степняк» КС-12.0 и Versatile 2375 + «SALFORD» 580-40, во второй – пять: NEW HOLLAND Т8.390 + БПК-10, К-701М + АПК -10, К-744 + КСС-10, CASE 340 + Степняк-10 и К-744 + КПК-10. Испытания по данным, представленным в протоколах на официальном сайте Сибирской государственной зональной машиноиспытательной станции, проводились в соответствии с требованиями СТО АИСТ 1.12-2006 на поверхностной обработке почвы. В ходе испытаний установлено, что все машины соответствуют показателям качества выполнения технологического процесса. По критерию наибольшей производительности за час сменного времени в первой группе можно выделить агрегат Versatile395 + «Степняк» КС-12.0, во второй группе – К-744 + КПК-10. По критерию наименьшего расхода топлива в первой группе можно выделить агрегат Versatile 2375 + «SALFORD» 580-40, во второй группе – К-744 + КПК-10. По критерию наименьших трудозатрат подготовки машины к работе в первой группе можно выделить агрегат Versatile395 + «Степняк» КС-12.0, во второй группе – К NEW HOLLAND Т8.390 + БПК-10. По критерию наименьших трудозатрат ежедневного технического обслуживания в первой группе можно выделить агрегат Versatile395 + «Степняк» КС-12.0, во второй группе – два агрегата: К-744 + КСС-10 и К-744 + КПК-10.

**Ключевые слова:** культиватор, обработка почвы, техническая характеристика, эксплуатационный показатель.

## Performance analysis of units operation for surface tillage

Evgeny V. Demchuk<sup>1</sup>, Alexander A. Kem<sup>2</sup>, Evgeniya I. Maltseva<sup>3</sup><sup>1,3</sup>Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, *Omsk, Russia*<sup>2</sup>Omsk Agrarian Research Center, *Omsk, Russia*<sup>1</sup>ev.demchuk@omgau.org.<sup>2</sup>aa.kem@omgau.org<sup>3</sup>ei.maltseva@omgau.org.

**Abstract.** The article deals with the performance analysis of soil-cultivating units operation: productivity, fuel consumption, the complexity of daily maintenance, and the complexity of preparing the machine for operation. The indicators were taken from the test protocols of the equipment at the Siberian State Zonal Machine Testing Station. The units under the research were divided into two groups, depending on their design width: twelve and ten meters. The first group included two units: Versatile395 + Stepnyak KS-12.0 and Versatile 2375 + SALFORD 580-40, while the second group included five units: NEW HOLLAND T8.390 + BPK-10, K-701M + APK-10, K-744 + KSS-10, CASE 340 + Stepnyak-10, and K-744 + KPA-10. Experiments, according to the data presented in the protocols on the official website of the Siberian State Zonal Machine Testing Station were conducted in accordance with the requirements of STO AIST 1.12-2006 (Standard of Association of Test Operators of Agricultural Machinery and Technologies) for surface tillage. During the tests, it was found that all machinery meet the quality requirements for the technological process. Based on the criterion of the highest productivity per hour of shift time, the Versatile395 + Stepnyak KS-12.0 unit stands out in the first group, while the K-744 + KPA-10 unit stands out in the second group. According to the criterion of the lowest fuel consumption, the Versatile 2375 + SALFORD 580-40 unit can be selected in the first group, while the K-744 + KPA-10 unit can be selected in the second group. According to the criterion of the lowest labor costs for preparing the machine for operation, the Versatile395 + Stepnyak KS-12.0 unit can be selected in the first group, and the K NEW HOLLAND T8.390 + BPK-10 unit can be selected in the second group. According to the criterion of the lowest labor costs for daily maintenance, the first group includes the Versatile395 + Stepnyak KS-12.0 unit, and the second group includes two units: K-744 + KSS-10K-744 + KPA-10.

**Keywords:** cultivator, tillage, technical characteristics, operational indicator.

**Введение.** Обработка почвы относится к энергоемким технологическим операциям [1-2], следовательно, для снижения себестоимости производства продукции растениеводства необходимо применять ресурсосберегающие технологии [3]. В то же время необходимо снижать негативное воздействие на почву с целью сохранения ее плодородия [4, 5]. Обработка почвы направлена на создание необходимых условий для роста растений, т.е. требуемой плотности в зависимости от вида возделываемой культуры [6-8]. Сплошная поверхностная обработка почвы – это комплекс технологических мероприятий, направленных на подготовку почвы к посеву и уход за парами [9]. Обеспечить качественную обработку почвы

возможно путём применения адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям машинно-тракторных агрегатов, обеспечивающих почвозащитную, энергосберегающую, экономически оправданную и безвредную для окружающей среды технологическую операцию [10-12].

Поскольку рынок сельскохозяйственной техники представлен большим разнообразием машин, это вызывает сложности выбора конкретной марки и модели, наиболее подходящей для определенных почвенно-климатических и производственных условий сельскохозяйственного предприятия [13,14]. Предполагаем, что анализ эксплуатационных показателей работы почвообрабатывающих агрега-

тов позволит упростить задачу выбора техники.

**Материалы и методы.** Авторами проведен анализ эксплуатационных показателей работы почвообрабатывающих агрегатов, отраженных в протоколах испытаний машин на ФГБУ «Сибирская государственная зональная машиноиспытательная станция». Испытания по данным, представленным в протоколах, на официальном сайте организации, проводились в соответствии с требованиями СТО АИСТ 1.12-2006 [15].

**Результаты и их обсуждение.** Основными критериями при выборе машинно-тракторных агрегатов являются их эксплуатационные параметры, производительность, соответствие типу и качеству выполняемых работ [14,16]. Основным критерием оптимизации состава машинно-тракторного парка является энергетический (при наименьшей производительности, минимальный расход топлива и минимальные трудовые затраты) [17]. Таким

образом, для обоснованности выбора необходимо провести анализ эксплуатационных показателей работы агрегатов. В ходе исследований рассматриваемые агрегаты условно, в зависимости от конструктивной ширины захвата, разделены на две группы: двенадцать и десять метров. В первой группе рассматривалось два агрегата: Versatile395 + «Степняк» КС-12.0 и Versatile 2375 + «SALFORD» 580-40, во второй – пять: NEW HOLLAND Т8.390 + БПК-10, К-701М + АПК -10, К-744 + КСС-10, CASE 340 + Степняк-10 и К-744 + КПК-10. Эксплуатационные показатели работы агрегатов представлены в таблице 1. В ходе испытаний установлено, что все машины соответствуют показателям качества выполнения технологического процесса [15].

Глубина обработки является одним из основных факторов, влияющих на тяговое сопротивление и, следовательно, на расход топлива агрегата.

**Таблица 1** – Эксплуатационные показатели работы агрегатов

№ группы	Агрегат	Конструктивная ширина захвата, м	Рабочая ширина захвата, м	Производительность в час основного времени, га	Производительность за час сменного времени, га	Глубина обработки, см	Рабочая скорость, км/ч	Удельный расход топлива кг/га	Трудоёмкость подготовки машины к работе, чел.-час	Трудоёмкость ежесменного ТО чел.-час
1	Versatile395 + «Степняк» КС-12.0	12,0	11,7	11,23	8,79	12,0	9,6	6,3	0,03	0,183
	Versatile 2375 + «SALFORD» 580-40		11,8	13,5	9,5	9,0	11,4	5,6	0,083	0,2
2	NEW HOLLAND Т8.390 + БПК-10	10,0	9,7	9,80	7,6	10,0	10,1	6,6	0,03	0,2
	К-701М + АПК -10		9,6	8,2	6,26	10,0	9,7	5,0	0,16	0,45
	К-744 + КСС-10		8,93	8,84	6,54	8,0	9,9	5,9	0,08	0,14
	CASE 340 + Степняк-10		9,7	7,87	6,0	8,0	8,1	7,2	0,08	0,33
	К-744 + КПК-10		10,8	10,8	8,84	8,0	11,4	3,8	0,1	0,14

Проанализируем показатели производительности агрегатов и расхода топлива при определенной глубине обработки

(от большей к меньшей) в представленных группах (рис. 1, 2).

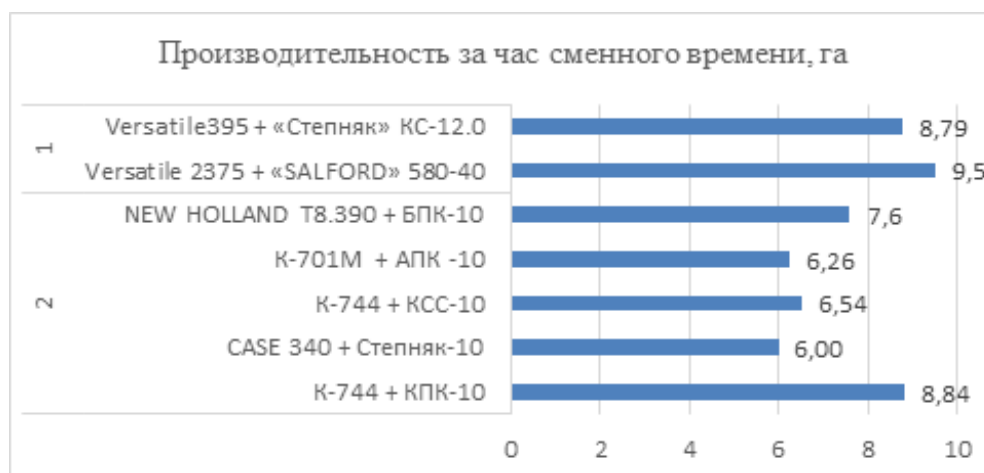


Рисунок 1. Показатели производительности агрегатов

По критерию наибольшей производительности за час сменного времени в первой группе можно выделить агрегат

Versatile 2375 + «SALFORD» 580-40, во второй группе – К-744 + КПК-10

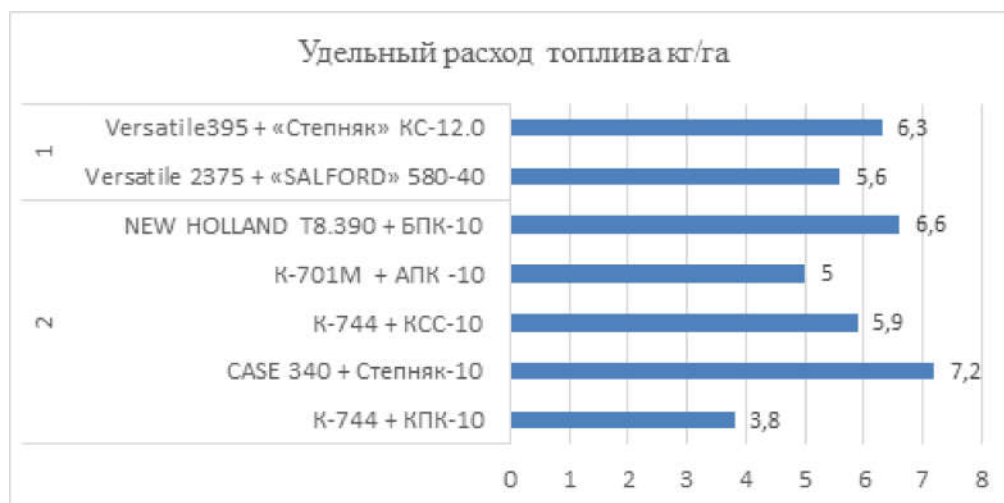


Рисунок 2. Показатели расхода топлива агрегатов

По критерию наименьшего расхода топлива в первой группе можно выделить агрегат Versatile 2375 + «SALFORD» 580-40, во второй группе – К-744 + КПК-10.

Агрегаты первой группы работали на разную глубину (12 и 9 см), процентная разница данных показателей составляет 28,57%. Производительность агрегата Versatile 2375 + «SALFORD» 580-40 на 0,71 га больше, а расход топлива на 0,7 кг/га меньше, в сравнении с агрегатом Versatile395 + «Степняк» КС-12.0, процентная разница данных показателей при этом составляет 7,76 и 11,76% соответственно.

Во второй группе при одинаковой глубине обработки 10 см производительность за час сменного времени у агрегата NEW HOLLAND T8.390 + БПК-10 на 1,34 га выше, в то же время и расход топлива на 1,6 кг/га больше, чем у агрегата К-701М + АПК-10, процентная разница данных показателей составляет 19,34 и 27,58% соответственно.

При глубине обработки 8 см наибольшая производительность 8,84 га наблюдается у агрегата К-744 + КПК-10, что на 2,84 га выше в сравнении с агрегатом CASE 340 + Степняк-10 (процентная разница 38,27%) и на 2,3 га – в сравнении с агрегатом К-744 + КСС-10 (29,91%). В то

же время у агрегата К-744 + КПК-10 наблюдается минимальный расход топлива 3,82 кг/га, что на 3,38 кг/га (61,74%) меньше в сравнении с агрегатом CASE 340 +

Степняк-10 и на 2,08 кг/га (42,8%) – в сравнении с К-744 + КСС-10.

Проанализируем показатели трудозатрат (рис. 3, 4).

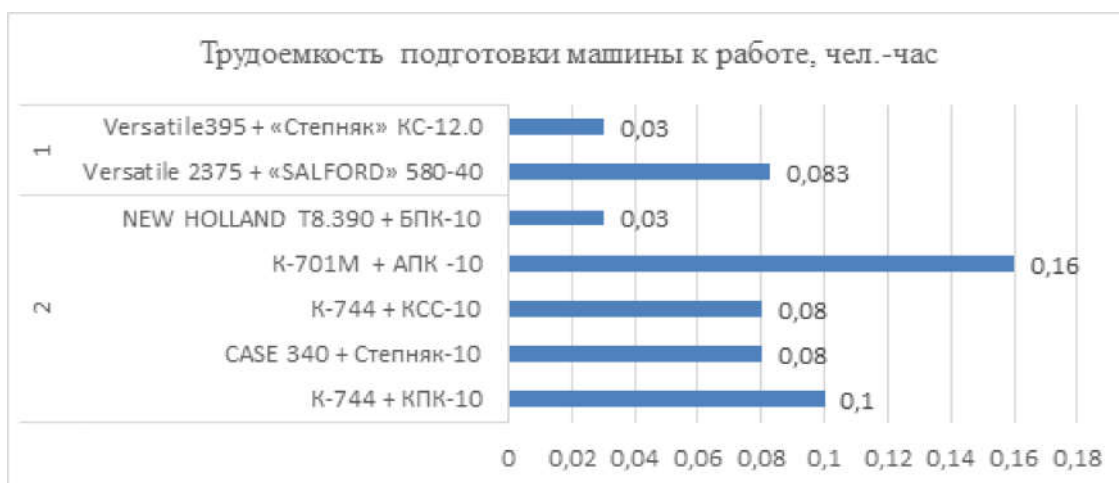


Рисунок 3. Показатели трудоемкости подготовки машины к работе

По критерию наименьших трудозатрат подготовки машины к работе в первой группе можно выделить агрегат

Versatile395 + «Степняк» КС-12.0, во второй группе – NEW HOLLAND Т8.390 + БПК-10.

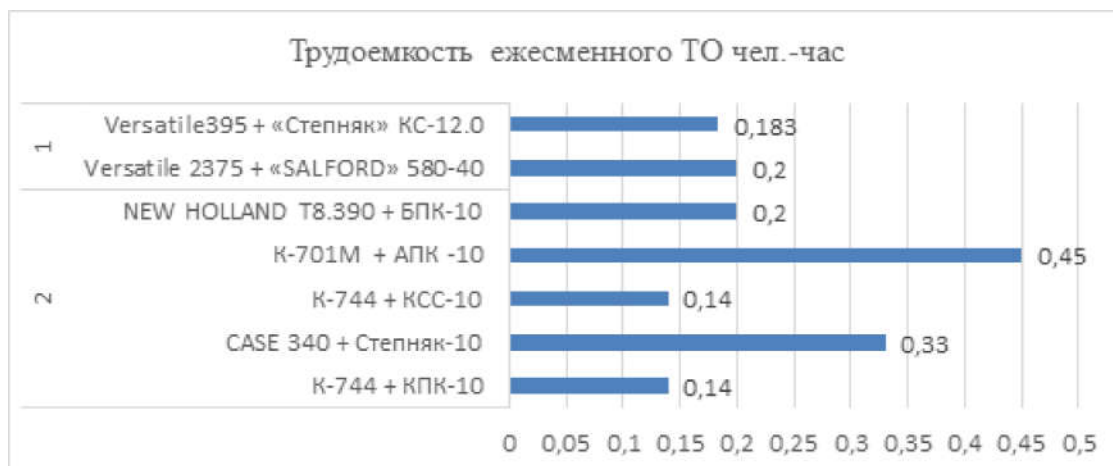


Рисунок 4. Показатели трудоемкости ежесменного технического обслуживания

По критерию наименьших трудозатрат ежесменного технического обслуживания в первой группе можно выделить агрегат Versatile395 + «Степняк» КС-12.0, во второй группе – два агрегата: К-744 + КСС-10, К-744 + КПК-10.

Из анализа графиков можно сделать следующие выводы:

- в первой группе (конструктивная ширина захвата 12 м) трудоемкость на подготовку машины к работе и ежесменное техническое обслуживание меньше у Versatile395+«Степняк» КС-12.0 на 0,053

чел.-час. и 0,017 чел.-час, процентная разница при этом составляет 93,81 и 8,87% соответственно;

- во второй группе минимальное значение показателя трудоемкости на подготовку машины к работе у агрегата NEW HOLLAND Т8.390+БПК-10, максимальное у агрегата К-701М+АПК -10, процентная разница показателей при этом составляет 136,84%. Минимальное значение показателя трудоемкости на ежесменное техническое обслуживание у агрегатов К-744 + КСС-10 и К-744+КПК-10, мак-

симальное – у агрегата К-701М + АПК-10 разница показателей при этом составляет 105,1%.

**Заключение.** Проанализировав показатели работы агрегатов, полученные в ходе испытаний на Сибирской машиноиспытательной станции, можно отметить следующее:

- по критерию наибольшей производительности за час сменного времени в первой группе можно выделить агрегат Versatile 2375 + «SALFORD» 580-40, во второй группе – К-744 + КПК-10;

- по критерию наименьшего расхода топлива в первой группе можно выделить агрегат Versatile 2375 + «SALFORD» 580-40, во второй группе – К-744 + КПК-10;

- по критерию наименьших трудозатрат подготовки машины к работе в пер-

вой группе можно выделить агрегат Versatile395+«Степняк» КС-12.0, во второй группе – NEW HOLLAND Т8.390 + БПК-10;

- по критерию наименьших трудозатрат ежесменного технического обслуживания в первой группе можно выделить агрегат Versatile395 + «Степняк» КС-12.0, во второй группе – два агрегата: К-744 + КСС-10К-744 + КПК-10.

Следует отметить, что среди агрегатов, соответствующих критериям наибольшей производительности с наименьшими энергетическими затратами, является агрегат К-744 + КПК-10 (при обработке на глубину 8 см). По другим машинам возникает противоречивая ситуация, и для выбора конкретного агрегата требуется проведение дополнительных исследований.

#### Список источников

1. Кобяков И.Д., Евченко А.В. Зависимость энергетических показателей почвообрабатывающих орудий от формы их, рабочих // *Агроэкономика: экономика и сельское хозяйство*. 2017. № 3 (15). С. 2. EDN: YJBAOB
2. Кобяков И.Д. Исследование процесса резания почвы // *Достижения науки и техники АПК*. 2007. № 9. С. 30-32. EDN: ISVPWP
3. Сравнительный анализ технико-эксплуатационных характеристик культиваторов / Е.К. Колосович, Е.А. Корнеев, Д.А. Голованов, Е.В. Демчук // *Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ*. 2017. № 1(8). С. 30. EDN: YIBAER
4. Агротехнические требования к подготовке поля и посеву зерновых культур / А.А. Кем, А.Н. Шмидт, Д.Е. Кузьмин, Е.М. Биказинов // *Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития: сборник IV междунар. науч.-практ. конф. Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, 2020*. С. 103-107. EDN: MQAPYP
5. Формирование технологических условий механизированной обработки почвы в регионах с повышенной ветровой эрозией / Е.М. Михальцов, М.С. Чекусов, А.А. Кем [и др.] // *Приоритеты агропромышленного комплекса: научная дискуссия: материалы международной научно-практической конференции, Петропавловск, 18 марта 2022 года*. Петропавловск: НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева», 2022. С. 175-180.
6. Формирование технологических условий орудий для разуплотнения почвы / Р.В. Даманский, М.С. Чекусов, А.А. Кем [и др.] // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2022. № 2 (46). С. 138-144. DOI: 10.48136/2222-0364\_2022\_2\_138. EDN: WRXHTH
7. Technology of Antierosive Soil Surface Deriving / N.A. Zaripova, A.S. Soyunov, S.P. Prokopov [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series*, Yurga, 24–26 мая 2018 года. Vol. 1059. Yurga: Institute of Physics Publishing, 2018. P. 012012. DOI: 10.1088/1742-6596/1059/1/012012. EDN: VBGGNF
8. Мяло В.В., Мяло О.В., Демчук Е.В. Обоснование основных параметров рабочего органа культиватора для сплошной обработки почвы // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2019. № 2 (34). С. 153-164. EDN: QBRVJR
9. Соболевский И.В. Исследования качества поверхностной обработки почвы упругими s-образными стойками с регулируемой жесткостью культиватора-плоскореза КПП-3 // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2020. № 21(184). С. 106-116. EDN: FEIODO
10. Schneider F., Don A., Hennings I. et al. The effect of deep tillage on crop yield – What do we really know? // *Soil and tillage research*. 2017. Vol. 174. 193-204.
11. Borisenko I., Meznikova M. Strip tillage as an implementation of resource-saving approaches in areas of risky agriculture. *E3S Web of Conferences*. 2023. Vol. 398. 01023. DOI: 10.1051/e3sconf/202339801023
12. Чекусов М.С., Юшкевич Л.В., Кем А.А., Голованов Д.А. Совершенствование комплекса машин и орудий в засушливом земледелии Западной Сибири // *Земледелие*. 2016. №3. С.13-17. EDN: VVBION

13. Редреев Г.В., Щетинина С.Н. К вопросу об исследовании технических характеристик почвообрабатывающих агрегатов // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2012. № 1(5). С. 71-74. EDN: SYNQHB

14. Четверова К.С. Критерии выбора сельскохозяйственной техники // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, Воронеж, 11–12 ноября 2021 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2021. С. 74-78. EDN: ZRMRAH

15. ФГБУ Сибирская МИС. Статистика сайта [Электронный ресурс]: URL: <http://sibmis.ru> (дата обращения 16.01.2025).

16. Петухов Д.А., Свиридова С.А., Семизоров С.А. Оценка эффективности широкозахватных культиваторов отечественного производства // Техника и оборудование для села. 2020. № 2 (272). С. 40-47. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-2-40-47. EDN: VJGRIV

17. Обоснование потребности в тракторах на комплексе технологических операций в сельском хозяйстве на основе использования цифровых технологий / К.А. Хафизов, А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин [и др.] // Kazan digital week-2024: сборник материалов международного форума, Казань, 09–11 сентября 2024 года. Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2024. С. 1585-1599. EDN: DVZVFR

### References

1. Kobyakov I.D., Evchenko A.V. Zavisimost'. The dependence of the energy indicators tillers of the form of the working bodies. *Aekonomika: ekonomika i selskoe hozyajstvo*. 2017;3(15):2 (In Russ.)

2. Kobyakov I.D. Study of the soil cutting process. *Achievements of science and technology in Agro-Industrial Complex*. 2007;9:30-32 (In Russ.)

3. Kolosovich E.K., Korneev E.A., Golovanov D.A., Demchuk E.V. Comparative analysis of technical - performance cultivators. *Elektronnyj nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU*. 2017;1(8):30 (In Russ.)

4. Kem A.A., Shmidt A.N., Kuz'min D.E., Bikazinov E.M. Agrotechnical requirements for field preparation and sowing of grain crops. *Scientific and technical support of APK, state and development prospects*. Proc. of the IV Int. Sci. and Pract. Conf., Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, 2020. Pp. 103-107 (In Russ.)

5. Mikhaltsov E.M., Chekusov M.S., Kem A.A. [et al.] Formation of technological conditions for mechanized soil cultivation in regions with increased wind erosion. *Priorities of the agro-industrial complex: scientific discussion*: Proc. of the Int. Sci. and Pract. Conf., Petropavlovsk, March 18, 2022. Petropavlovsk. 2022. Pp. 175-180 (In Russ.)

6. Damansky R.V., Chekusov M.S., Kem A.A. [et al.] Formation of technological conditions of implements for soil decompaction. *Vestnik of Omsk SAU*. 2022;2(46):138-144 (In Russ.). DOI: 10.48136/2222-0364\_2022\_2\_138

7. Zaripova N.A., Soyunov A.S., Prokopov S.P. [et al.]. Technology of Antierosive Soil Surface Deriving. *Journal of Physics: Conference Series*, Yurga, 24–26 maya 2018 goda. Vol. 1059. Yurga: Institute of Physics Publishing, 2018. P. 012012. DOI: 10.1088/1742-6596/1059/1/012012

8. Myalo V.V., Myalo O.V., Demchuk E.V. Foundation of the basic parameters of the working bodies of cultivators for continuous tillage. *Vestnik of Omsk SAU*. 2019;2(34):153-164 (In Russ.)

9. Sobolevsky I.V. Quality research surface soil treatment elastic s-shaped stands with adjustable rigidity of the cultivator-flat cutter KPP-3. *Transactions of Taurida agricultural science*. 2020;21(184):106-116 (In Russ.)

10. Schneider F., Don A., Hennings I. et al. The effect of deep tillage on crop yield – What do we really know? *Soil and tillage research*. 2017. Vol. 174. 193-204.

11. Borisenko I., Meznikova M. Strip tillage as an implementation of resource-saving approaches in areas of risky agriculture. *E3S Web of Conferences*. 2023;Vol.398.01023. DOI: 10.1051/e3sconf/202339801023

12. Chekusov M.S., Iushkevich L.V., Kem A.A., Golovanov D.A. Improvement of machinery and tool complex in the arid agriculture of Western Siberia. *Zemledelie*. 2016;3:13-17 (In Russ.)

13. Redreev G.V., Shhetinina S.N. On the question of technical characteristics of the study soil cultivating units. *Vestnik of Omsk SAU*. 2012;1(5):71-74 (In Russ.)

14. Chetverova K.S. Criteria for selecting agricultural machinery. *Innovative technologies and technical means for the agro-industrial complex*: Proc. of the Int. Sci. and Pract. Conf. Voronezh, November 11–12, 2021. Voronezh, 2021. Pp. 74-78 (In Russ.)

15. FGBU Sibirskaya MIS. Statistika sajta [Elektronnyj resurs]: URL: <http://sibmis.ru> (data obrashcheniya 16.01.2025).

16. Petuhov D.A., Sviridova S.A., Semizorov S.A. Evaluation of wide work width cultivators of domestic production. *Machinery and equipment for rural area*. 2020;2(272):40-47 (In Russ.). DOI: 10.33267/2072-9642-2020-2-40-47

17. Hafizov K.A., Valiev A.R., Ziganshin B.G. [et al.]. Justification of the need for tractors on the complex

of technological operations in agriculture based on the use of digital technologies. *Kazan digital week - 2024* : Collection of materials from the International Forum. Kazan, 09–11 September 2024. Kazan, 2024. Pp. 1585-1599 (In Russ.)

#### **Информация об авторах**

**Евгений Владимирович Демчук** – кандидат технических наук, доцент, декан факультета технического сервиса в агропромышленном комплексе, Омский государственный аграрный университет, [ev.demchuk@omgau.org](mailto:ev.demchuk@omgau.org);

**Александр Александрович Кем** – кандидат технических наук, доцент, заведующий отделом механизации и экономических исследований, Омский аграрный научный центр, [aa.kem@omgau.org](mailto:aa.kem@omgau.org);

**Евгения Ивановна Мальцева** – кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии, Омский государственный аграрный университет, [ei.maltseva@omgau.org](mailto:ei.maltseva@omgau.org).

#### **Information about the authors**

**Evgeny V. Demchuk** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Dean of the Faculty of Technical Service in the Agro-Industrial Complex, Omsk State Agrarian University, [ev.demchuk@omgau.org](mailto:ev.demchuk@omgau.org);

**Alexander A. Kem** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Mechanization and Economic Research, Omsk Research Center, [aa.kem@omgau.org](mailto:aa.kem@omgau.org);

**Evgeniya I. Maltseva** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Agricultural Engineering Chair, Omsk State Agrarian University, [ei.maltseva@omgau.org](mailto:ei.maltseva@omgau.org).

Статья поступила в редакцию 05.09.2025; одобрена после рецензирования 19.09.2025; принята к публикации 23.09.2025.

The article was submitted 05.09.2025; approved after reviewing 19.09.2025; accepted for publication 23.09.2025.