

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.61-3.03

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-5-36-41

**АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА НИВЕЛИРОВАНИЯ  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ОЧИСТКЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ****МИРОНОВ АЛЕКСЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ**, аспирант

mironovav@rgau-msha.ru

**АПАТЕНКО АЛЕКСЕЙ СЕРГЕЕВИЧ** , д-р техн. наук, профессорa.apatenko@rgau-msha.ru ; <https://orcid.org/0000-0002-2492-9274>**СЕВРЮГИНА НАДЕЖДА САВЕЛЬЕВНА**, канд. техн. наук, доцентsevruginans@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3494-1437>**СТУПИН ОЛЕГ АЛЕКСАНДРОВИЧ**, аспирант

stypinoa@rgau-msha.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Аннотация.** Для эффективного ведения сельскохозяйственных работ активно используются мелиоративные комплексы – например, обводные каналы. Одним из основных факторов, снижающих качество мелиоративных работ, является точность позиционирования профиля грунта при расчистке или устройстве каналов. Для разработки мелиоративных каналов используется экскаваторная техника. Модернизация экскаваторов внедрением в их конструкцию автоматических систем нивелирования (АСН) позволяет увеличить скорость и точность выполнения работ, следовательно, и производительность. Рассмотрены три основных решения АСН при эксплуатации экскаваторов: АСН 2D система контроля; АСН спутниковая система контроля; АСН AUTO спутниковая система нивелирования. Полевые испытания проведены на полигоне с проверкой качества возведения насыпи экскаватором JCB JS205 модернизированного АСН. Полученные данные сравнивались с результатами выполнения работ профилирования экскаватором JCB JS205 без АСН. Результаты исследований показали, что наиболее совершенной оказалась АСН AUTO спутниковая система нивелирования, поскольку при ее использовании качество выполняемых работ практически не зависит от человеческого фактора. Также угол отклонения разрабатываемой насыпи от проектного заданного угла на 1 кв. м для экскаватора с АСН AUTO спутниковой системы нивелирования составил меньшее значение (2,4%) в отличие от АСН 2D системы контроля (8,3%) и АСН спутниковой системы контроля (6%). Для экскаватора без АСН этот показатель составил 11,1%. Целесообразна модернизация экскаваторов внедрением системы автоматического нивелирования, позволяющая увеличить производительность техники на 200%, а точность выполняемых работ – в 2 раза.

**Ключевые слова:** мелиоративные комплексы, каналы, моделирование, разработка, очистка, нивелирование, системы, качество.

**Формат цитирования:** Миронов А.В., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С., Ступин О.А. Аппаратные средства нивелирования при разработке и очистке мелиоративных каналов // Агроинженерия. 2021. № 5(105). С. 36-41. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-5-36-41>.

© Миронов А.В., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С., Ступин О.А., 2021



## ORIGINAL PAPER

**LEVELING IMPLEMENTS USED FOR DEVELOPING AND CLEANING  
RECLAMATION CANALS****ALEKSEI V. MIRONOV**, postgraduate student

mironovav@rgau-msha.ru

**ALEKSEI S. APATENKO** , DSc (Eng), Professora.apatenko@rgau-msha.ru ; <https://orcid.org/0000-0002-2492-9274>

**NADEZHDA S. SEVRYUGINA, PhD (Eng), Associate Professor**

sevryuginans@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3494-1437>

**OLEG A. STUPIN, postgraduate student**

stypinoa@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation

**Abstract.** Efficient performance of agricultural operations requires the active use of reclamation systems, e.g., bypass canals. One of the main factors that reduce the quality of reclamation is the accuracy of positioning the soil profile when cleaning or arranging canals. Excavating equipment is used to develop reclamation canals. Modernization of excavators by introducing automatic leveling systems (ALS) into their design can increase performance, accuracy, and, therefore, productivity. The authors consider three principal solutions of the ALS design during the operation of excavators: ALS2D control system, ALS satellite control system, ALS AUTO satellite leveling system. Field tests were carried out at the test site to check the quality of the embankment erection with a JCB JS205 excavator with the ALS. The data obtained were compared with the indicators of blading with a JCB JS205 excavator without the ALS. The research results showed that the most advanced option was the ALS AUTO satellite leveling system since the quality of the work performed practically does not depend on the human factor. Also, the excavator with the ALS AUTO satellite leveling system proved to have a lower deviation angle of the developed embankment from the design-specified angle per 1 sq. (2.4%) as contrasted to the ALS2D control system (8.3%) and the ALS satellite monitoring system (6%). The excavator without the ALS demonstrated a value of 11.1%. Therefore, it is advisable to modernize excavators by introducing the automatic leveling system, which will increase the performance by 200% and double the accuracy of the work performed.

**Key words:** reclamation system, canals, modeling, development, cleaning, leveling, systems, quality.

**For citation:** Mironov A.V., Apatenko A.S., Sevryugina N.S., Stupin O.A. Leveling implements used for developing and cleaning reclamation canals. *Agricultural Engineering*, 2021; 5 (105): 36-41. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-5-36-41>.

**Введение.** Экскаватор – одна из самых распространенных машин, применяемых для устройства каналов мелиоративных систем АПК, а также в период эксплуатации мелиоративных систем для выполнения работ по очистке каналов [1, 2]. Увеличение потребности в производственных машинах специального назначения возникает при проведении землеройных работ [3, 4].

Автоматические системы нивелирования стремительно набирают популярность. Один из способов повышения производительности строительных машин – совершенствование конструкции с применением современных технологий<sup>1,2</sup> [5, 6].

Модернизация экскаваторов внедрением в их конструкцию автоматических систем нивелирования (АСН) позволяет увеличить скорость и точность выполнения работ, следовательно, и производительность<sup>2</sup> [7-10]. Основное преимущество АСН для экскаваторов проявляется в постоянной визуализации фактического положения рабочего органа машины относительно заданного проектного уровня, фиксации рабочего оборудования в заданных положениях [11]. Вся информация выводится на экран в кабине оператора.

Вопросами, связанными с автоматической системой нивелирования, занимались ряд ученых [7-12].

П.С. Хвалев и А.Б. Сатюков утверждают, что инвестирование и использование АСН увеличивают производительность, повышают качество выполняемых работ, однако не решает всех проблем, связанных с производством

и низкой квалификацией персонала. Также использование АСН с ГЛОНАСС не всегда эффективно ввиду недостаточного количества спутников для определения точной позиции техники [7].

Д.Г. Михайленко и А.Г. Ленивцев произвели анализ современных систем автоматического управления отвалом бульдозера и установили, что наибольшую точность обеспечивает оборудование, в конструкции которого используется технология лазерного луча. Развертывание сети станций является одним из решений, обеспечивающим качество связи парка технологических машин, что позволяет точно определить позиционирование машин [8].

А.П. Масляницын, Е.И. Филатов описали принцип устройства подвижного лазерного приемника бульдозера, который позволяет расширить диапазон условий применения лазерного нивелирования и формировать не только прямолинейные, но и криволинейные поверхности [9]. Данный приемник можно использовать и в экскаваторах. Он может улучшить качество, точность профиля насыпи.

И.А. Букреев описал принцип построения и работы АСМ на примере продукции компании Topcon Positioning Systems. Он описал назначение, свойства, принцип работы всех основных элементов автоматической системы нивелирования и разработал блок-схему системы управления технологических машин с обратной связью [10].

Применение АСН даёт существенные преимущества:

1. Исключение этапа промежуточного контроля качества при выполнении землеройных работ.
2. Возможность получения информации «в реальном времени» о текущей стадии выполнения работ.

<sup>1</sup> JCB Electronic Catalogue of Construction Equipment. Access mode: URL: <https://www.jcb.com/> (дата обращения: 02.04.2021).

<sup>2</sup> TOPCON's official website. Access mode: URL: <https://topcon.pro/> (дата обращения: 02.04.2021).

3. Повышение безопасности проводимых работ.

4. Предотвращение возможной излишней выемки грунта.

Эти факторы, несомненно, повышают производительность работы экскаватора.

**Цель исследований:** провести анализ и оценку эффективности применения автоматической системы нивелирования одноковшового экскаватора при выполнении различных видов мелиоративных работ.

**Материал и методы.** В рассматриваемых исследованиях использовались базовые теории резания, теории надежности машин, рисков. Работа АСН экскаватора базируется на определении текущего положения ковша, стрелы, рукоятки и сопоставлении с математической или проектной моделью конструктивных слоев строительного объекта<sup>2</sup> [7-10]. Для определения положения рабочих элементов экскаватора использовались датчик угла, датчик наклона ковша, датчик ковша, лазерный приемник, датчик наклона стрелы и датчик поворота.

Обработка сигналов производилась специальным алгоритмом, который записан в контроллере. Визуализация полученных результатов происходила на дисплее оператора, а также может воспроизводиться на мониторах компьютеров эксплуатирующих организаций.

Методы исследования представлены для трех основных решений АСН, применяемых при эксплуатации экскаваторов:

1. *АСН 2D система контроля.* Система включает в свой состав следующие приборы: панель управления в кабине оператора; четыре угловых датчика, измеряющих величину углов между ковшом, рукояткой, стрелой и кабиной экскаватора; лазерный приемник (подключение через CAN-порт); коммуникационный узел (связь по CAN-шине). При использовании 2D индикаторной системы параметры текущей разработки грунта можно задать в панели управления, что позволяет не держать постоянно в поле зрения опорную точку. Точность выполнения работ зависит от квалификации машиниста экскаватора.

2. *АСН спутниковая система контроля.* В состав системы входят следующие приборы: четыре угловых датчика с диапазоном измерений 360 град.; GNSS-антенна и приёмник для ориентации и позиционирования машины на строительном участке; панель управления в кабине оператора. Расстояние от зубьев ковша до уровня, заданного проектом, отображается на панели управления. Возможно отображение детальной информации: профиля разработки, плана участка по проекту, поперечное сечение. Использование спутниковых систем контроля позволяет исключить присутствие у траншеи человека, отслеживающего качество формируемой поверхности. Уровень квалификации оператора экскаватора косвенно влияет на точность выполнения работ.

3. *АСН AUTO спутниковая система нивелирования.* Система включает в себя приборы: панель управления; спутниковая антенна; два инерциальных датчика; контроллер; джойстики управления; электромагнитный клапан (устанавливается между распределителем и гидродилдром рабочего оборудования и рукоятки)<sup>2</sup>.

АСН AUTO поддерживает режим удержания, при котором в определенном диапазоне копания происходит автоматическое удержание рабочего оборудования (автоматика системы не позволяет копать глубже заданного проектного значения) и режима ковша, удерживающего ковш под неизменным углом атаки при рабочем ходе стрелы и рукоятки экскаватора. Оператор управляет только стрелой, а автоматика поддерживает заданный угол.

АСН AUTO является наиболее универсальной и передовой. При использовании АСН AUTO качество выполняемых работ не зависит от человеческого фактора<sup>2</sup>.

С целью сравнения АСН разных типов на опытном полигоне исследовали качество возведения насыпи экскаватором JCB JS205 модернизированного АСН. Для более полного сравнения проводимых опытов также использовался экскаватор JCB JS205 без АСН.

Измерение угла отклонения от проектных значений производилось нивелиром геодезическим. Проектной заданной плоскостью являлся «горизонт» 90 град. относительно вертикали. Для больших вариаций выборки осуществлялось пять опытных измерений по пяти попыткам планировки насыпи. На протяжении всего эксперимента машиной управлял 1 чел., поэтому опыт оператора как фактор, влияющий на объективность полученных данных, не рассматривается.

**Результаты и обсуждение.** Исследование заключалось в измерении угла отклонения, %, разрабатываемой насыпи от проектного заданного угла на 1 кв. м. Аппаратные средства и блок-схема системы управления представлены на рисунке 1. Эксперимент включал в себя 4 варианта технического оснащения машины АСН: экскаватор без АСН; АСН 2D система контроля; АСН спутниковая система контроля; АСН AUTO спутниковая система нивелирования.

Для каждого варианта эксперимента проводилось построение рабочих эскизов (рис. 2). Анализируя эскизы, построенные на основании измерений углов разработки насыпи, сделан вывод: чем современнее АСН, тем точнее соблюдается угол насыпи.

В целях более объективного обоснования процент отклонения действительных углов планировки насыпи от проектных значений для каждого эксперимента рассчитан по формуле:

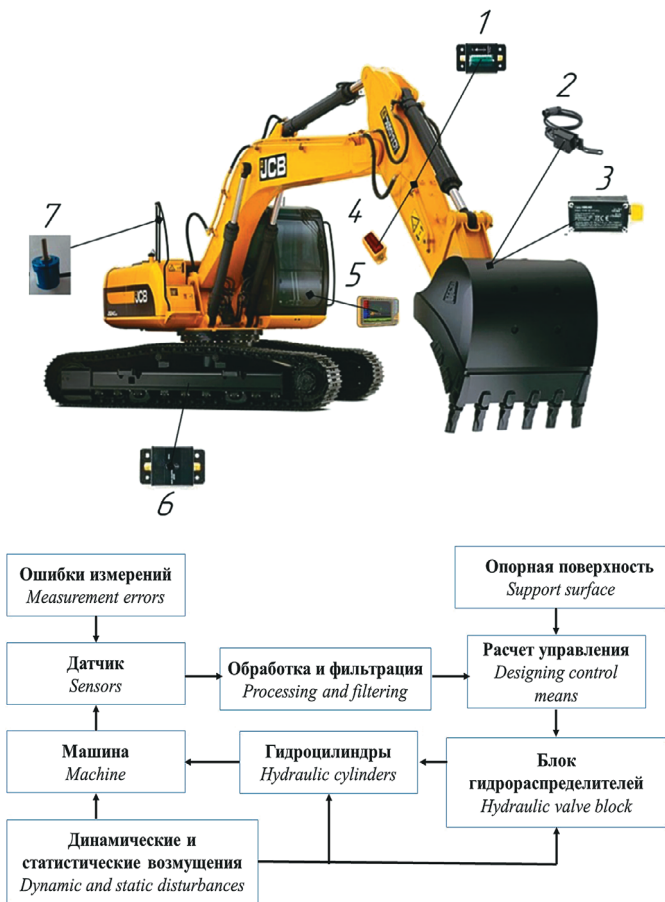
$$\beta_i = \frac{\varphi_i}{90^\circ} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $\beta_i$  – процентное отклонение фактического угла насыпи от проектного при использовании различных типов АСН;  $\varphi_i$  – угловое отклонение от проектного значения.

Медианное значение  $\omega_z$  процентного отклонения находим из выражения:

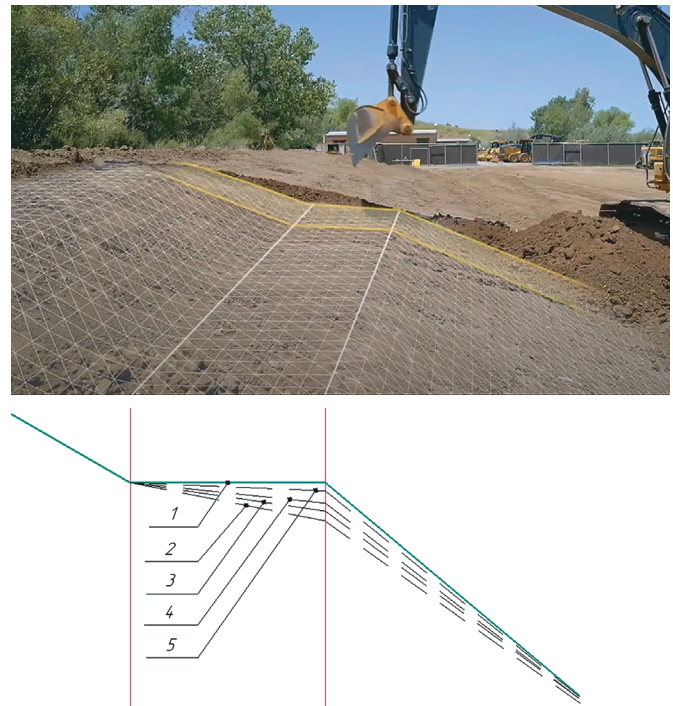
$$\omega_z = \frac{\beta_1 + \dots + \beta_{i+1}}{90^\circ} \cdot 100\%. \quad (2)$$

По результатам анализа данных разных производителей машин для мелиоративных работ установлено, что при внедрении систем автоматического нивелирования производительность техники возрастает на 200%, а точность выполняемых работ увеличилась в 2 раза.



**Рис. 1. Блок-схема системы управления технологических машин с обратной связью:**  
 1 – датчик угла; 2 – датчик наклона ковша;  
 3 – датчик ковша; 4 – приемник лазерный;  
 5 – контроллер; 6 – датчик наклона стрелы;  
 7 – датчик поворота

**Fig. 1. Block diagram of the control system of technological machines with a feedback:**  
 1 – angle sensor; 2 – bucket tilt sensor;  
 3 – bucket sensor; 4 – laser receiver; 5 – controller;  
 6 – boom tilt sensor; 7 – rotation sensor



**Рис. 2. Моделирование процесса разработки профиля насыпи:**

- 1 – заданный проектный профиль насыпи;
- 2 – профиль насыпи без применения АСН;
- 3 – профиль насыпи с применением АСН с 2D системой контроля;
- 4 – профиль насыпи с применением АСН со спутниковой системой контроля;
- 5 – профиль насыпи с применением АСН AUTO

**Fig. 2. Modeling of the embankment profile development:**

- 1 – given design profile of the embankment;
- 2 – embankment profile without the ALS use;
- 3 – embankment profile using the ALS with 2D control system;
- 4 – embankment profile using the ALS with the satellite monitoring system;
- 5 – embankment profile using the ALS AUTO

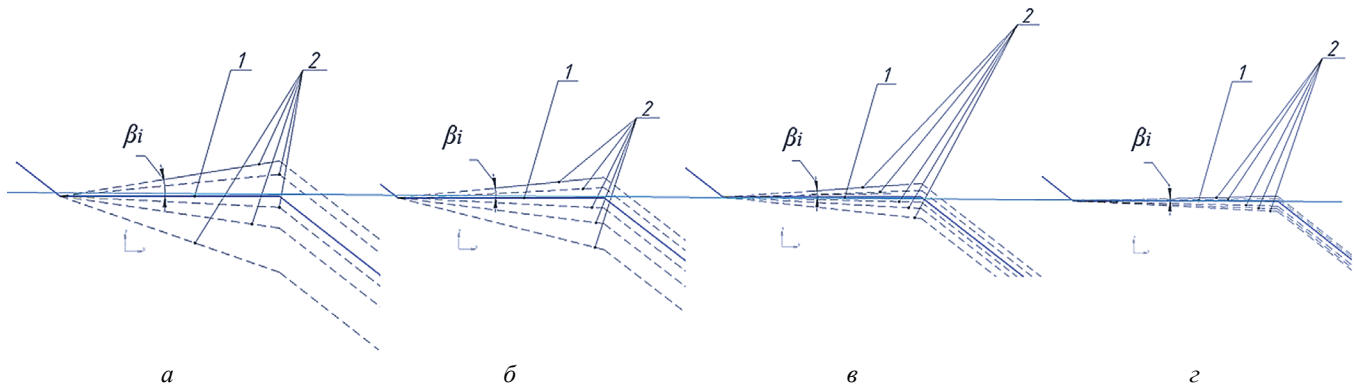
Таблица

**Отклонение фактического угла насыпи от проектного для различных типов АСН, %**

Table

**Deviation of the actual embankment angle from the design variant for various types of automatic leveling systems (ALS), %**

Вариант АСН ALS option	Порядковый номер измерения Serial number of the measurement					Среднее значение, % Average value, %
	1	2	3	4	5	
Экскаватор без АСН Excavator without the automatic leveling systems (ALS)	11	10	13	11,5	10	11,1
Экскаватор, оборудованный АСН 2D система контроля Excavator equipped with the ALS 2D control system	8	8,5	7,3	8,9	9	8,3
Экскаватор, оборудованный АСН спутниковая система контроля Excavator equipped with the ALS satellite control system	5	7	5,3	6,7	6	6
Экскаватор, оборудованный АСН AUTO спутниковая система нивелирования Excavator equipped with the ALS AUTO satellite leveling system	2	3	2,4	4	1	2,4



**Рис. 3. Моделирование профилей насыпей на основе экспериментов:**

1 – заданный проектный профиль насыпи; 2 – полученный профиль насыпи;  
 а – без АСН (эксперимент 1); б – с АСН 2D системой контроля (эксперимент 2);  
 в – с АСН спутниковой системой контроля (эксперимент 3);  
 г – с АСН AUTO спутниковой системой нивелирования (эксперимент 4)

**Fig. 3. Modeling of embankment profiles based on experiments:**

1 – given design profile of the embankment; 2 – resulting profile of the embankment;  
 а – without the ALS (experiment 1); б – with the ALS 2D control system (experiment 2);  
 в – with the ALS satellite control system (experiment 3);  
 г – with the ALS AUTO satellite leveling system (experiment 4)

### Выводы

1. Установка автоматизированных систем нивелирования совершенствует конструкцию и повышает технологические характеристики экскаватора.

2. Анализ трех основных решений: АСН 2D системы контроля, АСН спутниковой системы контроля и АСН AUTO спутниковой системы нивелирования – показал, что наиболее совершенной является последняя:

– при использовании АСН AUTO качество выполняемых работ не зависит от человеческого фактора;

– угол отклонения разрабатываемой насыпи от проектного заданного угла на 1 кв. м для экскаватора без АСН находится в пределах 11,1%, у АСН AUTO спутниковой системы нивелирования данный показатель составляет 2,4%, у АСН 2D системы контроля – 8,3%, у АСН спутниковой системы контроля – 6%.

3. Внедрение систем автоматического нивелирования позволяет увеличить производительность техники на 200%, а точность выполняемых работ в 2 раза.

### Библиографический список

1. Апатенко А.С. Влияние срока службы машин на их эксплуатационную надежность при выполнении работ // Техника и оборудование для села. 2013. № 10. С. 4-6.
2. Блохин В.С., Малич Н.Г., Дегтярев А.О. Экспозиция рынка машин для земляных и мелиоративных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. № 5. С. 334-340.
3. Бурак П.И. Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники: Науч. аналит. обзор / П.И. Бурак, И.Г. Голубев, В.Ф. Федоренко и др. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 152 с.
4. Пунинский В.С. Система машин для комплексной механизации мелиоративных работ // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. № 2. С. 43-48
5. Sevryugina N.S., Volkov E.A., Litovchenko E.P. Justification for Remote Control of Construction and Road-Making Machines. *Modern Applied Science*. 2014. 8 (5): 179-185. <https://doi.org/10.5539/mas.v8n5p179>
6. Sevryugina N.S. Technique of performing construction works by machines with hybrid: Manual and remote control. *MATEC Web of Conferences*, Warsaw: EDP Sciences, 2017. P. 00151. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711700151>

### References

1. Apatenko A.S. Vliyanie sroka sluzhby mashin na ikh ekspluatatsionnyu nadezhnost' pri vypolnenii rabot [Influence of the service life of machines on their operational reliability when performing work]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2013; 10: 4-6. (In Rus.)
2. Blokhin V.S., Malich N.G., Degtyarev A.O. Ekspozitsiya rynka mashin dlya zemlyanykh i meliorativnykh rabot [Exposition of the market of machines for earthworks and land reclamation]. *Gorniy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*, 2007; 5: 334-340. (In Rus.)
3. Burak P.I., Golubev I.G., Fedorenko V.F. et al. Sostoyaniye i perspektivy obnovleniya parka sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: Nauch. analit. obzor [State and prospects of renewal of the agricultural machinery park: Scientific analytical review]. Moscow, FGBNU "Rosinformagrotech", 2019: 152. (In Rus.)
4. Puninsky V.S. Sistema mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii meliorativnykh rabot [System of machines for complex mechanization of land reclamation]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*, 2017; 2: 43-48. (In Rus.)
5. Sevryugina N.S., Volkov E.A., Litovchenko E.P. Justification for Remote Control of Construction and Road-Making Machines. *Modern Applied Science*, 2014; 8 (5): 179-185. <https://doi.org/10.5539/mas.v8n5p179>

7. Хвалев П.С., Сатюков А.Б., Орехов С.А. Информационные технологии автоматического нивелирования в дорожно-строительной технике // Тенденции развития науки и образования. 2017. № 26-1. С. 32-34. <https://doi.org/10.18411/lj-31-05-2017-11>

8. Михайленко Д.Г., Ленивец А.Г. Современные системы автоматического нивелирования отвала бульдозера // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: Сборник статей / Под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. Самара: Самарский государственный технический университет, 2018. С. 466-470.

9. Масляницын А.П., Филатов Е.И. Совершенствование системы лазерного нивелирования отвала бульдозера // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: Сборник статей / Под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. Самара: Самарский государственный технический университет, 2019. С. 659-664.

10. Букреев И.А. Взгляд изнутри. Современные системы автоматического нивелирования для строительных машин // Строительная техника и технологии. 2011. № 8. С. 78-81.

11. Севрюгина Н.С., Миронов А.В., Апатенко А.С. Моделирование периметра обзорности с рабочего места оператора машин природообустройства на примере экскаватора // Техника и оборудование для села. 2020. № 6 (276). С. 18-21. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-6-18-21>

12. Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Цифровые системы и точность управления работоспособностью технологических машин в природообустройстве // Техника и оборудование для села. 2019. № 7. С. 35-38.

6. Sevryugina N.S. Technique of performing construction works by machines with hybrid: Manual and remote control. *MATEC Web of Conferences, Warsaw: EDP Sciences, 2017. P. 00151. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711700151>*

7. Khvalev P.S., Satyukov A.B., Orekhov S.A. Informatsionnyye tekhnologii avtomaticheskogo nivelirovaniya v dorozhno-stroitel'noy tekhnike [Information technologies of automatic leveling in road-building equipment]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya, 2017; 26-1: 32-34. <https://doi.org/10.18411/lj-31-05-2017-11>* (In Rus.)

8. Mikhailenko D.G., Lenivtsev A.G. [Modern systems for automatic leveling of the bulldozer blade]. *Traditions and innovations in construction and architecture. Building technologies: Collection of papers. Ed. by M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkov. Samara, Samarskiy gosudarstvenniy tekhnicheskiy universitet, 2018: 466-470. (In Rus.)*

9. Maslyanitsyn A.P., Filatov E.I. Sovremennye sistemy avtomaticheskogo nivelirovaniya otvala bul'dozera [Improvement of the bulldozer blade laser leveling system]. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Stroitel'nye tekhnologii: Collection of papers. Ed. by M.V. Shuvalova, A.A. Pishchuleva, A.K. Strelkov. Samara, Samarskiy gosudarstvenniy tekhnicheskiy universitet, 2019: 659-664. (In Rus.)*

10. Bukreev I.A. Vzglyad iznutri. Sovremennye sistemy avtomaticheskogo nivelirovaniya dlya stroitel'nykh mashin [Inside view. Modern systems of automatic leveling for construction machines]. *Stroitel'naya tekhnika i tekhnologii, 2011; 8: 78-81. (In Rus.)*

11. Sevryugina N.S., Mironov A.V., Apatenko A.S. Modelirovaniye perimetra obzornosti s rabocheho mesta operatora mashin prirodobustroystva na primere ekskavatora [Modeling the perimeter of visibility from the workplace of the operator of environmental engineering machines using the example of an excavator]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela, 2020; 6 (276): 18-21. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-6-18-21>* (In Rus.)

12. Apatenko A.S., Sevryugina N.S. Tsifrovyye sistemy i tochnost' upravleniya rabotosposobnost'yu tekhnologicheskikh mashin v prirodobustroystve [Digital systems and control accuracy of technological machines in environmental engineering]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela, 2019; 7: 35-38. (In Rus.)*

### Критерии авторства

Миронов А.В., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С., Ступин О.А. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и подготовили рукопись. Миронов А.В., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С., Ступин О.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 20.04.2021

Одобрена после рецензирования 12.07.2021

Принята к публикации 13.07.2021

### Contribution

A.V. Mironov, A.S. Apatenko, N.S. Sevryugina, O.A. Stupin performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. A.V. Mironov, A.S. Apatenko, N.S. Sevryugina, O.A. Stupin have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

### Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 20.04.2021

Approved after reviewing 12.07.2021

Accepted for publication 13.07.2021