

THE EFFICIENCY OF PRECISION FARMING SYSTEM APPLICATION IN PRE-SOWING TILLAGE

V. A. Smelik¹, S. D. Fomin², A. M. Zakharov³, A. N. Perekopskiy³

¹*Saint-Petersburg State Agrarian University
St. Petersburg, Russian Federation*

²*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

³*Federal Scientific Agroengineering Center VIM – branch in Saint Petersburg
St. Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: smelik_va@mail.ru

Received 23.10.2023

Submitted 24.11.2023

Summary

The main direction of intensification of agricultural production should be resource conservation and technological modernization, including through the use of "precision farming" while minimizing the impact on ecosystems and the environment.

Abstract

Introduction. The main direction of intensification of agricultural production should be resource conservation and technological modernization, including through the use of "precision farming" while minimizing the impact on ecosystems and the environment. It has been revealed that there are prerequisites for this, there are enterprises where elements of precision farming have been introduced. The analysis of the sowing campaign on a specific example of an enterprise for preparing the soil for sowing grain crops revealed factors affecting the productivity of aggregates and additional costs. Prerequisites for the introduction of precision farming elements in tillage before sowing grain crops were: a large overlap in the aisles of the units, work on the incomplete width of the tools, curved movement of the units across the field, incorrect rotation scheme of the unit with manual control. **The purpose** of the study is to identify the need for the introduction of precision farming elements during pre-sowing tillage for sowing grain crops in the North-Western region of Russia, to identify factors and shortcomings in the technology of soil preparation before sowing grain crops with a "manual control" unit on the example of an agricultural organization characteristic of the above conditions; to give options for the use of TK elements in the technology of preparation soils before sowing grain crops. **Materials and methods.** The study is based on the analysis and generalization of conclusions and theoretical approaches in the materials of the Center for Forecasting and Monitoring of the Kuban State Agrarian University and a specific agricultural producer from the Leningrad region. A relatively large, fairly well-equipped agricultural enterprise in the southern part of the Leningrad region was selected for research. Units that participated in the research for pre-sowing tillage: tractor JD6195M + disc harrow Lemken Rubin 9/500 KAU (2 units); tractor RSM2375 + disc harrow Farnet Softer 8 PS. **Results and conclusions.** The options for installing and using an automatic control system with an accuracy of 2.5 and 15 cm control units are proposed, which will ensure the absence or minimize the negative factors of "manual control". In a concrete example, fuel overspending on preparing the soil for sowing grain crops in monetary terms is 234200 rubles with manual control of the units, and with a 2.5 cm control accuracy system and an RTK station will amount to 4400 rubles.

Key words: *precision agriculture, automatic control systems, pre-sowing tillage.*

Citation. Smelik V. A., Fomin S. D., Zakharov A. M., Perekopskiy A. N. The efficiency of precision farming system application in pre-sowing tillage. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 4(72). 441-449 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-44.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.15

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ****В. А. Смелик**¹, доктор технических наук**С. Д. Фомин**², доктор технических наук**А. М. Захаров**³, кандидат технических наук**А. Н. Перекопский**³, кандидат технических наук¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация²Волгоградский государственный аграрный университет
г. Волгоград, Российская Федерация³Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства –
филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Актуальность. Основным направлением интенсификации сельскохозяйственного производства должно стать ресурсосбережение и технологическая модернизация, в том числе на основе использования «точного земледелия» при минимизации воздействия на экосистемы и окружающую среду. Выявлено, что предпосылки для этого имеются, есть предприятия, где внедрены элементы точного земледелия. Анализ посевной кампании на конкретном примере предприятия по подготовке почвы к посеву зерновых культур выявил факторы, влияющие на производительность агрегатов и дополнительные затраты. Предпосылками внедрения элементов точного земледелия при обработке почвы перед посевом зерновых культур стали: большое перекрытие на проходах агрегатов, работа на неполную ширину захвата орудий, криволинейное движение агрегатов по полю, неправильная схема разворота агрегата при ручном управлении. **Цель исследования** – выявить необходимость внедрения элементов точного земледелия при предпосевной обработке почвы для посева зерновых культур в Северо-Западном регионе России, выявить факторы и недостатки в технологии подготовки почвы перед посевом зерновых культур с «ручным управлением» агрегатом на примере сельскохозяйственной организации, характерной для приведенных условий; привести варианты использования элементов ТЗ в технологии подготовки почвы перед посевом зерновых культур. **Материалы и методы.** Исследование основано на анализе и обобщении выводов и теоретических подходов в материалах Центра прогнозирования и мониторинга Кубанского государственного аграрного университета и конкретного сельхозпроизводителя из Ленинградской области. Для исследований выбрано сравнительно крупное, достаточно хорошо оснащенное техническими средствами сельскохозяйственное предприятие в южной части Ленинградской области. Агрегаты, которые участвовали в исследованиях для предпосевной обработки почвы: трактор JD6195M + дисковая борона Lemken Rubin 9/500 KAU (2 агрегата); трактор RSM2375 + дисковая борона Farnet Softer 8 PS. **Результаты и выводы.** Предложены варианты установки и использования автоматической системы управления с точностью управления агрегатами 2,5 и 15 см, что обеспечит отсутствие или сведет к минимуму отрицательные факторы «ручного управления». В конкретном примере перерасход топлива на подготовке почвы для посева зерновых культур в денежном выражении составляет 234200 рублей при ручном управлении агрегатами, а с системой точности управления 2,5 см и станцией RTK составит 4400 рублей.

Ключевые слова: точное земледелие, автоматические системы управления, предпосевная обработка почвы.

Цитирование. Смелик В. А., Фомин С. Д., Захаров А. М., Перекопский А. Н. Эффективность применения системы точного земледелия при предпосевной обработке почвы. *Известия НВ АУК*. 2023. 4(72). 441-449. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-44.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время сельскохозяйственная отрасль, и в частности растениеводство, испытывает дефицит высококвалифицированных механизаторов, производительной техники, качественных сельскохозяйственных машин и др. Основным направлением интенсификации сельского хозяйства Северо-Западного региона РФ должно стать ресурсосбережение и технологическая модернизация, в том числе за счет использования точного земледелия (ТЗ) [1, 2].

Для внедрения системы ТЗ у товаропроизводителя на первом этапе надо провести комплексную оценку хозяйства, которая включает в себя агротехнический, технологический, экономический и почвенно-климатический анализ. Например, в Вологодской области ни в одном сельскохозяйственном предприятии такая комплексная оценка не была проведена. Для внедрения технологии ТЗ требуется взвешенный экономический подход [3, 4]. Внедрять все сразу – дорого и экономически нецелесообразно, внедрение должно осуществляться поэтапно, при этом следует просчитывать каждый этап отдельно.

Количество хозяйств, использующих элементы ТЗ, в регионах России приводятся в [5] за 2019 год, в том числе и по Северо-Западному региону (таблица 1).

Таблица 1 – Хозяйства, использующие элементы точного земледелия, в Северо-Западном регионе (2019) [5].

Table 1 – Farms using precision farming elements in the North-Western region (2019) [5].

Область	Количество хозяйств	Площадь земель, га	Оцифровано полей	Параллельное вождение	Дифференцированный посев
Архангельская	11	23593	1		8
Вологодская	45	161651	5	11	8
Ленинградская	16	27958	5	6	3
Псковская	17	50079	2	1	6

Лидером по всем приведенным показателям является Вологодская область. Например, в южных регионах России эти показатели в 10 раз выше. Элементы точного земледелия отсутствуют в Новгородской области и в Республике Карелия.

Владельцы агропромышленных предприятий, технологи, агрономы и экономисты скептически относятся к технологиям ТЗ в отношении преимуществ в экономическом аспекте (35 %), в первую очередь в начале внедрения [6-8].

Цель исследования – выявить необходимость внедрения элементов точного земледелия при предпосевной обработке почвы для посева зерновых культур в Северо-Западном регионе России.

Задачи исследований: провести анализ литературы на предмет использования элементов ТЗ в сельскохозяйственных организациях Северо-Западного региона; выявить факторы и недостатки в технологии подготовки почвы перед посевом зерновых культур с «ручным управлением» агрегатом на примере сельскохозяйственной организации, характерной для приведенных условий; привести варианты использования элементов ТЗ в технологии подготовки почвы перед посевом зерновых культур.

Материалы и методы. Исследование основано на анализе и обобщении выводов и теоретических подходов, имеющих в научной литературе, а также на материалах Центра прогнозирования и мониторинга Кубанского государственного аграрного университета и конкретного сельхозпроизводителя из Ленинградской области [1, 5, 9, 10].

Для исследований выбрано сравнительно крупное, достаточно хорошо оснащенное техническими средствами сельскохозяйственное предприятие в южной части Ленинградской области.

Посевная площадь, занятая под зерновыми культурами, составляет, 1450 га, в том числе яровые культуры – 900 га, озимые культуры – 550 га.

Агрегаты, которые участвовали в исследованиях для предпосевной обработки почвы:

- трактор JD6195M + дисковая борона Lemken Rubin 9/500 KAU (2 агрегата);
- трактор RSM2375 + дисковая борона Farmet Softer 8 PS.

В исследовании использовались инструменты, перечисленные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень инструментов, использованных в исследовании

Table 2 – List of tools used in the study

№пп	Наименование приборов	Пределы и точность измерений прибора
1	Метеостанция Davis Vantage Pro2 с датчиками влажности почвы Sentek Drill & Drop 900 мм	Диапазон температур от -40 °С до 65 °С, точность измерения температуры $\pm 0,5$ °С; диапазон выпадения осадков от 0 до 6553 мм, точность выпадения осадков – более 4%.
2	Линейка измерительная металлическая 500 мм ГОСТ 427-75	0-500 мм, $\pm 0,5$ мм
3	Стальная измерительная рулетка	0-10 м

Предварительный анализ весенней посевной кампании выявил факторы, влияющие на производительность агрегатов, дополнительные затраты на топливо, время на гектар площади из-за следующих причин:

- a. Большое перекрытие на примыкающих проходах.
- b. Работа на неполную ширину захвата.
- c. Криволинейное движение агрегатов по полю.
- d. Схема разворота в конце гона с помощью приема «восьмерка».
- e. Организация движения по полю.

Рассмотрим перечисленные причины более подробно.

Результаты исследований. Перечисленные причины: (a) – большое перекрытие на примыкающих проходах и (b) – работа на неполную ширину захвата, можно определить экспериментально.

При обработке почвы под яровые зерновые культуры агрегатами на площади 900 га площадь, обработанная дважды, составила 169 га или 18%:

- тракторы JD6195M + дисковая борона Lemken Rubin 500 KAU (конструктивная ширина захвата 5 м). Двойное перекрытие составляло от 60 до 100 см. Эффективная ширина захвата – 4,4 – 4,0 м (рисунок 1);

- трактор RSM2375 + дисковая борона Farmet Softer 8 PS (конструктивная ширина захвата 7,65 м). Двойное перекрытие составляло от 80 до 120 см. Эффективная ширина захвата – 6,85-6,45 м.

Перерасход затрат на предпосевную обработку почвы 900 га при ручном и автоматизированном управлении «Autopilot» агрегатами представлен в табл.3. Стоимость топлива составляет 63 руб/л, расход топлива – 22 л/га.

Из таблицы 3 видно, что при точности вождения с «Autopilot» 15 см перерасход затрат составит 62400 рублей, а с точностью 2-3 см – 4400 рублей в отличие от ручного управления – 234200 рублей.

Рассмотрим пункт (c) предыдущего раздела – Криволинейное движение агрегатов по полю. Эту величину трудно рассчитать в цифровом выражении, но следует отметить следующее:

- увеличенная длина пути, пройденная агрегатом;
- дополнительные затраты мощности в трансмиссии трактора;
- физическая нагрузка на механизатора за счёт поворота рулевого колеса.

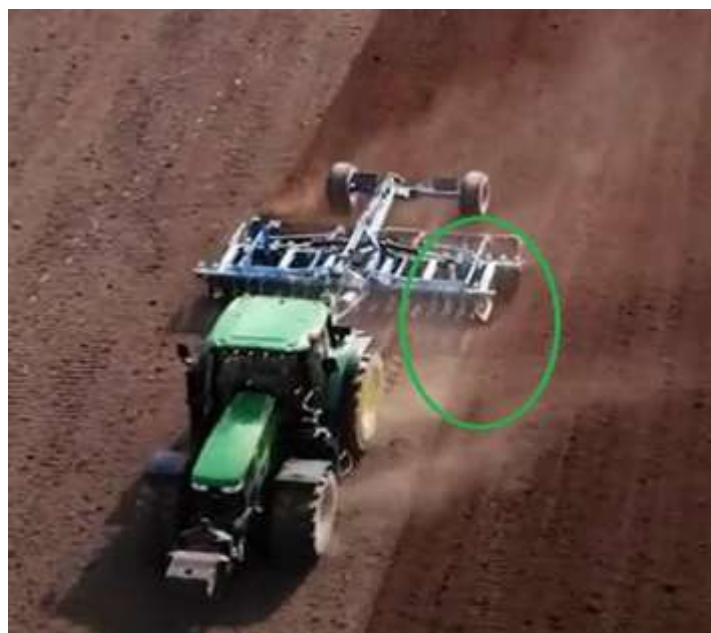


Рисунок 1 – Площадь, обработанная дважды агрегатами JD6195M + Lemken Rubin 500 KAU и RSM2375 + Farnet Softer 8 PS

Figure 1 – Platform processed by two programmers JD6195M + Lemken Rubin 500 KAY and RSM2375 + Softer8 PS format

Таблица 3 – Данные по дополнительным затратам топлива на предпосевную обработку почвы при ручном и автоматическом управлении

Table 3 – Data on additional fuel costs for pre-sowing tillage with manual and automatic control

Затраты	Ручное управление	«Autopilot» с точностью 15 см	«Autopilot» с точностью 2-3 см
Площадь, обработанная дважды, га	169,0	45,0	3,2
Затраченные средства на топливо, тыс. руб.	234,2	62,4	4,4

Рассмотрим пункты (d) и (e) предыдущего раздела – Схема разворота в конце гона с помощью приема «восьмерка», организация движения по полю. Автоматический разворот позволяет трактору с установленной системой «Autopilot» рассчитать наиболее оптимальный маршрут разворота и выхода на следующий проход.

Представим несколько технических и технологических решений для комплектования одного сельскохозяйственного агрегата элементами точного земледелия, как минимум для автоматического вождения на поле. Необходимо отметить, что телефонная связь и интернет в большинстве сельскохозяйственных предприятий плохо работает вдали от крупных автомобильных дорог.

Приходится надеяться на использование спутниковой связи. Вот несколько вариантов использования: Trimble RP RTX с точностью 15 см – 65000 рублей в год, Trimble CP RTX с точностью 2-3 см – 120000 рублей в год; JD SF3 с точностью 2-3 см – 20000 рублей в месяц. Эти цены были в начале 2022 года. Провайдеры России предлагают также некоторые решения: NTRIP на один месяц за 4800 рублей, EFT Cons. – 40000 рублей за год.

Главным образом техническая система, устанавливаемая на трактор, состоит из дисплея, антенны, датчиков и подруливающего устройства. Например, система Trimble GFX-750 стоит 1,6 млн рублей, система FJD стоит 500000 рублей и станция RTK – 500000 рублей для достижения точности 2,5 см на дальность 15 км.

В конце 2022 и в 2023 году предлагаются другие решения, основанные на российских и китайских технических и технологических решениях [11, 12]. Например, Shanghai AllyNav Technology предлагает автоматическую систему управления AF-305 по цене от 500000 рублей. Важно отметить, что система использует новейший NSS-приёмник со встроенным гироскопом и радиомодемом вместо двойной GNSS-антенны. Базовая станция RTK AllyNav с радиусом до 30 км стоит 350000 рублей. Приобретение станции необходимо в одном или двух экземплярах.

Возвращаясь к нашему варианту проведения предпосевной обработки почвы под зерновые культуры необходимо, как минимум, три единицы системы, станцию RTK, оплату связи трех единиц техники на месяц (обычно оплачивается весь год для отслеживания нахождения техники и выполнения других работ по посеву культур, кошению трав, внесению удобрений). Монтаж и техническое сопровождение названных систем требует специалиста и обучения персонала. По предложению дилеров такой комплекс услуг обойдется для предприятия в 2,3 млн рублей. Дополнительно каждый год необходимо платить за связь и обслуживание трех единиц системы в размере 180000 рублей.

Как мы уже выяснили, перерасход топлива составляет 234200 рублей при ручном управлении агрегатами, а с системой точности управления 2,5 см и станцией RTK составит 4400 рублей. Окупаемость «Autopilot» (automatic control system) на весенней предпосевной обработке почвы под зерновые культуры составит десять лет. Стоит отметить, что системы могут использоваться и на других сельскохозяйственных работах (посев, кошение, внесение удобрений) [13-15].

Заключение. Анализ литературных источников и опрос технологов растениеводства, агрономов и экономистов показал, что они осторожно относятся к внедрению ТЗ по экономическим показателям, как минимум в начале внедрения. Необходимо повышение информированности специалистов хозяйств (владелец предприятия, исполнительный директор, агрономы, инженеры, механизаторы) на конкретных примерах использования ТЗ.

Анализ технологических процессов подготовки почвы выявил факторы, влияющие на производительность агрегатов и дополнительные затраты на топливо по следующим причинам: большое перекрытие на примыкающих проходах при обработке почвы до 120 см; работа на неполную ширину захвата агрегата; криволинейное движение агрегатов по полю; схема разворота в конце гона нерациональная.

Предложены варианты установки и использования автоматической системы управления с точностью управления агрегатами 2,5 и 15 см, что обеспечит отсутствие или сведет к минимуму отрицательные факторы «ручного управления». В конкретном примере перерасход топ-

лива на подготовке почвы для посева зерновых культур в денежном выражении составляет 234200 рублей при ручном управлении агрегатами, а с системой точности управления 2,5 см и станцией RTK составит 4400 рублей.

Conclusions. An analysis of literature sources and a survey of crop technologists, agronomists and economists showed that they are cautious about the implementation of SOWs in terms of economic indicators, at least at the beginning of implementation. It is necessary to increase the awareness of farm specialists (enterprise owner, executive director, agronomists, engineers, machine operators) on specific examples of the use of TA.

Analysis of the technological processes of soil preparation revealed factors affecting the productivity of the units and additional fuel costs for the following reasons: a large overlap on adjacent passages during soil cultivation up to 120 cm; operation for incomplete width of the unit grip; curvilinear movement of aggregates along the field; the scheme of turning at the end of the rut is irrational.

Versions of installation and use of automatic control system with control accuracy of units 2.5 and 15 cm are proposed, which will ensure absence or minimize negative factors of "manual control." In a specific example, fuel overspend on soil preparation for sowing grain crops in monetary terms is 234,200 rubles with manual control of units, and with a 2.5 cm control accuracy system and RTK station it will be 4400 rubles.

Библиографический список

1. Рудой Е. В., Петухова М. С., Рюмкин С. В., Труфляк Е. В., Курченко Н. Ю. Научно-обоснованный прогноз развития точного земледелия в России. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. 138 с.
2. Лагун А. А., Шилова И. Н. Предпосылки и экономическая эффективность внедрения системы точного земледелия в сельскохозяйственных предприятиях Вологодской области. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (57). С. 217-226.
3. Смелик В. А., Теплинский И. З., Поликарпов М. Н., Смелик О. В., Врублевский В. Д. Технологические и программные средства управления технологическими машинами в растениеводстве в системах точного земледелия. Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем. Москва, 2012. С. 700-704.
4. Лагун А. А., Шилова И. Н. Экономическое обоснование и необходимость внедрения системы точного земледелия в сельскохозяйственных предприятиях Вологодской области. Journal of Economy and Business. 2019. Т. 7. С. 90-96.
5. Труфляк Е. В. Рейтинг регионов по использованию элементов точного сельского хозяйства. Краснодар: КубГАУ, 2020. 37 с.
6. Смелик В. А., Цыганова Н. А., Теплинский И. З. Внесение минеральных удобрений в точном земледелии. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. № 3. С. 38-40.
7. Завиваев Н. С., Якимова О. Ю., Мансуров А. П. Кластерный анализ эффективности использования элементов точного сельского хозяйства. Вестник НГИЭИ. 2021. № 12 (127). С. 82-94.
8. Murdoch A. J., Todman L., et al. Predicting the probability that higher profits could be achieved by adopting PA. Precision agriculture'21. 2021. P. 984.
9. Якушев В. П., Якушев В. В., Матвеев Д. А. Интеллектуальные системы поддержки технологических решений в точном земледелии. Земледелие. 2020. № 1. С. 33-37.
10. Смелик В. А., Цыганова Н. А., Теплинский И. З. Дифференцированное внесение минеральных удобрений в точном земледелии. Вестник МГАУ имени В. П. Горячкина. 2015. № 3 (67). С. 7-10.
11. Automatic control system AF-305. <https://поле.рф/agricultural-products/214/c4d9d4b4-f353-4b27-993e-4baf324ed69b>.
12. Navigation system FJ Dynamics. <https://поле.рф/agricultural-products/214/17dc45ee-76fb-443a-b02f-fe46aa023a49>.
13. Rakun J., Rihter E., Kelc D., Denis S., Vindiš P., Berk P., et al. Possibilities and concerns of implementing precision agriculture technologies on small farms in Slovenia. Int J Agric & Biol Eng. 2022. № 15 (3). Pp. 16-21.

14. Hundal G., Laux C., Buckmaster D., Sutton M., Langemeier M. Exploring Barriers to the Adoption of Internet of Things-Based Precision Agriculture Practices. *Agriculture*. 2023. № 13. 163 p.

15. Сутугина И. М., Смелик В. А. Информационное обеспечение кадастра недвижимости и точного земледелия по материалам аэрофотосъемки. Санкт-Петербург, 2016. 198 с.

References

1. Rudoy E. V., Petukhova M. S., Ryumkin S. V., Truflyak E. V., Kurchenko N. Y. Scientifically substantiated forecast of the development of precision agriculture in Russia. Novosibirsk: IC NGAU "Golden Ear," 2021. 138 p.

2. Lagun A. A., Shilova I. N. Background and economic efficiency of the introduction of the precision farming system in agricultural enterprises of the Vologda region. *Bulletin of Voronezh State Agrarian University*. 2018. № 2 (57). Pp. 217-226.

3. Smelik V. A., Teplinsky I. Z., Polikarpov M. N., Smelik O. V., Vrublevsky V. D. Technological and software tools for controlling technological machines in crop production in precision farming systems. *Modernization of agricultural production based on innovative machine technologies and automated systems*. Moscow, 2012. Pp. 700-704.

4. Lagun A. A., Shilova I. N. Economic justification and the need to introduce a system of precision agriculture in agricultural enterprises of the Vologda region. *Journal of Economy and Business*. 2019. V. 7. Pp. 90-96.

5. Truflyak E. V. Rating of regions on the use of elements of accurate agriculture. Krasnodar: KubGAU, 2020. 37 p.

6. Smelik V. A., Tsyganova N. A., Teplinsky I. Z. Application of mineral fertilizers in accurate agriculture. *Agricultural machinery and technology*. 2012. № 3. Pp. 38-40.

7. Zavivaev N. S., Yakimova O. Yu., Mansurov A. P. Cluster analysis of the effectiveness of using elements of accurate agriculture. *NGIEI Bulletin*. 2021. № 12 (127). Pp. 82-94.

8. Murdoch A. J., Todman L., et al. Predicting the probability that higher profits could be achieved by adopting PA. *Precision agriculture'21*. 2021. P. 984.

9. Yakushev V. P., Yakushev V. V., Matveenko D. A. Intelligent systems for supporting technological solutions in accurate agriculture. *Agriculture*. 2020. № 1. Pp. 33-37.

10. Smelik V. A., Tsyganova N. A., Teplinsky I. Z. Differentiated application of mineral fertilizers in accurate agriculture. *Bulletin of the Moscow State Autonomous University named after V.P. Goryachkin*. 2015. № 3 (67). Pp. 7-10.

11. Automatic control system AF-305. <https://поле.рф/agricultural-products/214/c4d9d4b4-f353-4b27-993e-4baf324ed69b>.

12. Navigation system FJ Dynamics. <https://поле.рф/agricultural-products/214/17dc45ee-76fb-443a-b02f-fe46aa023a49>.

13. Rakun J., Rihter E., Kelc D., Denis S., Vindiš P., Berk P., et al. Possibilities and concerns of implementing precision agriculture technologies on small farms in Slovenia. *Int J Agric & Biol Eng*. 2022. № 15 (3). Pp. 16-21.

14. Hundal G., Laux C., Buckmaster D., Sutton M., Langemeier M. Exploring Barriers to the Adoption of Internet of Things-Based Precision Agriculture Practices. *Agriculture*. 2023. № 13. 163 p.

15. Sutugina I. M., Smelik V. A. Information support of the real estate cadastre and precision agriculture based on aerial photography materials. St. Petersburg, 2016. 198 p.

Информация об авторах

Смелик Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 196601, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2А), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5004-9457>, e-mail: smelik_va@mail.ru

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Захаров Антон Михайлович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела «Агротехнологии в растениеводстве», институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3501-0543>, e-mail: bauermw@mail.ru

Перекопский Александр Николаевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела «Агротехнологии в растениеводстве», институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0998-2306>, e-mail: aperekopskii@mail.ru

Author's Information

Smelik Viktor Aleksandrovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, "St. Petersburg State Agrarian University" (Russian Federation, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe sh., 2A), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5004-9457>, e-mail: smelik_va@mail.ru

Fomin Sergey Denisovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Zakharov Anton Mikhailovich, Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher of the Department "Agrotechnologies in Crop Production", Federal Scientific Agroengineering Center VIM – branch in Saint Petersburg (Russian Federation, 196634, St. Petersburg, p. Tyarlevo, Filtrovskoye sh., 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3501-0543>, e-mail: bauermw@mail.ru

Perekopskiy Aleksander Nikolaevich, Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher of the Department "Agrotechnologies in Crop Production", Federal Scientific Agroengineering Center VIM – branch in Saint Petersburg (Russian Federation, 196634, St. Petersburg, p. Tyarlevo, Filtrovskoye sh., 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0998-2306>, e-mail: aperekopskii@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-45

ANALYSIS OF NATURAL CONDITIONS AND THE CURRENT STATE OF THE PORTALS OF THE TUNNEL OF THE DON MAIN CANAL

A. A. Tkachev, N. A. Shelestova, S. Yu. Pazynych, K. I. Klyuchenko

*Novocherkassk Reclamation Engineering Institute named after A. K. Kortunov –
branch of the Don State Agrarian University
Novocherkassk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: gts_i_sm.nimi@mail.ru

Received 05.07.2023

Submitted 30.09.2023

Summary

The article presents the results of the natural installation of complex threads of the tunnel of the Don main canal in the Rostov region. For the area under consideration, an analysis of the landscape, geomorphological, climatic conditions, factors, the most likely potential objects affecting the safety of the object was carried out. It is recommended to develop and implement observations on the management and maintenance of facilities, which can lead to self-established regular schedules for inspections, maintenance and repair work, as well as the establishment of a monitoring system for the condition of the three sensor strings to check for verification and application problems.

Abstract

Introduction. The paper analyzes the natural conditions and the results of field surveys of the construction of the northern portal of the tunnel at PK 306+60 and the construction of the southern portal of the tunnel at PK 367+40. It has been established that the supply of water to the Don main canal during the