

## ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ РАБОТЫ АГРЕГАТА ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

### REMOTE MONITORING OF THE OPERATION OF A UNIT FOR SUBSOIL APPLICATION OF LIQUID MINERAL FERTILIZERS IN THE ALTAI REGION

**Ключевые слова:** дистанционный мониторинг МТА, цифровизация, телематика, ликвилайзер, внутрипочвенное внесение удобрений, жидкие минеральные удобрения, расход топлива, выработка МТА, рабочая скорость движения, простои, производительность.

Цифровые технологии являются одним из перспективных направлений развития сельского хозяйства и оптимизации управления производственными процессами. Для их успешной реализации необходимы создание цифровых баз данных о выполнении технологических операций при возделывании полевых культур и разработка программного обеспечения для обработки и анализа. Точное земледелие на основе ГИС-технологий обеспечивает техническое управление работами, учитывающее особенности полевых условий и получающее все большее распространение. В результате сокращается время выполнения работ, самовольный слив топлива, уменьшается время простоя машин, повышается качество работы на месте, снижается человеческий фактор, повышается производительность труда и т.д. При этом увеличивается урожайность сельскохозяйственных культур. Целью работы является количественная оценка эксплуатационных показателей работы агрегата для внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений фирмы «Duport» в условиях хозяйства с использованием компьютера агрегата и передачи данных блоком телематики. На базе хозяйства в период посевной кампании 2022 г. проводился дистанционный спутниковый мониторинг работы ликвилайзера «Duport». На основе анализа полученных данных ежесменного учета работы агрегатов в течение периода выполнения полевых работ установлены зависимости общего расхода ГСМ и выработки МТА, получены их статистики и определены составляющие баланса времени смены. Выявлено влияние видов культур, на показатели производительности МТА и расхода топлива на единицу обработанной площади. Таким образом, дистанционный контроль работы посевного агрегата позволяет проводить сравнительную оценку показателей использования при возделывании сельскохозяйственных культур, оценку энергетической и технико-экономической эффективности, быстрое и

качественное планирование полевых работ в сжатые агротехнические сроки.

**Keywords:** remote monitoring of machine-tractor units, digitalization, telematics, liquidizer, subsurface fertilization, liquid mineral fertilizers, fuel consumption, output of machine-tractor unit, operating speed, downtime, performance.

Digital technologies are the promising areas for the development of agriculture and optimization of production process management. For their successful implementation, it is necessary to create digital databases on the performance of technological operations in field crop cultivation and develop software for processing and analysis. Precision agriculture based on GIS technologies provides technical management of the operations; it takes into account the characteristics of field conditions and becomes more widespread. The advantages are as following: performance time is reduced, unauthorized fuel discharge is eliminated, machine downtime is reduced, work quality on site is improved, human factor is reduced, labor productivity is increased, etc. This increases crop yields. The research goal is to quantify the operational performance of the unit for subsoil application of liquid mineral fertilizers by Duport the company under farm conditions with the use of on-board computer and data transmission by the telematics device. Under field conditions, during the sowing campaign of 2022, remote satellite monitoring of the operation of the Duport liquidizer was carried out. Based on the analysis of the obtained data of the shift accounting of unit operation during the period of field work, the dependences of the total fuel and lubricant consumption and the machine-tractor unit output were determined, their statistics were obtained, and the components of the shift time distribution were determined. The research revealed the influence of crop types on the performance indices of machine-tractor units and fuel consumption per unit of cultivated area. Therefore, the remote control of the sowing unit operation enables comparative evaluation of the performance indices at crop cultivation, evaluation of energy, technical and economic efficiency, fast and high-quality planning of field work in a short agrotechnical time frame.

**Беляев Владимир Иванович**, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

**Прокопчук Роман Евгеньевич**, аспирант, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: roman.prokopchuk.2015@mail.ru.

**Belyaev Vladimir Ivanovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: prof-belyaev@yandex.ru.

**Prokopchuk Roman Evgenovich**, post-graduate student, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: roman.prokopchuk.2015@mail.ru.

### Введение

В настоящее время внедрение цифровых технологий рассматривается как одно из перспективных направлений развития сельского хозяйства, позволяющих вывести его на совершенно новый уровень. Точное земледелие на основе ГИС-технологий обеспечивает техническое управление работами, учитывающее особенности полевых условий и получающее все большее распространение. При этом сокращается время выполнения работ, самовольный слив топлива, уменьшается время простоя машин, повышается качество работы на месте, снижается человеческий фактор, повышается производительность труда и т.д. В результате увеличивается урожайность сельскохозяйственных культур [1].

Алтайский край – пилотный регион в рамках Федеральной программы цифровизации сельского хозяйства, а Алтайский государственный аграрный университет – базовая площадка для ее реализации. Сегодня, согласно плану, проводятся исследования для понимания почвенных условий, построения карт плодородия, карт урожайности и карт будущей прибыли для каждого участка сельскохозяйственных угодий, а также оцифровка учета работы машинно-тракторных агрегатов при выполнении полевых работ.

Биологическое состояние растения и наличие сорняков отслеживаются в режиме реального времени специальными сканирующими устройствами, сенсорами и датчиками для каждого конкретного участка обрабатываемых полей, и на основе полученных данных определяется необходимое количество удобрений, семян и применение средств защиты растений. Для обеспечения необходимой точности хода агрегатов при посеве большое внимание уделяется внедрению технологий параллельного хода и автопилота на основе системы GPS-навигации.

Одним из важных направлений цифровизации является удаленный мониторинг выполнения полевых работ, поэтому при внедрении цифровых технологий, в том числе точного земледелия, очень важно различать по полям и

анализировать большой объем данных, поступающих с различных датчиков учета и контроля [2-7].

**Целью** работы является количественная оценка эксплуатационных показателей работы агрегата для внесения жидких минеральных удобрений в условиях хозяйства.

### Задачи:

- оценить статистики изменения оценочных показателей работы МТА;
- выявить зависимости выработки и расхода топлива агрегатов в условиях эксплуатации;
- сравнить показатели работы МТА при внесении минеральных удобрений в дневную и ночную рабочие смены.

### Объекты и методы

Оценка работы ливелизера «Duport» в 2022 г. проводилась в ООО «Бочкари Агро» Целинного района Алтайского края. Техника оборудована спутниковой навигацией и датчиками контроля и учета работы МТА в реальном режиме времени. Хозяйствами предоставлены сводные ведомости ежесменного учета работы агрегатов в течение всей посевной, энергосредства и посевной машины, общего расхода ГСМ, выработки, скорости движения и структуры рабочего времени.

Проводился учет отдельных составляющих баланса времени смены, показателей выработки МТА и расхода топлива.

Полученные результаты обрабатывались на компьютере по программе «Статистика» с целью установления имеющихся связей и определения статистических показателей работы.

### Результаты исследования

В период работы агрегата с 29 апреля по 12 мая и 26 мая по 15 июня 2022 г. «Duport» агрегатировался с трактором Valtra T234 (рис.). Проводилось внутрпочвенное внесение жидких минеральных удобрений (КАС-32). В первый период проводилась предпосевное внесение жидких удобрений, во второй период – удобрения по вегетации.



Рис. Машинно-тракторный агрегат Valtra T234 + «Duport»

Удобрение карбамидно-аммиачная смесь в дозе 150 л/га вносили под зерновые культуры (пшеница и ячмень). Работа агрегата выполнялась в 2 смены: смена 1 – с 8:00 до 20:00 ч, смена 2 – с 20:00 до 8:00 ч.

Средние значения выходных показателей работы агрегата в предпосевной и вегетационный периоды внесения удобрений при работе в дневную и ночную смены приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Показатели работы агрегата Valtra T234 + «Duport» в предпосевной период (29.04-12.05.2022 г.)

Смена	Работа				Тпр, час	Перегоны			Итого	
	пробег, км	S, га	Vp, км/ч	Q, л		T, час	L, км	Q, л	пробег, км	расход, л
Дневная	61,79	75,56	9,43	-	4,13	0,23	3,50	-	65,30	-
Ночная	73,44	84,04	9,08	-	2,45	0,30	4,24	-	77,68	-
М	67,62	79,80	9,26	-	3,29	0,27	3,87	-	71,49	-

Таблица 2

Показатели работы агрегата Valtra T234 + «Duport» в вегетационный период (26.05-15.06.2022 г.)

Смена	Работа				Тпр, час	Перегоны			Итого	
	пробег, км	S, га	Vp, км/ч	Q, л		T, час	L, км	Q, л	пробег, км	расход, л
Дневная	63,70	75,82	8,91	157,04	3,65	0,58	9,03	2,70	72,73	159,40
Ночная	74,75	90,07	8,67	185,05	3,67	0,48	6,34	1,11	81,09	186,01
М	69,23	82,95	8,79	171,05	3,66	0,53	7,69	1,91	76,91	172,71

Примечание. S – средняя обработанная площадь за смену, га; Vp – средняя рабочая скорость движения агрегата, км/ч; Q – средний расход топлива за смену, л; Тпр – среднее время простоев, ч.

Проведенный анализ показывает, что при работе агрегата в предпосевной период в дневную смену средняя рабочая скорость движения была выше на 0,35 км/ч, чем в ночную, или на

3,9% (9,43 против 9,05 км/ч соответственно). При этом время простоев было выше в среднем на 1,68 ч, или на 68,6% (4,13 и 2,45 ч соответственно), а перегоны составили 0,23 и 0,30 ч

соответственно. В результате выработка за смену получена ниже на 8,58 га, или на 10,2% (75,56 и 84,04 соответственно).

При работе агрегата в вегетационный период в дневную смену рабочая скорость движения агрегата была выше на 0,24 км/ч, чем в ночную, или на 2,8% (8,91 против 8,67 км/ч соответственно). Время простоев при этом было практически одинаковым (3,65 и 3,67 ч соответственно), а время перегонов было выше в дневную смену на 0,10 ч, или 20,8%. Как результат, выработка агрегата в ночную смену получена выше на 4,25 га, или 4,7% (75,82 и 90,07 га соответственно). Расход топлива на 1 га обработанной площади при работе в дневную и ночную смены различался незначительно (2,10 и 2,07 л/га соответственно).

Средние значения рабочей скорости движения агрегата при предпосевной работе были выше, чем по вегетации, на 8,3% (9,26 и 8,79 км/ч соответственно), время простоев ниже на 0,37 ч (3,29 и 3,66 ч соответственно). При этом время перегонов было выше почти в 2 раза (0,27 и 0,53 ч соответственно). В результате средняя выработка агрегата при двухсменной работе получена 159,6 и 165,9 га соответственно на предпосевной обработке и обработке по вегетации.

Таким образом, полученные данные эксплуатационных показателей работы агрегата для внесения жидких минеральных удобрений позволят более рационально планировать полевые работы и обеспечить их эффективное выполнение в заданные агротехнические сроки, создавая предпосылки повышения урожайности сельскохозяйственных культур и снижения себестоимости производства зерна.

### Заключение

1. Цифровизация технологических процессов в сельском хозяйстве является одним из приоритетов АПК, позволяющим перейти сельскому хозяйству на качественно новый уровень управления производством.

2. Дистанционный контроль работы посевного агрегата позволяет проводить сравнительную оценку показателей использования при возделывании сельскохозяйственных культур, оценку энергетической и технико-экономической эффективности, быстрое и качественное планирование полевых работ в сжатые агротехнические сроки.

### Библиографический список

1. Цифровизация – современный этап в развитии и эффективности использования сельхозмашин Амазоне / В. Э. Буксман, Д.В. Рудой, В. В. Портнов, А. В. Ольшевская. – Текст: непосредственный // Сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции «Интерагромаш-2019» ДГТУ. – Ростов-на-Дону. – С. 14-20.

2. Беляев В.И. Современная техника и информационные технологии в земледелии Алтайского края / В. И. Беляев. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 8 (166). – С. 158-162.

3. Беляев, В. И. Сравнительная технико-экономическая оценка посевных агрегатов точного высева на базе тракторов «Кировец» / В. И. Беляев, Р. Н. Бачурин, Д. А. Яковлев. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 8 (190). – С. 115-118.

4. Belyaev V.I., Dubinin D.V., Ivanov S.A., Chernyshkov V.N., Sokolova L.V., Matsyura A.V. Effect of fertilizer application schemes on wheat production. The case of Altai Krai // Ukrainian Journal of Ecology. – 2020. – No. 10 (4): 269–272.

5. Belyaev, V., Grunwald, L.-C., Akshalov, K., Sokolova, L. (2020). Modernization of Current Agricultural Technologies of Grain Production under the Conditions of a Steppe Zone of the Altai Region. In: Kulunda: Climate Smart Agriculture. South Siberian Agro-steppe as Pioneering Region for Sustainable Land Use. DOI: 10.1007/978-3-030-15927-6\_25.

6. Belyaev, V., Sokolova, L. (2021). Soil water regime, yield and grain quality of spring wheat using the direct sowing technology in the steppe zone of Altai Krai. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 659. 012024. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012024.

7. Беляев, В. И. Основные направления совершенствования сельскохозяйственной техники предприятий Алтайского кластера аграрного машиностроения для реализации берегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур / В. И. Беляев, Л. В. Соколова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 7 (165). – С. 137-147.

## References

1. Buksman V.E., Rudoj D.V., Portnov V.V., Olshetskaya A.V. Tsifrovizatsiya – sovremennyy etap v razvitii i effektivnosti ispolzovaniya selkhoz mashin Amazone // Sbornik nauchnykh trudov HKHII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Interagromash-2019», DGTU. – Rostov-na-Donu. – S. 14-20.
2. Belyaev V.I. Sovremennaya tekhnika i informacionnye tekhnologii v zemledelii Altajskogo kraja // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 8 (166). – S. 158-162.
3. Belyaev V.I., Bachurin R.N., Yakovlev D.A. Sravnitel'naya tekhniko-ekonomicheskaya otsenka posevnykh agregatov tochnogo vyseva na baze traktorov «Kirovets» // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – No. 8 (190). – S. 115-118.
4. Belyaev V.I., Dubinin D.V., Ivanov S.A., Chernyshkov V.N., Sokolova L.V., Matsyura A.V. Effect of fertilizer application schemes on wheat production. The case of Altai Krai // Ukrainian Journal of Ecology. – 2020. – No. 10 (4): 269–272.
5. Belyaev, V., Grunwald, L.-C., Akshalov, K., Sokolova, L. (2020). Modernization of Current Agricultural Technologies of Grain Production under the Conditions of a Steppe Zone of the Altai Region. In: Kulunda: Climate Smart Agriculture. South Siberian Agro-steppe as Pioneering Region for Sustainable Land Use. DOI: 10.1007/978-3-030-15927-6\_25.
6. Belyaev, V., Sokolova, L. (2021). Soil water regime, yield and grain quality of spring wheat using the direct sowing technology in the steppe zone of Altai Krai. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 659. 012024. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012024.
7. Belyaev V.I., Sokolova L.V. Osnovnye napravleniya sovershenstvovaniya selkhozaystvennoj tekhniki predpriyatij Altajskogo klastera agrarnogo mashinostroeniya dlya realizacii sberegayushchih tekhnologij vozdeleyvaniya selkhozaystvennykh kultur // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 7 (165). – S. 137-147.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-316-90013/20.*

