ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОХОДНОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ОБОРУДОВАННОГО СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОЖДЕНИЯ

*Ю.В. Полищук, канд. техн. наук; Н.В. Лаптев, магистр сельского хозяйства;
А.П. Комаров, магистр сельскохозяйственных наук*

Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии»,
г. Костанай, Республика Казахстан, тел. (87142) 558146, e-mail y.polishchuk.62@mail.ru

Точное земледелие позволяет сократить затраты на внесение удобрений, семена, средства защиты растений и горюче-смазочные материалы в среднем на 20%. В настоящее время на рынке Республики Казахстан предлагают также различные элементы системы точного земледелия, как системы параллельного и автоматического вождения, контроля высева семян, картирования урожайности, дифференцированного внесения минеральных удобрений и СЗР, GPS-трекер с датчиком уровня топлива. При этом не до конца изучены возможности получения эффективности от применения систем точного земледелия в определенных условиях их использования. В статье приведены результаты сравнительных испытаний опрыскивателя самоходного на химической прополке посевов пшеницы и льна в условиях Северного Казахстана. Методика проведения сравнительных испытаний основывалась на требованиях государственных стандартов. В процессе проведения сравнительных испытаний определялись их условия, агротехнические, энергетические, эксплуатационно-технологические и экономические показатели опрыскивателя самоходного, оборудованного системой автоматического вождения, и без системы. Использование системы GPS навигации и автоматического управления на химпрополке зерновых и масличных культур способствует увеличению производительности на 14,6 %, снижению удельных энергозатрат на 8 %, расхода топлива на 17 %, а расхода рабочей жидкости на 14,5 %. При этом совокупные затраты денежных средств снижаются на 9 %, годовая экономия совокупных затрат денежных средств составляет 6562,6 тыс. тенге (1093,7 тыс. руб.).

Ключевые слова: сравнительные испытания, точное земледелие, автоматическое вождение, химическая прополка, навигационная система.

Введение

Точное земледелие позволяет сократить затраты на внесение удобрений, семена, СЗР и ГСМ в среднем на 20 % [1]. Помимо сокращения затрат энергии, ресурсов и увеличения урожайности точное земледелие позволяет выровнять физические и агрохимические свойства почвы, поле приобретает правильную форму, удобную для проведения агротехнических операций [2, 3]. Применение систем точного земледелия возможно с получением максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов. При этом открываются реальные возможности производства качественной продукции и сохранения окружающей среды [4, 5]. Системы точного земледелия хорошо зарекомендовали себя и успешно применяются в США, Канаде, Бразилии и в странах Европы [6-9]. В настоящее время на рынке Республики Казахстан предлагают также различные системы точного земледелия, как системы параллельного и автоматического вождения, контроля высева семян, карти-

рования урожайности, дифференцированного внесения минеральных удобрений и СЗР. Многие из перечисленных систем уже используются в сельскохозяйственном производстве. Их можно приобresti и установить на имеющуюся в хозяйстве сельскохозяйственную технику, или приобрести новый трактор, комбайн или самоходный опрыскиватель, на которые завод изготовитель уже установил это оборудование. При этом не до конца изучены возможности получения эффективности от применения систем точного земледелия в определенных условиях их использования.

Методы и материалы

В Костанайском филиале «Научно-производственный центр агроинженерии», в 2019 году были проведены работы по определению влияния системы GPS навигации и автоматического управления «GreenStar 2-2600» (точность ± 20 см) на агротехнические, энергетические, эксплуатационно-технологические и экономические показатели агрегата для химической обработки посевов сельскохозяйственных культур. При проведении сравнительных испы-

таний определялись агротехнические, энергетические и эксплуатационно-технологические показатели опрыскивателя «John Deere 4730», оборудованного системой GPS навигации, автоматического вождения (AutoTrac) с дисплеем «GreenStar 2» и без системы автоматического вождения (система отключалась).

Испытания проводились на полях хозяйства Северо-Казахстанской области, Республики Казахстан. Методика проведения сравнительных испытаний основывалась на требованиях государственных стандартов. Условия проведения испытаний определялись в соответствии с требованиями ГОСТ 20915 [10]. Оценка агротехнических показателей – по ГОСТ Р 53053 [11]. Оценка энергетических показателей – по ГОСТ 52777 [12].

Эксплуатационно-технологическая оценка – по ГОСТ 24055 [13]. Обработка полученных данных проводилась методом математической статистики с использованием компьютерной программы Microsoft Excel [14, 15]. Оценка экономической эффективности агрегатов определялась по СТ РК ГОСТ Р 53056 [16].

Результаты

В период с 19 по 26 июня 2019 года проводились сравнительные испытания опрыскивателя самоходного «John Deere 4730», оборудованного системой GPS навигации, автоматического вождения (AutoTrac) с дисплеем «GreenStar 2» и без системы автоматического вождения. Общий вид опрыскивателя в транспортном положении приведен на рисунке 1, вид в работе – рисунок 2.

Рис. 1. Опрыскиватель «John Deere 4730» в транспортном положении (вид сзади сбоку)

Рис. 2. Опрыскиватель «John Deere 4730» в работе (вид сзади сбоку)

Сравнительные испытания опрыскивателя самоходного проводились на химической обработке посевов зерновых и масличных культур. Работы выполнялись с 19-20 часов вечером и до 10-11 часов утра следующего дня. Такой режим работы был выбран из-за высоких дневных температур окружающей среды и высокой скорости ветра. Дневная температура повышалась до 25-30 градусов, а скорость ветра достигала 6-8 м/с. Настройка и подготовка опрыскивателя к работе осуществлялась специалистами хозяйства.

Условия сравнительных испытаний на химической обработке посевов зерновых и масличных культур (пшеница, лен) были

типичными для зоны. Средние значения показателей на глубине до 10 см: влажность почвы – 26,4 %; объемная масса почвы – 1,1 г/см³; твердость почвы – 1,5 МПа. Влажность воздуха 38 %, температура воздуха – 16,2 °С, скорость ветра – 0,8 м/с, высота растений – 11,2 см, температура рабочей жидкости – 15 °С, ширина междурядья у льна 25,2 см, у пшеницы – 15,3 см, число сорняков – 229 шт/м².

В таблице 1 представлены показатели работы опрыскивателя самоходного, оборудованного системой GPS навигации, автоматического вождения (AutoTrac) с дисплеем «GreenStar 2» и без системы при сравнительных испытаниях.

Таблица 1

Показатели работы опрыскивателя самоходного оборудованного системой автоматического вождения «GreenStar 2» и без системы при сравнительных испытаниях

Показатели	Значение показателя		
	по НД	по данным испытаний	
		без системы	с системой
Дата испытаний	нет данных	20-23.06.19	23-26.06.19
Рабочая скорость движения, км/ч	до 32	26,2	26,2
Конструктивная ширина захвата, м	30,5	30,5	
Рабочая ширина захвата, м	нет данных	27,8	30,4
Часовой расход топлива, кг/ч	35,3	34,9	34,9
Затраты мощности на перемещение, кВт	-//-	94,9	94,9
Производительность за час основного времени, га	64-97	72,6	79,3
Мощность на привод насоса, кВт	нет данных	14,5	14,5
Мощность, потребляемая агрегатом, кВт	-//-	109,4	109,4
Удельные энергозатраты за час основного времени, МДж/га	-//-	5,4	5,0
Эксплуатационные показатели:			
а) производительность за 1 час времени, га:			
– основного	нет данных	72,8	79,6
– сменного	-//-	38,6	45,2
– эксплуатационного	-//-	38,6	45,2
б) удельный расход топлива, кг/га	-//-	0,78	0,66
в) количество обслуживающего персонала:			
– на агрегате	1	1	1
– на вспомогательных операциях	нет данных	3 заправщика водой и гербицидами	2 заправщика водой и гербицидами
Эксплуатационно-технологические коэффициенты:			
– надежность технологического процесса	нет данных	1,0	1,0
– использования сменного времени	-//-	0,53	0,57
– использования эксплуатационного времени	-//-	0,53	0,57
Показатели качества технологического процесса:			
– заданный расход рабочей жидкости, л/га	нет данных	55,0	55,0
– фактический расход рабочей жидкости, л/га	нет данных	59,6	52,0
– отклонение фактического расхода жидкости от заданного, %	до 7,5	7,7	5,8

Анализ результатов сравнительных испытаний опрыскивателя самоходного «John Deere 4730» (без системы GPS навигации и

автоматического вождения) на химпрополке зерновых и масличных культур (таб. 1) показывает, что на скорости движения 26,2

км/ч и рабочей ширине захвата 27,8 м, производительность за час основного времени составляет 72,8 га, сменного и эксплуатационного времени – 38,6 га.

Коэффициенты использования сменного и эксплуатационного времени – 0,53. В процессе проведения эксплуатационно-технологической оценки технических отказов не было зафиксировано, поэтому коэффициенты использования сменного и эксплуатационного времени равны.

Затраты мощности на передвижение опрыскивателя по полю – 94,4 кВт, удельный расход топлива 0,78 кг/га. Удельные энергозатраты за час основного времени составляют 5,4 МДж/га.

Фактический расход рабочей жидкости составил 59,6 л/га.

Использование системы GPS навигации и автоматического вождения обеспечило увеличение рабочей ширины захвата до 30,4 м. На скорости движения 26,2 км/ч производительность за один час основного времени достигала 79,6 га, сменного и эксплуатационного времени – 45,2 га. Коэффициенты использования сменного и эксплуатационного времени – 0,57.

Затраты мощности на передвижение опрыскивателя по полю – 94,4 кВт, удельный расход топлива – 0,66 кг/га. Удельные энергозатраты за час основного времени составляют 5,0 МДж/га. Фактический расход рабочей жидкости – 52,0 л/га.

Применение системы GPS навигации, автоматического вождения (AutoTrac) с дисплеем «GreenStar 2» на химпрополке зерновых и масличных культур обеспечило увеличение рабочей ширины захвата на 2,6 м или на 8,4 %.

При этом производительность опрыскивателя за один час сменного и эксплуатационного времени увеличилась на 6,6 га, что составляет 14,6 %.

Использование системы GPS навигации и автоматического управления «GreenStar-2» при работе опрыскивателя самоходного «John Deere 4730» приводит к снижению удельных энергозатрат на 8 %. Удельный расход топлива снижается на 0,12 кг/га, а удельный расход рабочей жидкости на 7,6 л/га или на 17 и 14,5 % соответственно.

На основании полученных данных проведен расчет экономической эффективности применения опрыскивателя самоходного «John Deere 4730» оборудованного системой GPS навигации и автоматического управления «GreenStar 2» и без системы.

Показатели сравнительной экономической эффективности опрыскивателя самоходного «John Deere 4730» с использованием системы GPS навигации и автоматического вождения и без системы приведены в таблице 2.

Анализ результатов сравнительных испытаний показал (рисунок 3), что применение опрыскивателя самоходного «John Deere 4730», оборудованного системой GPS навигации и автоматического управления, обеспечивает годовую экономию совокупных затрат денежных средств на химпрополке зерновых и масличных культур в размере 6562,6 тыс. тенге (1 093,7 тыс. руб.). Совокупные затраты денежных средств снижаются на 9 %, удельный расход топлива и гербицидов на 17 и 14,5 % соответственно.

Таблица 2

Экономические показатели опрыскивателя «John Deere 4730» в системе точного земледелия

Показатель	Единица измерения	Значение показателя		Индекс изменения показателя, %
		опрыскиватель «John Deere 4730» с системой	опрыскиватель «John Deere 4730» без системы	
Совокупные затраты денежных средств	тг*/га	8811	9592	-9
Удельный расход топлива	кг/га	0,66	0,78	-17
Годовая экономия совокупных затрат денежных средств от эксплуатации машины	тыс. тг	6562,6	–	–
Капитальные вложения	млн. тг	57, 750	52,000	10
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений	лет	0,9	–	–

* Денежная единица Казахстана Тенге

Рис. 3 Влияние системы GPS навигации и автоматического вождения на технико-экономические показатели при проведении химической прополки зерновых и масличных культур самоходным опрыскивателем

Заключение

Использование системы GPS навигации и автоматического управления на химпрополке зерновых и масличных культур способствует увеличению производительности на 14,6 %, снижению удельных энерго-

затрат на 8 %, расхода топлива на 17 %, а расхода рабочей жидкости на 14,5 %. При этом совокупные затраты денежных средств снижаются на 9 %, годовая экономия совокупных затрат денежных средств составляет 6562,6 тыс. тенге (1093,7 тыс. руб.).

Литература

1. От точного земледелия до «умных ферм». [Электронный ресурс]. <http://www.matritca.kz>.
2. Garcia L.C., Van der Meer R.W., De Souza N.M., Justino A., Neto P.H.W. Seeding maneuvers using navigation system. *Engenharia Agricola*, 2016, vol. 36, № 2, с. 361-366.
3. Kelc D., Stajanko D., Berk P., Rakun J., Vindis P., Lakota M. Reduction of environmental pollution by using RTK-navigation in soil cultivation. *Int J Agric & Biol Eng*, 2019, vol. 12, № 5, с. 173-178.
4. Якушев В.П., Якушев В.В. Информационное обеспечение точного земледелия: монография. Санкт-Петербург: Издательство ПИЯФ РАН, 2007, 384 с.
5. Якушев В. В. Информационное обеспечение точного земледелия: монография. Санкт-Петербург: ФГБНУ АФИ, 2016, 364 с.
6. Keskin M., Han Y.J., Dodd R.B. A review of yield monitoring instrumentation applied to the combine harvesters for precision agriculture purposes. *International Congress on Agricultural Mechanization and Energy*, Adana, 1999, pp. 426-431.
7. Barocco R. Yield Mapping Hardware Components for Grains and Cotton Using On-the-Go Monitoring Systems. The Department of Agricultural and Biological Engineering, UF/IFAS Extension, 2017, 12 p.
8. Реализация проекта по разработке методики использования средств точного земледелия для мониторинга сельскохозяйственных угодий Самарской области: отчет по выполнению научно-технической работы (промежуточный). Фонд «Сельскохозяйственного обучения». Руководитель Цирулев А.П.; исполнители: Боровкова А.С., Иксанов М.Р. [и др.]. Кинель, 2008, 68 с.
9. Fulton, J.P., Brooke A., Winstead A., Mullenix D. Yield monitoring and mapping. *Precision Agriculture Series – Timely Information. Agriculture, Natural Resources & Forestry*, Alabama Cooperative System, 2010, 2 p.

10. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. Введен 2013-01-01. Москва: ФГУП «Стандартинформ», 2013, 23 с.
11. ГОСТ Р 53053-2008. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. Введен 01.01.2009. Москва: Стандартинформ, 2009, 42 с.
12. ГОСТ Р 52777-2007. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. Введен 2007-11-13. Москва: Стандартинформ, 2007, 7 с.
13. ГОСТ 24055-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. Введен 1989-01-01. Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1989, 15 с.
14. Блохин В.Г., Глудкин О.П., Гуров А.И., Ханин М.А. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов. Москва: Радио и связь, 1997, 232 с.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985, 351 с.
16. СТ РК ГОСТ Р 53056-2010. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. Введен 2010-10-04. Астана: Комитет по техническому регулированию и метрологии Министерства индустрии и торговли республики Казахстан, 2010, 26 с.

UDC 631.31

DOI 10.36461/NP.2020.57.4.004

EFFICIENCY OF USING SELF-PROPELLED SPRINKLER EQUIPPED WITH THE SYSTEM OF AUTOMATIC GUIDING

Yu.V. Polishchuk, Candidate of Engineering Sciences;

N.V. Laptev, Master of Agricultural Sciences; A.P. Komarov, Master of Agricultural Sciences

Kostanay branch office of the LLP (TOO) "Scientific Production Center of Agricultural Engineering",
Kostanay, The Republic of Kazakhstan, tel. (87142) 558146, e-mail y.polishchuk.62@mail.ru

Precision agriculture reduces the cost for fertilizers, seeds, plant protection products, and petrol, oil, and lubricants by an average of 20%. Currently, the market of the Republic of Kazakhstan also offers various elements of precision agriculture systems, such as parallel and automatic guidance systems, seed control, yield mapping, differentiated application of mineral fertilizers and plant protection agents, and a GPS-tracker with a fuel level sensor. At the same time, the possibilities of obtaining efficiency from the use of precision agriculture systems in certain conditions of their use have not been fully studied yet. The article presents the results of comparative tests of a self-steering sprayer for chemical weeding of wheat and flax crops in Northern Kazakhstan. The method of conducting comparative tests was based on the requirements of state standards. When conducting comparative tests, their conditions, agrotechnical, energetic, operational, technological and economic indicators of a self-steering sprayer equipped with an automatic guidance system and without a system were determined. The use of the GPS navigation and automatic guidance systems in the chemical weeding of grain and oil crops increases productivity by 14.6 %, reduces specific energy consumption by 8 %, fuel consumption by 17 %, and working fluid consumption by 14.5 %. In such a case, total money costs are reduced by 9 %, and the annual saving of total money costs amounts to 6562.6 tenges (1093.7 rubles).

Keywords: comparative tests, precision agriculture, automatic guiding, chemical weeding, navigation system.

References

1. From precision farming to smart farms. [Electronic resource]. <http://www.matritca.kz>.
- 2 Garcia L.C., Van der Meer R.W., De Souza N.M., Justino A., Neto P.H.W. Seeding maneuvers using navigation system. *Engenharia Agricola*, 2016, vol. 36, № 2, с. 361-366.
- 3 Kelc D., Stajanko D., Berk P., Rakun J., Vindis P., Lakota M. Reduction of environmental pollution by using RTK-navigation in soil cultivation. *Int J Agric & Biol Eng*, 2019, vol. 12, № 5, с. 173-178.
4. Yakushev V.P., Yakushev V.V. Information support for precision agriculture: monograph. Saint Petersburg: publishing house of the Petersburg Nuclear Physics Institute, 2007, 384 p.
5. Yakushev V. V. Information support for precision agriculture: monograph. Saint Petersburg: Agrophysical Research Institute, 2016, 364 p

6. Keskin M., Han Y.J., Dodd R.B. A review of yield monitoring instrumentation applied to the combine harvesters for precision agriculture purposes. International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, Adana, 1999, pp. 426-431.
7. Barocco R. Yield Mapping Hardware Components for Grains and Cotton Using On-the-Go Monitoring Systems. The Department of Agricultural and Biological Engineering, UF/IFAS Extension, 2017, 12 p.
8. Implementation of a project to develop a methodology for using precision farming tools for monitoring agricultural land in the Samara region: report on the implementation of scientific and technical work (interim). Agricultural training Foundation. The Head: Tsirulev A. P.; performers: Borovkova A. S., Iksanov M. R. [and others]. Kinel, 2008, 68 p.
9. Fulton, J.P., Brooke A., Winstead A., Mullenix D. Yield monitoring and mapping. Precision Agriculture Series – Timely Information. Agriculture, Natural Resources & Forestry, Alabama Cooperative System, 2010, 2 p.
10. GOST 20915-2011. Testing of agricultural tractors and machines. Procedure for determination of test conditions. Introduced 2013-01-01. Moscow: "STANDARTINFORM", 2013, 23 p.
11. GOST R 53053-2008. Machinery for crop protection. Spraying equipment. Test methods. Introduced 01.01.2009. Moscow: STANDARTINFORM, 2009, 42 p.
12. GOST R 52777-2007. Agricultural machinery. Methods of power estimation. Introduced 2007-11-13. Moscow: STANDARTINFORM, 2009, 42 p.
13. GOST 24055-88. Agricultural machinery. Methods of operational-technological evaluation. General Introduced 1989-01-01. Moscow: State Committee of the USSR for standards, 1989, 15 p.
14. Blokhin V.G., Gludkin O.P., Gurov A.I., Khanin M.A. Modern experiment: preparation, implementation, analysis of results. Moscow: Radio and svyaz, 1997, 232 p.
15. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
16. ST RK GOST R 53056-2010. Agricultural machinery. Methods of economic assessment. Introduced 2010-10-04. Ministry for investment and development of the Republic of Kazakhstan technical regulation and metrology committee, 2010, 26 p.