

Применение систем автоматического и параллельного вождения в сельскохозяйственном производстве Республики Казахстан и эффективность их использования

Ю. В. Полищук¹, Н. В. Лаптев¹, А. П. Комаров¹

¹ ННЦ агроинженерии, Костанай, Казахстан

[✉]E-mail: y.polishchuk.62@mail.ru

Аннотация. В сельскохозяйственное производство Республики Казахстан интенсивно внедряются системы точного земледелия. По данным фирм-разработчиков и дилерских центров, точное земледелие позволяет сократить затраты на внесение удобрений, семена, СЗР и ГСМ в среднем на 20 %. При этом не до конца изучены возможности получения эффективности от применения систем точного земледелия в определенных условиях их использования. **Цель работы** – определить влияние систем параллельного и автоматического вождения на технико-эксплуатационные и экономические показатели при сравнительных испытаниях в Северо-Казахстанской области РК. **Методы исследований.** В процессе проведения сравнительных испытаний определялись условия проведения испытаний, агротехнические, энергетические, эксплуатационно-технологические и экономические показатели агрегатов оборудованных системами параллельного и автоматического вождения и без систем. Все показатели определялись в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов. **Результаты.** В статье приведены результаты сравнительных испытаний опрыскивателя самоходного на химической прополке посевов пшеницы и льна, а также зерноуборочного комбайна на уборке пшеницы в условиях Северного Казахстана. Исследованиями установлено, что применение системы GPS-навигации и автоматического управления на химпрополке масличных и зерновых культур способствует увеличению производительности на 14,6 %, снижению удельных энергозатрат на 8 %, расхода топлива – на 17,0 %, 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.). Применение системы параллельного вождения (GPS-навигация с курсоуказателем) на уборке пшеницы обеспечивает увеличение производительности на 2,1 %, снижение совокупных затрат денежных средств на 3 %, затрат труда и удельного расхода топлива на 1,4 %, при этом годовая экономия совокупных затрат денежных средств составляет 233,4 тыс. тенге (38,9 тыс. руб.). **Научная новизна.** В условиях северного региона РК впервые изучено влияние систем параллельного и автоматического вождения на технико-эксплуатационные и экономические показатели работы машинотракторных агрегатов.

Ключевые слова: сравнительные испытания, точное земледелие, параллельное вождения, автоматическое вождение, агрегат, химическая прополка, уборка зерновых, навигационная система.

Для цитирования: Полищук Ю. В., Лаптев Н. В., Комаров А. П. Применение систем автоматического и параллельного вождения в сельскохозяйственном производстве Республики Казахстан и эффективность их использования // Аграрный вестник Урала. 2020. № 05 (196). С. 11–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-196-5-11-19.

Дата поступления статьи: 23.04.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

В начале 90-х годов XX века в мировой аграрной науке появилась новая концепция, известная как точное земледелие. Возникновение точного земледелия было обусловлено появлением возможности использования глобальной навигационной системы (GPS, Глонасс). Использование технологий точного земледелия приведет к преобразованию сельского хозяйства. Данный вывод сделан на основе полученных экономических эффектов в области рентабельности, производительности, качества урожая и охраны окружающей среды [1, с. 364].

Точное земледелие позволяет сократить затраты на внесение удобрений, семена, СЗР и ГСМ в среднем на

20 % [2], [3, с. 104], [4, с. 10]. 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 [5, с. 361], [6, с. 173]. Применение систем точного земледелия с получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов. При этом открываются реальные возможности производства качественной продукции и сохранения окружающей среды [7, с. 217], [8, с. 142], [9, с. 149]. Системы точного земледелия хорошо зарекомендовала себя и успешно применяется в



Рис. 1. Опрыскиватель John Deere 4730 в работе (вид сзади сбоку)
Fig. 1. John Deere 4730 sprayer in operation (rear side view)

США, Канаде, Бразилии и в странах Европы [10, с. 13], [11, с. 459], [12, с. 12], [13, с. 535], [14, с. 14]. В настоящее время на рынке РК предлагают различные системы точного земледелия такие, как системы параллельного и автоматического вождения, контроля высева семян, картирования урожайности, дифференцированного внесения минеральных удобрений и СЗР. Многие из перечисленных систем уже используется в сельскохозяйственном производстве. Их можно приобрести и установить на имеющуюся в хозяйстве с/х технику. На новых тракторах, посевных комплексах или самоходных опрыскивателях заводы изготовители уже при сборке устанавливают это оборудование. При этом не до конца изучены возможности получения эффективности от применения систем точного земледелия в определенных условиях их использования.

В Костанайском филиале Научно-производственного центра агроинженерии в 2019 году, были проведены работы по определению влияния системы GPS навигации и автоматического управления на технико-эксплуатационные и экономические показатели агрегата.

Задачи исследований:

1. Изучить влияние систем автоматического и параллельного вождения на агротехнические, энергетические и эксплуатационно-технологические показатели работы МТА в северном регионе Республики Казахстан.

2. Определить эффективность использования агрегатов с системами автоматического и параллельного вождения по сравнению с аналогичными агрегатами без систем.

Для решения поставленных задач были проведены сравнительные испытания. При проведении испытаний определялись агротехнические, энергетические и эксплуатационно-технологические показатели опрыскивателя самоходного John Deere 4730 на химпрополке с использованием системы GPS-навигации и автоматического управления GreenStar 2, комбайна зерноуборочный РСМ-142 ACROS-530, жатки Power Stream 9 с системой параллельного вождения (курсоуказатель) фирмы Raven и без систем автоматического и параллельного вождения (системы отключалась).

Методология и методы исследования (Methods)

Испытания проводились в одном из хозяйств Северо-Казахстанской области, Республики Казахстан. Методика проведения сравнительных испытаний основывалась на

требованиях нормативной документации. Условия проведения испытаний определялись в соответствии с требованиями ГОСТ 20915-2011¹. Оценка агротехнических показателей на химпрополке по ГОСТ Р 53053-2008², на уборке пшеницы по ГОСТ Р 28301-2015³. Оценка энергетических показателей – по ГОСТ 52777-2007⁴. Эксплуатационно-технологическая оценка – по ГОСТ 24055-2016⁵. Обработка полученных данных проводилась методом математической статистики с использованием компьютерной программы Excel [15, с. 351]. Оценка экономической эффективности агрегатов определялась по СТ РК ГОСТ Р 53056-2010⁶.

Результаты (Results)

Сравнительные испытания опрыскивателя самоходного John Deere 4730, оборудованного системой GPS-навигации, автоматического вождения (AutoTrac) с дисплеем GreenStar 2 и без системы автоматического вождения проводились в период с 19 по 26 июня 2019 года. Опрыскиватель самоходный в работе представлен на рис. 1.

Сравнительные испытания опрыскивателя самоходного проводились на химической обработке посевов зерновых и масличных культур. Работы выполнялись с 19–20 часов 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 °С, а скорость ветра достигала 6–8 м/с. Настройка и подготовка опрыскивателя к работе осуществлялась специалистами хозяйства.

¹ ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний.

² ГОСТ Р 53053-2008. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний.

³ ГОСТ 28301-2007. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. – Введ. 2010-04-28. – Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2007. – 53 с.

⁴ ГОСТ Р 52777-2007. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. – Введ. 2007-11-13. – М.: Стандартинформ, 2007. – 7 с.

⁵ ГОСТ 24055-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – Введ. 1989-01-01. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1989. – 15 с.

⁶ СТ РК ГОСТ Р 53056-2010. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – Введ. 2010-10-04. – Астана: Комитет по техническому регулированию и метрологии Министерства индустрии и торговли республики Казахстан, 2010. – 26 с.

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.

Анализ результатов сравнительных испытаний опрыскивателя самоходного John Deere 4730 (без системы GPS-навигации и автоматического вождения) на химпрополке зерновых и масличных культур (таблица 1) показывает, что при рабочей ширине захвата 27,8 м и скорости движения 26,2 км/ч производительность агрегата за час основного времени составляет 72,8 га, сменного и эксплуатационного времени – 38,6 га. Коэффициенты использования сменного и эксплуатационного времени – 0,53. Коэффициенты использования сменного и эксплуатационного времени равны по причине того, что в процессе проведения

эксплуатационно-технологической оценки технических отказов зафиксировано не было. 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

Таблица 1

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

Показатели	Значения показателей		
	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	Нет данных	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	Нет данных	109,4	109,4
Удельные энергозатраты за час основного времени, МДж/га	Нет данных	5,4	5,0
Эксплуатационные показатели:			
а) производительность за 1 час, га:			
– основного времени	Нет данных	72,8	79,6
– сменного времени	Нет данных	38,6	45,2
– эксплуатационного времени	Нет данных	38,6	45,2
б) удельный расход топлива, кг/га	Нет данных	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	Нет данных	0,53	0,57
– использования эксплуатационного времени	Нет данных	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

Table 1

Performance indicators of self-moving sprayer equipped with automatic driving system "GreenStar 2" and without the system during comparative tests

Indicators	Value of indicator		
	By ND	Indicators based on test data	
		Without a system	With a system
Test date	No data	20–23.06.19	23–26.06.19
Operating speed, km/h	Up to 32	26.2	26.2
Design width, m	30.5	30.5	
Working width, m	No data	27.8	30.4
Hourly fuel consumption, kg/h	35.3	34.9	34.9
Power consumption for moving, kW	No data	94.9	94.9
Productivity per hour of the main time, ha	64–97	72.6	79.3
Power to the pump drive, kW	No data	14.5	14.5
Power consumed by the aggregate, kW	No data	109.4	109.4
Specific energy consumption per hour of the main time, MJ/ha	No data	5.4	5.0
Performance indicators:			
a) productivity for 1 hour of time, ha:			
– main	No data	72.8	79.6
– shift	No data	38.6	45.2
– operational	No data	38.6	45.2
b) specific fuel consumption, kg/ha			
No data			
c) number of service personnel:			
– on the aggregate	1	1	1
– on auxiliary operations	No data	3 water and herbicide tankers	2 water and herbicide tankers
Operational and technological coefficients:			
– technological process reliability	No data	1.0	1.0
– use of shift time	No data	0.53	0.57
– use of operating time	No data	0.53	0.57
Technological process quality indicators:			
– set flow rate of the working fluid, l/ha	No data	55.0	55.0
– actual flow rate of the working fluid, l/ha	No data	59.6	52.0
– deviation of the actual liquid flow rate from the set value, %	Up to 7.5	7.4	5.8

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 17,0 и 14,5 % соответственно.

Установлено, что агрегат устойчиво и с требуемым качеством выполняет технологический процесс независимо от наличия системы GPS-навигации и автоматического управления.

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.

Анализ результатов экономической оценки сравнительных испытаний показал, 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 17,0 и 14,5 % соответственно.

В период с 12 по 15 сентября 2019 года проведены сравнительные испытания комбайна зерноуборочного ACROS-530 с жаткой-хедером Power Stream 9, оборудованного системой параллельного вождения (GPS-навигация с курсоуказателем) фирмы Raven (США) и без использования системы параллельного вождения. Комбайн зерноуборочный ACROS-530 с жаткой-хедером Power Stream 9 представлен на рис. 2.

Испытания проводились на уборке пшеницы в Северо-Казахстанской области. Условия сравнительных испытаний комбайна зерноуборочного ACROS-530 с жаткой-хедером Power Stream 9 при проведении агротехнической, энергетической и эксплуатационно-технологической оценок были характерны для зоны в период проведения работ. Средние значения показателей на глубине до 10 см: влажность почвы – 19,7 %; твердость почвы – 1,2 МПа. Урожайность зерна пшеницы – 20,2 ц/га, масса 1000 зерен – 43 г, влажностью зерна – 18 %, влажностью соломы – 16,2 %, высота растений – 0,6 м, густота растений – 379 шт/м², засоренность сорняками отсутствует. В таблице 2 представлены показатели работы комбайна зерноуборочного ACROS-530, оборудованного системой параллельного вождения (GPS-навигация с курсоуказателем) и без системы при сравнительных испытаниях.



Рис. 2. Комбайн зерноуборочный РСМ-142 АСРОС-530 с жаткой Power Stream 9 в работе
Fig. 2. Combine harvester RSM-142 ACROS-530 with header Power Stream 9 in operation

Показатели работы комбайна зерноуборочного АСРОС-530, оборудованного системой параллельного вождения (GPS-навигация с курсоуказателем) и без системы при сравнительных испытаниях

Таблица 2

Показатели	Значения показателей		
	По НД	По данным испытаний	
		Без системы	С системой
Дата испытаний	Нет данных	12–13.09.19	14–15.09.19
Рабочая скорость движения, км/ч	Не более 10,0	7,8	7,8
Конструктивная ширина захвата, м	9,0	9,0	
Рабочая ширина захвата, м	Нет данных	8,6	8,7
Часовой расход топлива, кг/ч	Нет данных	30,8	30,8
Затраты мощности на перемещение, кВт	Нет данных	60,9	60,9
Мощность, потребляемая агрегатом, кВт	Нет данных	143,2	143,2
Удельные энергозатраты за час основного времени, МДж/га	Нет данных	76,9	75,8
Эксплуатационные показатели:			
а) производительность за 1 час времени, га:			
– основного, га	Не менее 3,40	6,7	6,8
т	Не менее 14,00	10,6	10,7
– сменного, га	Нет данных	4,7	4,8
т	Нет данных	7,4	7,5
– эксплуатационного, га	Нет данных	4,7	4,8
т	Нет данных	7,4	7,5
б) удельный расход топлива, кг/га	Нет данных	7,1	7,0
кг/т	Нет данных	4,5	4,4
в) количество обслуживающего персонала, чел	1	1	1
Эксплуатационно-технологические коэффициенты:			
– надежность технологического процесса	Нет данных	1,0	1,0
– использования сменного времени	Нет данных	0,7	0,7
– использования эксплуатационного времени	Нет данных	0,7	0,7
Показатели качества технологического процесса:			
– потери за жаткой, всего, %	Не более 0,5	0,5	0,5
– фактическая подача, кг/с	Нет данных	8,6	8,7
– суммарные потери зерна за молотилкой, %	Не более 1,5	1,1	1,2
– дробление зерна, %	Не более 2,0	1,4	1,0
– содержание сорной примеси, %	Не более 2,0	0,4	0,2

Table 2

Performance indicators of the combine harvester "ACROS-530" equipped with a parallel driving system (GPS navigation with a course indicator) and without a system during comparative tests

Indicators	Value of indicator		
	By ND	Indicators based on test data	
		Without a system	With a system
Test date	No data	12–13.09.19	14–15.09.19
Operating speed, km/h	No more than 10.0	7.8	7.8
Design width, m	9.0	9.0	
Working width, m	No data	8.6	8.7
Hourly fuel consumption, kg/h	No data	30.8	30.8
Power consumption for moving, kW	No data	60.9	60.9
Power consumed by the aggregate, kW	No data	143.2	143.2
Specific energy consumption per hour of the main time, MJ/ha	No data	76.9	75.8
Performance indicators:			
a) productivity for 1 hour of time, ha:			
– main, ha	At least 3.4	6.7	6.8
<i>t</i>	At least 14.0	10.6	10.7
– shift, ha	No data	4.7	4.8
<i>t</i>	No data	7.4	7.5
– operational, ha	No data	4.7	4.8
<i>t</i>	No data	7.4	7.5
b) specific fuel consumption, kg/ha	No data	7.1	7.0
<i>kg/t</i>	No data	4.5	4.4
c) number of service personnel, people	1	1	1
Operational and technological coefficients:			
– technological process reliability	No data	1.0	1.0
– use of shift time	No data	0.7	0.7
– use of operating time	No data	0.7	0.7
Technological process quality indicators:			
– losses behind the harvest reaper, total, %	No more than 0.5	0.5	0,5
– actual feed, kg/s	No data	8.6	8.7
– total losses of grain afterseparator, %	No more than 1.5	1.1	1.2
– grain crushing, %	No more than 2.0	1.4	1.0
– content of weed admixture, %	No more than 2.0	0.4	0.2

Результаты сравнительных испытаний комбайна зерноуборочного ACROS-530 (без системы GPS навигации и параллельного вождения) на уборке зерновых (таблица 2) показывают, что на скорости движения 7,8 км/ч и рабочей ширине захвата 8,6 м производительность за час основного времени составляет 6,7 га, сменного и эксплуатационного времени – 4,7 га. Коэффициенты использования сменного и эксплуатационного времени – 0,7. Удельный расход топлива 7,1 кг/га. Удельные энергозатраты за час основного времени составляют 76,9 МДж/га.

Использование системы GPS навигации и параллельного вождения обеспечило увеличение рабочей ширины захвата до 8,7 м. На скорости движения 7,8 км/ч производительность за один час основного времени достигала 6,8 га, сменного и эксплуатационного времени – 4,8 га. Коэффициенты использования сменного и эксплуатационного времени – 0,7. Затраты мощности на передвижение комбайна по полю – 143,2 кВт, удельный расход топлива – 7,0 кг/га. Удельные энергозатраты за час основного времени составляют 75,8 МДж/га.

Применение системы GPS навигации и параллельного вождения на уборке зерновых культур обеспечило увеличение рабочей ширины захвата на 0,1 м или на 1,2 %. При этом производительность комбайна за один час сменного

и эксплуатационного времени увеличилась на 0,1 га, что составляет 2,1 %. Использование системы GPS навигации и параллельного управления при работе комбайна зерноуборочного ACROS-530 с жаткой Power Stream 9 приводит к снижению удельных энергозатрат на 1,1 МДж/га, или 1,9 %, а удельный расход топлива снижается на 0,1 кг/га, или на 1,4 %.

Установлено, что уборочный агрегат устойчиво и качественно выполняет технологический процесс независимо от наличия системы GPS-навигации, параллельного управления.

На основании полученных данных проведен расчет экономической эффективности применения комбайна зерноуборочного ACROS-530 с жаткой Power Stream 9, оборудованного системой GPS навигации и параллельного управления и без системы.

Анализ результатов экономической оценки показал, что использование на уборке пшеницы комбайна ACROS-530 с системой параллельного вождения (GPS-навигация с курсоуказателем) приводит к снижению совокупных затрат денежных средств на 3 %, затрат труда и удельного расхода топлива – на 1,4 % по сравнению с комбайном ACROS-530 без системы параллельного вождения. Использование на уборке пшеницы комбайна ACROS-530

с жаткой-хедером Power Stream 9, укомплектованного системой параллельного вождения, обеспечивает годовую экономию совокупных затрат денежных средств в размере 233,4 тыс. тенге (38,9 тыс. руб.).

По результатам сравнительных испытаний установлено, что применение системы параллельного вождения на уборке зерновых требует повышенного напряжения и внимания, что приводит к увеличению утомляемости механизатора.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Использование системы GPS-навигации и автоматического управления на химпрополке зерновых и масличных культур способствует увеличению сменной производительности на 14,6 %, снижению удельных энергозатрат на 8 %, расхода топлива – на 17,0 %, 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.).

Использование системы параллельного вождения (GPS-навигация с курсоуказателем) на уборке пшеницы приводит к увеличению производительности на 2,1 %, снижению совокупных затрат денежных средств – на 3 %, затрат труда и удельного расхода топлива – на 1,4 %, при этом годовая экономия совокупных затрат денежных средств составляет 233,4 тыс. тенге (38,9 тыс. руб.).

Применение системы параллельного вождения на уборке зерновых требует повышенного напряжения и внимания, что приводит к увеличению утомляемости механизатора. Для повышения эффективности использования зерноуборочного комбайна его необходимо оборудовать системой автоматического управления.

Полученные результаты исследований (испытаний) могут быть использованы в практической работе инженерных служб сельскохозяйственных предприятий Северного Казахстана при производстве зерновых, масличных, пропашных и кормовых культур, а так же при выборе и приобретении систем GPS-навигации и управления.

Библиографический список

1. Якушев В. В. Точное земледелие: теория и практика. СПб., 2016. 364 с.
2. От точного земледелия до «умных ферм» [Электронный ресурс] // Матрица.kz: новостной портал. URL: <http://www.matritca.kz> (дата обращения: 18.05.2020).
3. Дидимова В. С., Замотайлова В. А. Оценка эффективности внедрения систем точного земледелия // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития: сборник материалов VIII международного форума. Краснодар, 2017. С. 104–107.
4. Порфирьев Е. И., Алексанов Д. С. Оценка потребности в навигационной технике при внедрении систем точного земледелия // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 9 (51) С. 10–13 DOI: 10.18454/IRJ.2016.51.149.
5. 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. No. 2. Pp. 361–366.
6. Kelc D., Stajanko D., Berk P., Rakun J., Vindis P., Lakota M. Reduction of environmental pollution by using RTK-navigation in soil cultivation // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2019. Vol. 12. No. 5. Pp. 173–178.
7. 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.
8. Beluhova-Uzunova R., Dunchev D. Precision farming – concepts and perspectives // Problems of Agricultural Economics Zagadnienia Ekonomiki Rolnej. 2019. Vol. 3 (360). Pp. 142–145.
9. Звягина Н. Н., Ядрицева Т. С. Применение точных технологий в зерновом производстве и их влияние на эффективность производства и экологическую безопасность // Вестник мичуринского государственного аграрного университета. 2016. № 3. С. 149–153.
10. Труфляк Е. В., Креймер А. С., Курченко Н. Ю., Дидыч В. А. Цифровые технологии в АПК // Сельский механизатор. 2018. № 7. С. 13–14.
11. Труфляк Е. В. Точное сельское хозяйство: вчера, сегодня, завтра // Инновационные технологии в науке и образовании: материалы V международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2017. С. 459–464.
12. 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. University of Florida, 2017. 12 p.
13. Труфляк Е. В., Больбат А. И. Экономическая эффективность использования элементов точного земледелия // Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия. Волгоград, 2017. С. 535–542.
14. Gusev A., Ziablitskaia G., Ziablitskaia N., Kholmanskikh M., Novopashin L. An analysis of research areas in precision Agriculture // International Transaction Journal Of Engineering Management & Applied Sciences & Technologies. 2019. Vol. 10 (12). Pp. 14–24.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Об авторах:

Юрий Владимирович Полищук¹, кандидат технических наук, заведующий лабораторией, ORCID 0000-0002-6215-6487; y.polishchuk.62@mail.ru

Николай Владимирович Лаптев¹, магистр сельского хозяйства, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-4115-3025
 Артем Павлович Комаров¹, магистр сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-9182-5096
¹ НПП агроинженерии, Костанай, Казахстан

The use of automatic and parallel driving systems in agricultural production of the Republic of Kazakhstan and the efficiency of their use

Yu. V. Polishchuk^{1✉}, N. V. Laptev¹, A. P. Komarov¹

¹ SPC of Agricultural engineering, Kostanay, Kazakhstan

✉ E-mail: y.polishchuk.62@mail.ru

Abstract. Precision farming systems are being intensively introduced into the agricultural production of the Republic of Kazakhstan. Based on the data of development firms and dealerships centers, precision farming allows the cost of fertilizing, seeds, plant protection products and fuels and lubricants to be reduced by an average of 20 %. In doing so, the possibilities of obtaining efficiency from the use of precision farming systems under certain conditions of their use have not been fully studied. **The aim of the work** was to determine the impact of parallel and automatic driving systems on the technical and operational as well as economic indices during comparative tests in the North Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan. **Research methods.** During process of conducting comparative tests, the test conditions, agrotechnical, energy, operational and technological as well as economic indices of aggregates equipped with parallel and automatic driving systems and without systems were determined. All indices were determined in accordance with the requirements of current state standards. **Results.** In the article are presented the results of comparative tests of a self-moving sprayer on chemical weeding of wheat and flax crops, as well as a combine harvester for wheat harvesting in the conditions of Northern Kazakhstan. The use of GPS navigation and automatic control on the chemical weeding of grain and oilseeds crops contributes to an increase in productivity by 14.6 %, reduction in specific energy consumption by 8 %, fuel consumption by 17.0 %, and working fluid consumption by 14.5 %. In doing so, the total cost of money is reduced by 9 %, the annual savings of the total cost of money is 6562.6 thousand tenge (1093.7 thousand rubles). Using a parallel driving system (GPS-navigation with a course indicator) for harvesting wheat leads to an increase productivity by 2.1 %, reduction of total cost of money by 3 %, labor costs and specific fuel consumption by 1.4 %, while the annual savings of total cost of money is 233.4 thousand tenge (38.9 thousand rubles). **The scientific novelty.** In the conditions of the Northern region of the Republic of Kazakhstan, the influence of parallel and automatic driving systems on the technical, operational and economic performance of machine-tractor units was studied for the first time.

Keywords: comparative tests, precision farming, parallel driving, automatic driving, aggregate, chemical weeding, grain crop harvesting, navigation system.

For citation: Polishchuk Yu. V., Laptev N. V., Komarov A. P. *Primenenie sistem avtomaticheskogo i parallel'nogo vozhdeniya v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve Respubliki Kazakhstan i effektivnost' ikh ispol'zovaniya* [The use of automatic and parallel driving systems in agricultural production of the Republic of Kazakhstan and the efficiency of their use] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. No. 05 (196). Pp. 11–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-196-5-11-19. (In Russian.)

Paper submitted: 23.04.2020.

References

1. Yakushev V. V. *Tochnoe zemledelie: teoriya i praktika* [Precision agriculture: theory and practice]. Saint Petersburg, 2016. 364 p. (In Russian.)
2. *Ot tochnogo zemledeliya do "umnykh ferm"* [From precision agriculture to "smart farms"] [e-resource] // *matritca.kz: news portal*. URL: <http://www.matritca.kz> (appeal date: 18.05.2020). (In Russian.)
3. Didimova V. S., Zamotajlova V. A. *Otsenka effektivnosti vnedreniya sistem tochnogo zemledeliya* [Evaluation of the effectiveness of the implementation of precision farming systems] // *Informatsionnoe obshchestvo: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya: sbornik materialov VIII mezhdunarodnogo foruma*. Krasnodar: KubGAU– 2017. 2017. Pp. 104–107. (In Russian.)
4. Porfir'ev E. I., Aleksanov D. S. *Otsenka potrebnosti v navigatsionnoy tekhnike pri vnedrenii sistem tochnogo zemledeliya* [Assessment of the need for navigation technology in the implementation of precision farming systems] // *International Research Journal*. 2016. No. 9 (51). Pp. 10–13. DOI: 10.18454/IRJ.2016.51.149. (In Russian.)
5. 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. No. 2. Pp. 361–366.

6. Kelc D., Stajanko D., Berk P., Rakun J., Vindis P., Lakota M. Reduction of environmental pollution by using RTK-navigation in soil cultivation // *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2019. Vol. 12. No. 5. Pp. 173–178.
7. Lagun A. A., Shilova I. N. Predposylki i ekonomicheskaya effektivnost' vnedreniya sistemy tochnogo zemledeliya v sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiyakh Vologodskoy oblasti [Prerequisites and economic efficiency of the introduction of precision farming systems in agricultural enterprises of the Vologda region] // *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2018. No. 2 (57). Pp. 217–226. (In Russian.)
8. Beluhova-Uzunova R., Dunchev D. Precision farming – concepts and perspectives // *Problems of Agricultural Economics Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*. 2019. Vol. 3 (360). Pp. 142–145.
9. Zvyagina N. N., Yadritseva T. S. Primenenie tochnykh tekhnologiy v zernovom proizvodstve i ikh vliyanie na effektivnost' proizvodstva i ekologicheskuyu bezopasnost' [The use of precise technologies in grain production and their impact on production efficiency and environmental safety] // *Vestnik michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. No. 3. Pp. 149–153. (In Russian.)
10. Truflyak E. V. Kreymyer, A. S. Kurchenko N. Yu., Didych V. A. Tsifrovye tekhnologii v APK [Digital technologies in the agricultural sector] // *Sel'skiy mekhanizato*. 2018. No. 7. Pp. 13–14. (In Russian.)
11. Truflyak E. V. Tochnoe sel'skoe khozyaystvo: vchera, segodnya, zavtra [Precise agriculture: yesterday, today, tomorrow] // *Innovatsionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii: materialy V mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Rostov-on-Don, 2017. Pp. 459–464. (In Russian.)
12. 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. University of Florida*, 2017. 12 p.
13. Truflyak E. V., Bol'bat A. I. Ekonomicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya elementov tochnogo zemledeliya [Cost-effective use of precision farming elements] *Rol' melioratsii zemel' v realizatsii gosudarstvennoy nauchno-tekhnicheskoy politiki v interesakh ustoychivogo razvitiya sel'skogo khozyaystva: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta oroshaemogo zemledeliya*. Volgograd, 2017. Pp. 535–542. (In Russian.)
14. Gusev A., Ziablitskaia G., Ziablitskaia N., Kholmanskikh M., Novopashin L. An analysis of research areas in precision Agriculture // *International Transaction Journal Of Engineering Management & Applied Sciences & Technologies*. 2019. Vol. 10 (12). Pp. 14–24.
15. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian.)

Authors' information:

Yuriy V. Polishchuk¹, candidate of technical sciences, head of laboratory, ORCID 0000-0002-6215-6487; y.polishchuk.62@mail.ru

Nikolay V. Laptev¹, master of agriculture, researcher, ORCID 0000-0002-4115-3025

Artem P. Komarov, master of agricultural sciences, researcher, ORCID 0000-0002-9182-5096

¹ SPC of Agricultural engineering, Kostanay, Kazakhstan