

УДК 631.358
Код ВАК 06.01.01

DOI: 10.52463/22274227_2021_40_9

Н.В. Лаптев, Ю.В. Полищук

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ УБОРКИ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС

КОСТАНАЙСКИЙ ФИЛИАЛ ТОВАРИЩЕСТВА С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР АГРОИНЖЕНЕРИИ»,
КОСТАНАЙ, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

N.V. Laptev, Yu.V. Polishchuk

IMPACT OF PRECISION AGRICULTURE SYSTEMS ON THE PERFORMING EFFICIENCY OF CORN HARVESTING FOR SILAGE

KOSTANAY BRANCH OF LIMITED LIABILITY PARTNERSHIP «SCIENTIFIC PRODUCTION CENTER OF
AGRICULTURAL ENGINEERING», KOSTANAY, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Николай Владимирович Лаптев

Nikolaj Vladimirovich Laptev

магистр сельского хозяйства

ORCID 0000-0002-4953-0016

AuthorID в РИНЦ 1107082, nic_nv@mail.ru

Юрий Владимирович Полищук

Yurij Vladimirovich Polishchuk

кандидат технических наук

ORCID 0000-0002-6215-6487

y.polishchuk.62@mail.ru

Аннотация. Цель исследования. Развитие точного земледелия началось в 1990-х годах с появлением глобальной системы позиционирования (GPS) и географических информационных систем (GIS). За это время был также разработан широкий спектр оборудования, датчиков, мониторов и контроллеров. Благодаря быстрому развитию и внедрению мобильных вычислительных средств, высокоскоростного Интернета и надежных спутников использование технологий точного земледелия за последнее десятилетие выросло настолько, что теперь они затрагивают практически все области деятельности сельскохозяйственных предприятий. В настоящее время на рынке Республики Казахстан (РК) предлагают различное оборудование для точного земледелия, например, системы параллельного и автоматического вождения, картирования урожайности и т. д. 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 кормоуборочного комбайна «Krone BIG X 700» с жаткой «EasyCollect 750-2» на уборке кукурузы на силос в условиях Северного Казахстана. Цель проведенных исследований заключалась в установлении влияния системы автоматического подруливания AUTO PILOT (без использования GPS-сигнала) на агротехнические, энергетические и эксплуатационно-технологические показатели функционирования кормоуборочного комбайна «Krone BIG X 700» с жаткой «EasyCollect 750-2». **Методика.** Проведение сравнительных испытаний основывалось на требованиях государственных стандартов. В процессе проведения сравнительных испытаний определялись условия испытаний, агротехнические, энергетические, эксплуатационно-технологические и экономические показатели кормоуборочного комбайна «Krone BIG X 700» с жаткой «EasyCollect 750-2», оборудованного системой автоматического подруливания AUTO PILOT, и без применения системы в условиях Северо-Казахстанской области. Условия проведения испытаний на уборке кукурузы на силос были характерны для зоны Северо-Казахстанской области. **Научная новизна** исследования состоит в том, что в работе впервые изучены эксплуатационно-технологические и экономические показатели параметров технических средств систем точного земледелия в условиях Северо-Казахстанской области. **Результаты исследований.** По результатам исследований установлено, что применение системы AUTO PILOT (без использования GPS-сигнала) на уборке кукурузы на силос агрегатом, состоящим из кормоуборочного комбайна «Krone BIG X 700» с кукурузной жаткой «EasyCollect 750-2», не обеспечивает изменения агротехнических, эксплуатационно-технологических и энергетических показателей

работы, при этом увеличивает совокупные затраты денежных средств в размере 266 тенге/га.

Ключевые слова: цифровые технологии, автоматическое подруливание, кормоуборочный комбайн.

Abstract. The purpose of the study. The development of precision farming began in the 1990s with the advent of the Global Positioning System (GPS) and Geographic Information Systems (GIS). During this time, a wide range of equipment, sensors, monitors and controllers have also been developed. With the rapid development and adoption of mobile computing, high-speed Internet and reliable satellites, the use of precision farming technologies has grown so much over the past decade that it now affects practically every area of agricultural business. Currently, the RK market offers various equipment for precision farming such as parallel and automatic driving systems, yield mapping and etc. At the same time, the possibilities of obtaining efficiency from the use of precision farming systems in certain conditions of their use have not been fully studied. The article presents the results of comparative tests of a forage harvester «Krone BIG X 700» with a header «EasyCollect 750-2» for corn harvesting for silage in the conditions of Northern Kazakhstan. The purpose of the research was to establish the effect of the AUTO PILOT automatic steering system (without using a GPS signal) on the agrotechnical, energy and operational-technological performance of the forage harvester «Krone BIG X 700» with the header «EasyCollect 750-2». **Methodology.** The comparative test methodology was based on the requirements of state standards. In the process of comparative tests, the test conditions, agrotechnical, energy, operational-technological and economic indicators of the forage harvester «Krone BIG X 700» with the header «EasyCollect 750-2» equipped with an AUTO PILOT automatic steering system and without the use of the system in the North Kazakhstan region. Test conditions during corn harvesting for silage were typical for the zone of the North Kazakhstan region. **The scientific novelty** of the research lies in the fact that in the work the operational, technological and economic indicators of the parameters of technical means of precision farming systems in the conditions of the North Kazakhstan region were studied for the first time. **Research findings.** According to the results of the research, it was found that the use of the AUTO PILOT system (without using a GPS signal) in harvesting corn for silage with a unit consisting of the forage harvester «Krone BIG X 700» with the corn header «EasyCollect 750-2» does not provide changes in agrotechnical, operational technological and energy performance indicators, while increases the total cost of funds in the amount of 266 tenge/ha.

Keywords: digital technology, automatic steering, forage harvester.

Введение. В настоящее время сельскохозяйственные предприятия Северо-Казахстанской области имеют возможность использования различных технологий, для реализации которых предлагается отечественная и зарубежная сельскохозяйственная техника, продаваемая на мировом рынке. При этом техника, закупаемая сельхозтоваропроизводителями, имеет модельные ряды с различными технико-эксплуатационными показателями. Зачастую инженерные службы хозяйствующих субъектов, собираясь приобретать технику, не знают о её технических и технологических возможностях (тяговых возможностях, производительности в составе различных агрегатов, расхода топлива и т. д.) и вариантах её комплектации приборами и оборудованием для работы в системе точного земледелия из-за отсутствия научно-технической информации. При этом использование сельскохозяйственной техники и дорогостоящего цифрового оборудования не по назначению лишь увеличивает затраты на производство продукции растениеводства, не решая проблемы повышения производительности труда. Решить эту проблему можно за счет рационального применения современных тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин в системе точного земледелия на основании научно-технической информации об их возможностях для конкретных природно-производственных условий. Это особенно актуально в настоящее время, когда цифровые технологии находят широкое применение в сельском хозяйстве Казахстана.

В 2017 г. в Республике Казахстан принята государственная программа «Цифровой Казахстан», целями которой являются ускорение темпов развития экономики Республики Казахстан и улучшение качества жизни населения за счет использования цифровых технологий в среднесрочной перспективе, а также создание условий для перехода экономики Казахстана на принципиально новую траекторию развития, обеспечивающую создание цифровой экономики будущего в долгосрочной перспективе [1]. Цифровые технологии в сельском хозяйстве позволяют снизить риски, исключить человеческий фактор, снизить издержки и повысить производительность труда. Одним из способов повышения производительности труда в сельском хозяйстве является внедрение технологии точного земледелия.

Основой технологии точного земледелия является спутниковая система глобального позиционирования GPS, позволяющая обеспечить точное выполнение агротехнических приемов и технологий с детальным учетом почвенно-экологических условий агроландшафта [2, 3, 4].

Для развития технологий точного земледелия в ряде развитых стран проводятся исследования, направленные как на разработку новых технологий, так и на адаптацию к условиям применения, оценку влияния и эффективности их применения [5, 6, 7, 8, 9].

В соответствии с программой «Трансферт и

адаптация технологий по точному земледелию при производстве продукции растениеводства по принципу «демонстрационных хозяйств (полигонов)» в Северо-Казахстанской области Костанайским филиалом «Научно-производственный центр агроинженерии» проведены сравнительные испытания технических средств с элементами точного земледелия с целью их влияния на функционирование сельскохозяйственной техники на различных технологических операциях.

Методика. С целью определения влияния систем точного земледелия на уборку кукурузы на силос, Костанайским филиалом ТОО «НПЦ агроинженерии» проведены сравнительные испытания в условиях Северо-Казахстанской области кормоуборочного комбайна «Krone BIG X 700» с жаткой «EasyCollect 750-2» с использованием системы Auto pilot (автоматическое подруливание) и без использования системы.

Принцип работы системы основывается на двух датчиках (дугах), расположенных по центру кукурузной жатки, которые в процессе движения взаимодействуют с растениями кукурузы в рядах, отслеживают расстояние между рядами кукурузы и передают импульсы в блок управления, автоматически направляя машину вдоль кукурузного ряда (рисунок 1). Полную информацию о происходящем в процессе работы, технические параметры работы двигателя, измельчающего аппарата, ускорительного блока выдает информационный терминал управления KRONE EasyTouch (рисунок 2).



Рисунок 1 – Датчики (дуги) системы AUTO PILOT



Рисунок 2 – Информационный терминал управления KRONE EasyTouch

При проведении испытаний определялись функциональные, энергетические и эксплуатационно-технологические показатели применения агрегата в системе точного земледелия. Оценка условий проведения испытаний и функциональных показателей проводилась в соответствии с ГОСТ 20915 [10] и ГОСТ 54782 [11]. Энергетическая оценка агрегата проводилась в соответствии с ГОСТ Р 52777 [12]. Эксплуатационно-технологическая оценка работы агрегата проводилась по ГОСТ 24055-16 [13]. Обработка полученных данных проводилась методом математической статистики [14]. Оценка экономической эффективности агрегатов определялась по СТ РК ГОСТ Р 53056 [15].

Результаты. Сравнительные испытания кормоуборочного комбайна «Krone BIG X 700» с кукурузной жаткой «EasyCollect 750-2» с элементами точного земледелия проводились с 27 августа по 1 сентября 2020 г.

Условия испытаний при уборке кукурузы на силос при лабораторно-полевых, эксплуатационно-технологических испытаниях были следующие: урожайность – 24,3 т/га, влажность зеленой массы – 44,4 %, высота растений – 218 см, диаметр стебля на высоте среза – 15 мм, ширина междурядий – 76,4 засоренность сорняками отсутствует. Погодные условия, состояние почвы и характеристика убираемой культуры на период испытаний не препятствовали технологическому процессу уборки кукурузы на силос.

При проведении сравнительных испытаний определялось влияние системы AUTO PILOT на агротехнические показатели кормоуборочного комбайна. Агротехнические показатели комбайна при сравнительных испытаниях без использования системы AUTO PILOT на уборке кукурузы на силос представлены в таблице 1.

Агротехническая оценка комбайна кормоуборочного на уборку кукурузы на силос, без использования системы AUTO PILOT, проводилась на скоростях движения 6,6; 8,5 и 10,5 км/ч. Установочная высота среза и фактическая ширина захвата жатки во всех вариантах опытов равнялась 22 см и 7,4 м соответственно. При этом пропускная способность кормоуборочного комбайна составляла 31,5; 40,0 и 49,8 кг/с. Общие потери на всех скоростях движения не превышают 1%, что соответствует нормативной документации (НД). Однородность измельченной массы при установочной длине резки 29 мм составила 77,9–85,6%. На скорости движения 10,5 км/ч однородность измельченной массы не соответствует НД не менее 80%.

Агротехнические показатели комбайна кормоуборочного при сравнительных испытаниях с использованием системы AUTO PILOT на уборке кукурузы на силос представлены в таблице 2.

Агротехническая оценка комбайна кормоуборочного на уборку кукурузы на силос, с использованием системы AUTO PILOT, проводилась на скоростях движения 6,5; 8,5 и 10,6 км/ч.

Таблица 1 – Агротехнические показатели комбайна кормоуборочного «Krone BIG X 700» при сравнительных испытаниях без использования системы AUTO PILOT

Показатели	Значения показателей			
	по НД	по испытываемой машине		
		опыт 1	опыт 2	опыт 3
1	2	3	4	5
Дата проведения испытаний	–	28.08.2020		
Установочная длина резки, мм	5-29	29		
Рабочая скорость движения агрегата, км/ч	8,0–12,0	6,6	8,5	10,5
Рабочая ширина захвата, м	7,5	7,4		
Количество ножей, шт	–	18		
Пропускная способность, кг/с	–	31,5	40,1	49,8
Производительность, т/ч	–	113,4	144,3	179,3
Высота среза, см	–	–		
– установочная		22		
– фактическая		23,0	22,9	22,9
– стандартное отклонение, ± см		2,6	2,5	2,6
– коэффициент вариации, %		11,4	11,1	11,2
Общие потери, % в т.ч.	Не более 1	0,6	0,7	0,7
– срезанными растениями	Нет данных	0,11	0,13	0,15
– несрезанными растениями	Тоже	0,41	0,47	0,49
– листьями, початками, и их частями	-//-	0,07	0,10	0,11
Полнота сбора урожая, %	Не менее 99	99,4	99,3	99,2
Качество измельчения: фракционный состав растительного материала по длине резки, %, размер частиц, мм:				
от 0 до 10 включ.	Нет данных	23,7	19,7	13,3
св. 10 " 20 "	тоже	25,4	24,4	16,3
" 20 " 30 "	-//-	30,7	27,4	20,3
"30" 50 "	-//-	6,4	8,7	14,7
" 50" 70 "	-//-	7,3	11,7	14,0
"70 " 90 "	-//-	6,6	8,0	10,7
– однородность измельченной массы, %	Не менее 80	85,6	81,5	77,9

Установочная высота среза и фактическая ширина захвата жатки во всех вариантах опытов равнялась 22 см и 7,4 м соответственно. При этом пропускная способность кормоуборочного комбайна составляла 32,7; 39,9 и 49,4 кг/с. Общие потери на всех скоростях движения не превышают 1%, что соответствует НД. Однородность измельченной массы при установочной длине резки 29 мм составила 74,1–83,8%. На скорости движения 10,5 км/ч

однородность измельченной массы не соответствует нормативной документации не менее 80%.

Таблица 2 – Агротехнические показатели комбайна кормоуборочного «Krone BIG X 700» при сравнительных испытаниях с использованием системы AUTO PILOT

Показатели	Значения показателей			
	по НД	по испытываемой машине		
		опыт 1	опыт 2	опыт 3
1	2	3	4	5
Дата проведения испытаний	–	30.08.2020		
Установочная длина резки, мм	5-29	29		
Рабочая скорость движения агрегата, км/ч	8,0–12,0	6,5	8,5	10,6
Рабочая ширина захвата, м	7,5	7,4		
Количество ножей, шт	–	18		
Пропускная способность, кг/с	–	32,7	39,7	49,4
Производительность, т/ч	–	117,8	143,9	178,0
Высота среза, см	–	–		
– установочная		22		
– фактическая		23,2	23,1	22,5
– стандартное отклонение, ± см		2,6	2,5	2,6
– коэффициент вариации, %		11,0	11,4	11,0
Общие потери, % в т.ч.	Не более 1	0,6	0,6	0,7
– срезанными растениями	Нет данных	0,11	0,12	0,14
– несрезанными растениями	Тоже	0,36	0,43	0,47
– листьями, початками и их частями	–/–	0,08	0,11	0,10
Полнота сбора урожая, %	Не менее 99	99,4	99,3	99,2
Качество измельчения: фракционный состав растительного материала по длине резки, %, размер частиц, мм:				
от 0 до 10 включ.	Нет данных	24,0	20,7	13,7
св. 10 " 20 "	тоже	23,0	25,1	19,0
" 20 " 30 "	–/–	31,7	26,1	19,0
"30" 50 "	–/–	8,0	9,0	18,7
" 50" 70 "	–/–	7,3	11,0	14,7
"70" 90 "	–/–	6,2	8,7	9,0
– однородность измельченной массы, %	Не менее 80	83,8	82,8	74,1

Энергетическая оценка комбайна «Krone BIG X 700» проводилась одновременно с агротехнической оценкой на уборке кукурузы на силос. При проведении сравнительных испытаний комбайна

«Krone BIG X 700» в агрегате с жаткой «EasyCollect 750-2» определялось влияние системы AUTO PILOT на энергетические показатели агрегата.

Результаты энергетической оценки комбайна «Krone BIG X 700» на уборке кукурузы на силос без использования системы AUTO PILOT приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Энергетические показатели кормоуборочного комбайна «Krone BIG X 700» при сравнительных испытаниях без использования системы AUTO PILOT

Показатели	Значение показателей			
	по ТУ	по результатам испытаний		
		опыт 1	опыт 2	опыт 3
1	2	3	4	5
Режим работы:				
- рабочая скорость движения, км/ч	До 22	6,6	8,5	10,5
- рабочая ширина захвата, м	7,5	7,4		
Производительность основной работы, т/ч га/ч	–/–	113,4 4,9	144,3 6,3	179,3 7,8
Расход топлива, кг/ч	Нет данных	62,8	80,1	98,9
Потребляемая мощность, кВт	Тоже	314,1	390,9	482,2
Мощность на привод рабочих органов машины, кВт	–/–	264,1	326,5	402,6
Мощность, затрачиваемая на самопередвижение, кВт	–/–	50,0	64,4	79,6
Удельные энергозатраты, МДж/т МДж/га	–/– –/–	10,0 234,6	9,8 223,8	9,7 223,4

Результаты энергетической оценки комбайна «Krone BIG X 700» на уборке кукурузы на силос без использования системы AUTO PILOT показали, что с увеличением скорости движения с 6,6 до 10,6 км/ч и рабочей ширине захвата жатки 7,4 м производительность комбайна увеличивалась с 113,4 до 179,3 т/ч, при этом расход топлива находился в пределах 62,8-98,9 кг/ч. При установочной длине резки кукурузы 29 мм мощность, потребляемая комбайном на выполнение технологического процесса, составляла 314,1-482,2 кВт, а удельные энергозатраты – 234,6-223,4 МДж/га. При номинальной мощности 568 кВт загрузка кормоуборочного комбайна находилась в пределе 55,3-84,9%.

Результаты энергетической оценки комбайна «Krone BIG X 700» на уборке кукурузы на силос с использованием системы AUTO PILOT приведены в таблице 4.

Результаты энергетической оценки комбайна «Krone BIG X 700» на уборке кукурузы на силос с использованием системы AUTO PILOT показали, что с увеличением скорости движения с 6,5 до 10,6 км/ч и при рабочей ширине захвата жатки 7,4 м производительность комбайна увеличивалась с 117,8 до 178,0 т/ч (4,8-7,9 га/ч), при этом расход топлива находился в пределах 64,5-98,5 кг/ч.

Таблица 4 – Энергетические показатели кормоуборочного комбайна Krone BIG X 700» при сравнительных испытаниях с использованием системы AUTO PILOT

Показатели	Значение показателей			
	по ТУ	по результатам испытаний		
		опыт 1	опыт 2	опыт 3
Режим работы:				
- рабочая скорость движения, км/ч	До 22	6,5	8,5	10,6
- рабочая ширина захвата, м	7,5	7,4		
Производительность основной работы, т/ч га/ч	-/-	117,8 4,8	143,9 6,3	178,0 7,9
Расход топлива, кг/ч	Нет данных	64,5	80,7	98,5
Потребляемая мощность, кВт	Тоже	323,4	390,5	479,5
Мощность на привод рабочих органов машины, кВт	-/-	273,4	326,1	399,9
Мощность, затрачиваемая на самопередвижение, кВт	-/-	50,0	64,4	79,6
Удельные энергозатраты, МДж/т МДж/га	-/- -/-	9,9 241,8	9,8 225,2	9,7 220,0

При установочной длине резки кукурузы 29 мм мощность, потребляемая комбайном на выполнение технологического процесса, составляла 323,4-479,5 кВт, а удельные энергозатраты – 241,8-220,0 МДж/га. При номинальной мощности 568 кВт загрузка кормоуборочного комбайна находилась в пределах 56,9-84,4 %. В указанных условиях рациональным режимом работы кормоуборочного комбайна является движение на скорости – 8,5 км/ч. На этом режиме обеспечивается выполнение агротехнических показателей в соответствии с требованиями НД. Максимальная производительность 6,3 га/ч или 144,3 т/ч за один час основного времени. Расход топлива составляет 80,7 кг/ч, а потребляемая мощность – 390,5 кВт.

При проведении сравнительных испытаний определялось влияние системы AUTO PILOT на эксплуатационно-технологические показатели кормоуборочного комбайна «Krone BIG X 700» в агрегате с жаткой «EasyCollect 750-2». Работы проводились на скорости движения 8,5 км/ч.

Эксплуатационно-технологические показатели комбайна «Krone BIG X 700» без использования системы и с системой AUTO PILOT приведены в таблице 5.

Результаты испытаний показали, что производительность комбайна «Krone BIG X 700» в агрегате с жаткой «EasyCollect 750-2» без использования системы AUTO PILOT за 1 час основного времени составила 6,2 га/ч или 144,0 т/ч. Коэффициент использования сменного и эксплуатационного времени составил 0,74. Удельный расход топлива составил 13,2 кг/га или 0,6 кг/т. Общая наработка комбайна – 84,6 га или 1917,8 тонн силоса за 24 час сменного времени. Данные показатели были идентичны работе с использованием системы.

Таблица 5 – Эксплуатационно-технологические показатели комбайна «Krone BIG X 700» с использованием системы AUTO PILOT и без системы

Показатели	Значение показателя		
	по НД	без системы	с системой
Режим работы:	–	–	–
- рабочая скорость движения, км/ч	не более 22	8,5	8,5
- рабочая ширина захвата жатки, м	до 7,5	7,4	7,4
Эксплуатационные показатели:	–	–	–
а) пропускная способность, кг/с	нет данных	40,1	40,1
б) производительность за 1 ч времени:	–	–	–
- основного, га	нет данных	6,2	6,3
т	нет данных	144,0	143,9
- сменного, га	нет данных	4,6	4,6
т	тоже	106,1	106,8
- эксплуатационного, га	-/-	4,6	4,6
т	-/-	106,1	106,8
в) удельный расход топлива, кг/га	-/-	13,2	13,2
кг/т	-/-	0,6	0,6
Эксплуатационно-технологические коэффициенты:			
- надежности технологического процесса	не менее 0,98	1	1
- использования сменного времени	не менее 0,72	0,74	0,74
- использования эксплуатационного времени	нет данных	0,74	0,74
Показатели качества технологического процесса			
Общие потери, %	не менее 1	0,70	0,60
Полнота сбора урожая, %	не менее 99	99,3	99,3
Однородность измельченной массы, %	не менее 80	81,5	82,6
Расщепление стеблей, %	100	100	100

Результаты испытаний с использованием системы AUTO PILOT показали, что производительность комбайна «Krone BIG X 700» за 1 час основного времени составила 6,3 га/ч или 143,9 т/ч. Производительность за один час сменного и эксплуатационного времени составила 4,6 га или 106,8 т. Коэффициент использования сменного и эксплуатационного времени составил 0,74. В процессе проведения эксплуатационно-технологической оценки технические отказы не были зафиксированы, поэтому коэффициенты использования сменного и эксплуатационного времени имеют одинаковое значение. Удельный расход топлива составил 13,2 кг/га или 0,6 кг/т. Общая наработка комбайна – 84,6 га или 1918,8 тонн силоса, за 24 час сменного времени.

Результаты экономической оценки показали, что годовые совокупные затраты денежных средств при эксплуатации кормоуборочного комбайна «Krone BIG X 700» с кукурузной жаткой «Krone Easycollect 750-2», оборудованного системой AUTO PILOT, выше, чем при использовании кормоубороч-

ного комбайна «Krone BIG X 700» без системы, на 145,1 тыс. тенге. Таким образом, применение на уборке кукурузы на силос кормоуборочного комбайна «Krone BIG X 700» с кукурузной жаткой «Krone Easycollect 750-2», оборудованного системой AUTO PILOT, приводит к увеличению совокупных затрат денежных средств в размере 266 тенге/га.

Выводы. По результатам сравнительных испытаний можно сделать вывод: применение системы автоматического подруливания AUTO PILOT на кормоуборочном комбайне «Krone BIG X 700» не оказывает существенного влияния на агротехнические, энергетические и эксплуатационно-технологические показатели; также установлено, что применении системы Auto pilot позволяет оператору уделять больше внимания контрольно-измерительным приборам и контролировать процесс наполнения рядом идущей емкости, исключая переполнение и просыпание измельченной массы силоса за пределы борта.

Список литературы

1 Модернизация АПК на основе трансферта новых знаний и цифровых технологий // Ежедневная общенациональная газета «Казахстанская правда». 2017. № 237. С. 7.

2 Якушев В.В. Информационное обеспечение точного земледелия: монография. СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016. 364 с.

3 Иванченко П.Г., Султанов И.И. Система картирования урожайности и ее элементы при внедрении технологии точного земледелия // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 1 (33). С. 57-61.

4 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. Pp. 1-12.

5 Mulla D., Khosla R. Historical evolution and recent advances in Precision Farming // Advances in Soil Science, Soil-Specific Farming Precision agriculture / edited by R. Lal, B.A. Stewart. 2016. Pp.1-25.

6 Bolfe E.L., Jorge L.A., Sanches I.D., Junior A.L., Costa C.C. Precision and digital agriculture: adoption of technologies and perception of Brazilian farmers // Agriculture (Switzerland). 2020. Vol. 10. Pp. 1-16.

7 Precision agriculture'15: Papers presented at the 10th European Conference on Precision Agriculture // Wageningen Academic Publisher: J.V. Stafford. Volcani Center, Israel. 2015. Pp. 91-105.

8 Seeding maneuvers using navigation system / L.C. Garcia [et al.] // Engenharia Agricola. 2016. Vol. 36. № 2. Pp. 361-366.

9 Widmar A. Bruce Erickson and David // Precision agricultural services dealership survey results. Purdue university, 2015. 37 p.

10 ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2013. 23 с.

11 ГОСТ Р 54782-2011. Машины кормоуборочные. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2012. 50 с.

12 ГОСТ Р 52777-2007. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. М.: Стандартинформ, 2008. 14 с.

13 ГОСТ 24055-2016. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. М.: Стандартинформ, 2020. 39 с.

14 Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. М.: Колос, 1967. 159 с.

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

List of reference

1 Modernization of agro-industrial complex on the basis of transfer of new knowledge and digital technologies // Weekly national newspaper Kazakhstan Pravda. 2017. № 237. P. 7

2 Yakushev V.V. Information support of precision farming: monograph. SPb: FGBNU AFI. 2016. 364 p.

3 Ivanchenko P.G., Sultanov I.I. Yield mapping system and its elements in the implementation of precision farming technology // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2020. № 1 (33). Pp. 57-61/

4 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. Pp. 1-12.

5 Mulla D., Khosla R. Historical evolution and recent advances in Precision Farming // Advances in Soil Science, Soil-Specific Farming Precision agriculture / edited by R. Lal, B.A. Stewart. 2016. Pp.1-25.

6 Bolfe E.L., Jorge L.A., Sanches I.D., Junior A.L., Costa C.C. Precision and digital agriculture: adoption of technologies and perception of Brazilian farmers // Agriculture (Switzerland). 2020. Vol. 10. Pp. 1-16.

7 Precision agriculture'15: Papers presented at the 10th European Conference on Precision Agriculture // Wageningen Academic Publisher: J.V. Stafford. Volcani Center, Israel. 2015. Pp. 91-105.

8 Seeding maneuvers using navigation system / L.C. Garcia [et al.] // Engenharia Agricola. 2016. Vol. 36. № 2. Pp. 361-366.

9 Widmar A. Bruce Erickson and David // Precision agricultural services dealership survey results. Purdue university, 2015. 37 p.

10 GOST 20915-2011. Agricultural machinery tests. Methods for determining test conditions. M.: FGUP "Standartinform", 2013. 23 p.

11 GOST R 54782-2011. Forage harvesting machines. Test methods. M.: Standartinform. 2012. 50 p.

12 GOST R 52777-2007. Agricultural machinery. Energy assessment methods. M.: Standartinform. 2008. 14 p.

13 GOST 24055-2016. Agricultural machinery. Operational and technological assessment methods. M.: Standartinform. 2020. 39 p.

14 Vedenyapin G.V. General method of experimental research and processing of experimental data. M.: Kolos, 1967. 159 p.

15 ST RK GOST R 53056-2010. Agricultural machinery. Economic valuation methods. Astana: Committee on Technical Regulation and Metrology of the Ministry of Industry and Trade of the Republic of Kazakhstan, 2010. 26 p.