

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 1 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**

выходит 4 раза в год \_\_\_\_\_

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

---

<https://10.48081/BNAS6555>

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.  
*к.т.н., профессор*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*  
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD*  
Омарова А.Р., *технический редактор*

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов  
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

**\*А. Н. Алтыбаев<sup>1</sup>, Е. К. Конысбаев<sup>2</sup>, Е. С. Ержигитов<sup>3</sup>,  
К. М. Акишев<sup>4</sup>, А. Д. Тулегулов<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,5</sup>ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии»,

Республика Казахстан, г. Алматы;

<sup>4</sup>Казахский университет технологии и бизнеса,

Республика Казахстан, г. Астана

email: narikovich@yandex.ru

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОДПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

*Приведены результаты проектно-исследовательских изысканий по созданию автоматизированной системы управления подпочвенным внесением удобрений с целью повышения эффективности работы мобильных агрегатов в растениеводстве. Разработана условно-логическая архитектура автоматизированной системы управления состоянием исполнительных механизмов высевающего аппарата для сеялки подпочвенного внесения удобрений, а также конструктивно-технологические методы их реализации с использованием доступных программно-аппаратных средств современных информационно-телекоммуникационных и цифровых технологий. Реализована программная интеграция с глобальной навигационной спутниковой системой (GPS/ГЛОНАСС). По результатам производственно-эксплуатационного тестирования подтверждена функциональная работоспособность предлагаемой автоматизированной системы управления исполнительными органами высевающего аппарата серийно выпускаемой сеялки (СЗС-2.1), что обеспечивает дифференцированное внесение удобрений исходя из фактической потребности почвенных условий на каждом участке посевной площади, а также обеспечивает снижение энергозатрат связанных с декорбонизацией окружающей среды. Анализ возникновения и развития системы точного земледелия позволяет сформулировать*

*следующую ее сущность, имеющую практическое значения для реальных производственных процессов производства полевых работ: точное земледелие – это совокупность относительно самостоятельных технологий. Результаты исследования позволяют, обеспечить дозированное внесение удобрений, с учетом характера и потребности почвы, повышая культуру, результат и эффективность выполнения технологических операций.*

*Ключевые слова: автоматизированная система управления, производственные процессы, инновации, спутниковая навигация, программное обеспечение, тестирование работоспособности, эффективность.*

## **Введение**

Производственно-технологические процессы сельского хозяйства с позиции управляемости относятся к наиболее сложным объектам, в силу того что поведение большинства ресурсов производственных процессов определяется естественно-природными условиями.

Современная парадигма инновационного развития сельскохозяйственного производства сопряжена с широким применением информационно-цифровых технологий, электроники, автоматизированных систем. Интеллектуальной основой для этого служат фундаментальные инновационные решения в других сферах и отраслях, которые также успешно используются и в сельском хозяйстве. Принято, что современная инновационная основа сельскохозяйственного производства базируется на системы точного земледелия [1, 2, 3].

В то же время следует отметить, несмотря на ряд положительных тенденций, в целом трансформационные процессы в области производства полевых механизированных протекают фрагментарно, прикладно-практическая реализация IT-решений сопровождается поставкой на рынок техники (в частности, технологические комплексы для мобильных процессов в земледелии) стоимостью, не сопоставимой с экономическими возможностями сельскохозяйственного производства.

Анализ возникновения и развития системы точного земледелия [4, 5] позволяет сформулировать следующую ее сущность, имеющую практическое значения для реальных производственных процессов производства полевых работ: точное земледелие – это совокупность относительно самостоятельных технологий (технологии GPS и GIS, точного картографирования полей и др.), необходимость внедрения которых определяется имеющимися ресурсами конкретного производства, а также научно-техническим потенциалом на данном этапе производственных отношений.

### **Методы и материалы**

Методологическую основу работы составляет совокупность методов научного познания, среди которых основное место занимают анализ литературы по проблеме исследования. Методы научной абстракции, индукции и дедукции применены для определения сути и содержания ряда понятий, имеющих непосредственное отношение к теме настоящей работы. Информационной базой исследования послужили нормативно-технические материалы, учебная, справочная литература, мнение различных авторов содержащихся в литературных источниках, статистические сборники. Методика проведения апробации – полевые испытания транспортно-технологических машин с учетом ГОСТ Р 54783-2011. Испытания сельскохозяйственной техники.

### **Результаты и обсуждение**

Для разработки (синтеза) автоматизированной системы управления внесения удобрений (АСДВУ) на базе серийно выпускаемых агрегатов реализованы следующие конструкторско-технологические и программно-аппаратные решения:

- механизм привода вала высевающего аппарата от прикатывающих катков сеялки заменен на привод от электродвигателя;
- в качестве управляющего параметра принята частота вращения электродвигателя;
- в основу дифференцированного внесения удобрений принят «off-line» подход с использованием доступных программно-аппаратных средств современных информационно-телекоммуникационных и цифровых технологий.

Согласно «off-line» подходу нормы внесения по каждому участку поля определяются заранее, и техника работает по уже введенной программе со всеми расчётами. Программно-аппаратная составляющая технологической системы по координатам спутниковой навигационной системы определяет текущее положение мобильного агрегата, сравнивает его с данными электронной карты и обеспечивает соответствующую норму внесения удобрений.

АСДВУ состоит (см.рис.1) из навигационного приемника Trimble NAV-900 (GPS/ ГЛОНАСС), контроллера Raspberry Pi3, сенсорного дисплея HEV1001, электродвигателя (ЭлДв) для привода высевающих аппаратов, а также датчиков скорости вращения высевающего аппарата (n), датчика скорости движения агрегата (VMТA) и блока управления внешними устройствами. В контроллере на основе полученных из приемника навигационных данных определяются положения сеялки в пространстве.

Далее, положение сеялок в пространстве сравниваются с положением полигонов на цифровой карте.

Для измерения скорости вращения вала высевающего аппарата на нем смонтированы магнитное колесо с 12 магнитами и датчик Холла. Данные о скорости вращения вала высевающего аппарата из блока управления внешними устройствами поступают в контроллер, и пересчитываются в кг/га. Пересчитанные данные сравниваются с нормой внесения из карты-задания и текущим положением агрегатов, а также используются для формирования отчета о проделанной работе.

Данные с датчика Холла о скорости вращения опорного колеса сеялки из блока управления внешними устройствами поступают в контроллер Raspberry Pi3, где пересчитываются в скорость перемещения агрегатов и используются для дозирования удобрений.

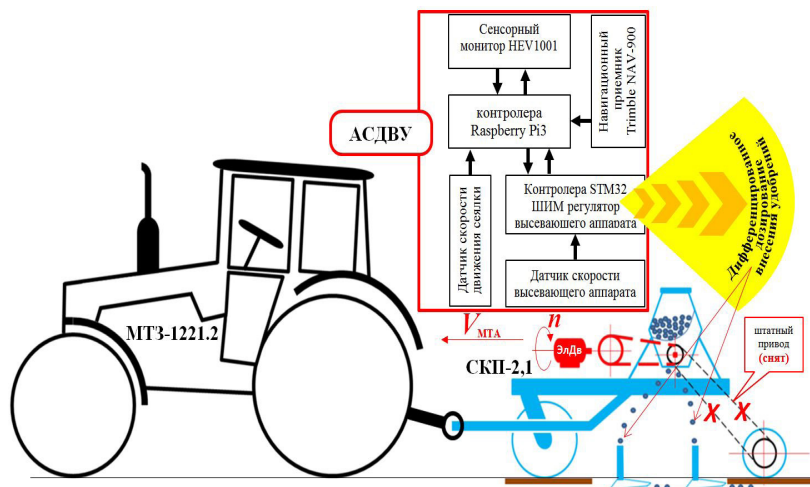


Рисунок 1 – Условно-логическая архитектура автоматизированной системы дифференцированного внесения удобрений (АСДВУ)

Обмен данными между блоком управления внешними устройствами и контроллером RaspberryPi3 осуществляется по протоколу RS232.

Отчет о проделанной работе сохраняется в память контроллера Raspberry Pi3 с возможностью переноса на внешние накопители и содержит следующую информацию:

- положение обработанных участков на местности;
- количество израсходованного удобрения;
- средний расход удобрений на единицу площади;
- длина пройденного пути;
- обработанная площадь.

Программное обеспечение разработано на языке Python в свободно распространяемой операционной системе Linux и состоит из блока обработки навигационных данных, блока обработки электронной карты, блока управления внешними устройствами, блока визуализации, блока конвертации данных.

Входными данными для программного обеспечения в данной постановке задачи являются:

- карта-задание с указанием соответствующей нормой внесения удобрений;
- данные текущего местоположения;
- данные об оборотах вала высевяющего аппарата;
- данные расположения сеялки относительно фазового центра навигационной антенны;
- данные о скорости движения агрегата;

При этом программное обеспечение генерирует следующие выходные отчеты (документы):

- управляющую (командную) информацию исполнительным органам об изменении нормы высева;
- отчет о проделанной работе;
- текущие данные о количестве вносимого удобрения;
- сигнал о критическом уровне удобрений в бункере.

Производственно-эксплуатационное тестирование работоспособности АСДВУ проводилось на опытном поле Казахского научно-исследовательского института земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР) при внесении минеральных удобрений агрегатом в составе трактора МТЗ-1221.2 с двумя сеялками СКП-2, 1. Потребность почвы в удобрениях определялась отбором почвы и последующим агрохимическим анализом учеными-специалистами КазНИИЗиР и была составлена Карта-задание в виде электронной карты с расчетными показателями потребных норм высева (см.рис.2). Карта-задание для дифференцированного внесения удобрений представляет собой «шейп-файл», которая состоит из нескольких файлов с одинаковым именем, но разными расширениями. Основой формата являются три обязательных файла: .shp, .shx и .dbf. Карта-задание содержит в себе пространственно привязанную информацию о дозах внесения удобрений в виде набора полигонов. Алгоритм работы программы приведен на рисунке 3.

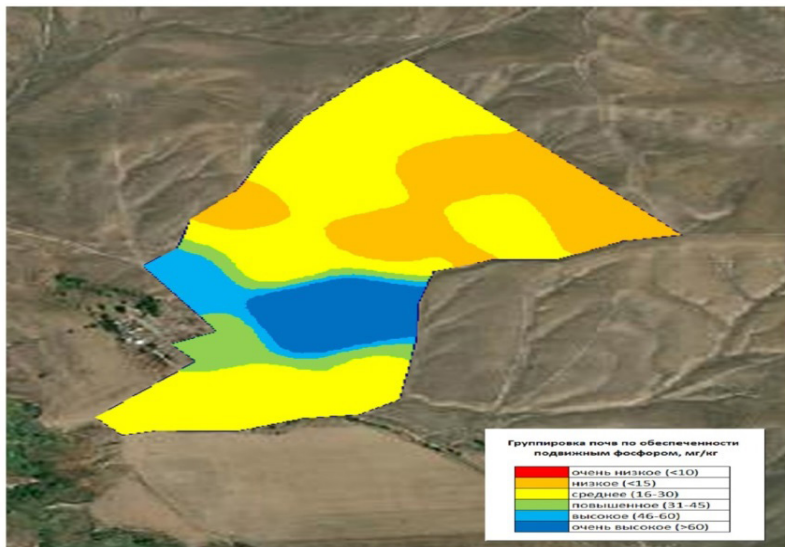


Рисунок 2 – Карта-задание для дифференцированного внесения удобрений



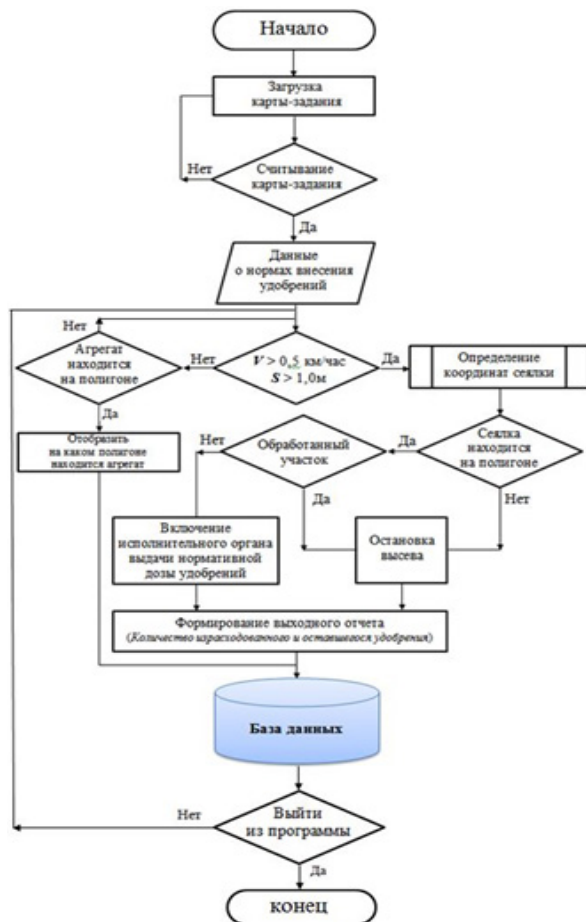


Рисунок 3 – Алгоритм работы программного обеспечения

Перед началом испытаний проводились следующие регулировки и настройки исполнительных органов высевяющих аппаратов сеялок:

- регулировочная задвижка выходного окна в задней стенке зернотукового ящика установлена на расстояние 20 мм от нижнего края окна;
- зазоры между клапанами туковых аппаратов и высевяющих катушек установлены на 6 мм;
- тарировка дозы внесения удобрений путем взвешивания удобрения, высевянного в течение 5 мин на скорости вращения высевяющих барабанов

12 об/мин. Полученные значения введены в программу блоков управления внешними устройствами.

По результатам производственно-эксплуатационного тестирования установлены:

1 отклонение высева от требуемой нормы внесения удобрений составляет не более 4 %;

2 оптимальный диапазон скоростей движения агрегата для обеспечения заданных норм высева:

– для внесения удобрений в количестве 200 кг/га скорость агрегата не должна превышать 4 км/ч;

– для внесения удобрений в количестве 70 кг/га скорость агрегата не должна быть менее 5 км/ч;

3 подтверждена работоспособность основных функционалов программного обеспечения системы автоматизированного внесения удобрений:

– обработка электронной карты поля с нормами внесения удобрений через внешний носитель информации;

– внесение удобрений согласно электронной карте-задания;

– автоматическое отключение части или всех исполнительных устройств при заходе на обработанный участок поля;

– звуковые подсказки при критическом уровне удобрений в бункере;

– автоматическое составление отчета о проделанной работе и сохранение его в память устройства.

### **Выводы**

Практическая реализация разработанной автоматизированной системы управления подпочвенного внесения удобрений в полевых условиях позволила:

– сохранить конструктивно-технологические основы технологической машины серийного выпуска;

– создать предпосылки для реализации цифровой трансформации эксплуатационных решений;

– повысить эффективности производства полевых механизированных работ;

– снизить энергозатраты при выполнении полевых работ;

– обеспечить дозированное внесение удобрений, с учетом характера и потребности почвы, повышая культуру, результат и эффективность выполнения технологических операций.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Инновационные достижения науки и техники АПК : сборник научных трудов. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 651 с.

2 **Павловский, В.** Точное земледелие – умная технология XXI века / В. Павловский, А. Мучинский, Г. Добыш // Белорусское сельское хозяйство. – 2011. – №4. – С. 27–31.

3 **Якушев, В. В.** Информационно-технологические основы прецизионного производства растениеводческой продукции автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук, – Спб., 2013.

4 **Алтыбаев, А. Н.** Состояние и тенденции информатизации в сельском хозяйстве // Материалы III Международная научно-практическая конференция «Состояние, проблемы и задачи информатизации в Казахстане», посв. 80-летию КазНТУ им. К.И. Сатпаева и 20-летию Межд. Академии Информатизации (г. Алматы, 20-22 ноября 2014 г.).

5 **Балабанов, В. И. и др.** Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. Учебное пособие / В.И. Балабанов, А. И. Беленков, Е. В. Березовский. – М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2013. – 117 с.: ил.

6 [Электронный адрес].– <https://gpsbazar.kz>

7 **Бычков, И. В.** Применение ГИС и ВЕБ-технологий для создания интегрированных информационно-аналитических систем // Вычислительные технологии. – 2007. – Т. 12, – Спец. вып. 3. С. 5–19.

8 **Якушев, В. П.** Выделение однородных зон на поле по урожайности отдельных участков // Докл. РАСХН. – 2007. – № 3. – С. 33–36.

9 **Черняков, Б. А.** Высокотехнологичное земледелие США // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – № 1–5.

10 **Букин, М.** Глобальная навигация // PC WEEK/RE. – 2008. – № 25 (631).

## REFERENCES

1 Innovacionnie dostizheniya nauki i tehniki APK [Innovative achievements of science and technology of agroindustrial complex]. – Kinel : RIO Samara State University, 2020. – 651 p.

2 **Pavlovskii, V.** Tochnoe zemledelie-umnzya tehnologiya XXI v. [Precision agriculture – the smart technology of the XXI century] // Belarusian agriculture. – 2011. – No. 4. – P 27–31.

3 **Yakushev, V.** Informazionno-tehnologicheskie osnovi precezionnogo proizvodstva rastenivodcheskoi produkcii [Information and technological bases of

precision production of crop products] /Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. – St. Petersburg, 2013.

4 **Altybaev, A. N.** Sosnoyanie I tendenzii informatizacii v selskom khozyastve [The state and trends of informatization in agriculture] // Materials of the III International Scientific and Practical Conference «The state, problems and tasks of informatization in Kazakhstan» dedicated to the 80th anniversary of KazNTU named after K.I. Satpayev and the 20th anniversary of the International Academy of Informatization. Almaty, November 20–22, 2014.

5 **Balabanov, V., Belenkov, A., Berezovskiy, E. V.** Navigazionnie technologii v selskom chozyaistve. Koordinatnoe zemledelie. [Navigation technologies in agriculture. Coordinate farming] //Textbook. V. I. Balabanov, A. I. Belenkov, E. V. Berezovsky. – М. : Publishing house of RGAU-MSHA named after K. A. Timiryazev, 2013. – 117 p.: ill.

6 [Electronic resource] – <https://gpsbazar.kz>

7 **Bychkov, I. V., Ganchenko, A. S.** Primenenie Web technologii dlya sozdaniya integrirovannich informacionno-analiticheskich system [Application of GIS and WEB technologies for the creation of integrated information and analytical systems] // Computing technologies. – 2007. – Vol. 12. – Special issue. 3. – P. 5–19.

8 **Yakushev, V. P.** Videlenie odnorodnich zon na pole po yrozhainosti otdelnich ychastkov [Allocation of homogeneous zones in the field according to the yield of individual plots] // Dokl. RASKHN. – 2007. – No. 3. – P. 33–36.

9 **Chernyakov, B. A.** Visokotekhnologichnoe zemledelie SSHA [High-tech agriculture in the USA] // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2004. – No. 1–5.

10 **Bykin, M.** Globalnaya navigaciya [Global navigation] // PC WEEK/RE. 2008. No. 25 (631).

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

\**А. Н. Алтыбаев<sup>1</sup>, Е. К. Қонысбаев<sup>2</sup>, Е. С. Ержігітов<sup>3</sup>,  
К. М. Ақишев<sup>4</sup>, А. Д. Тулегұлов<sup>5</sup>*

<sup>1,2,3,5</sup>Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығы ЕЖШС, Қазақстан Республикасы, Алматы қ;

<sup>4</sup>Қазақ технология және бизнес университеті,  
Қазақстан Республикасы, Астана қ.,

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

## ПРОЦЕСТІ БАСҚАРУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ПРАКТИКАЛЫҚ ІСКЕ АСЫРУ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ ТОПЫРАҚҚА

Өсімдік шаруашылығындағы мобильді агрегаттар жұмысының тиімділігін арттыру мақсатында тыңайтқыштарды жер қойнауын басқарудың автоматтандырылған жүйесін құру бойынша жобалау-зерттеу зерттеулерінің нәтижелері келтірілген. Тыңайтқыштарды жер қойнауына себу үшін егу ап-паратының атқарушы тетіктерінің жай-күйін басқарудың автоматтандырылған жүйесінің шартты-логикалық архитектурасы, сондай-ақ қазіргі заманғы ақпараттық-телекоммуникациялық және цифрлық технологиялардың қолжетімді бағдарламаларын-аппараттық құралдарын пайдалана отырып, оларды іске асырудың конструктивті-технологиялық әдістері әзірленді. Фаламдық навигациялық спутниктік жүйемен (GPS/ГЛОНАСС) бағдарламалық интеграция іске асырылды. Өндірістік-пайдалану тестілеуінің нәтижелері бойынша сериялық шығарылатын сепкіштің (СЗС-2.1) себу аппаратының (СЗС-2.1) ұсынылатын автоматтандырылған басқару жүйесінің функционалдық жұмыс қабілеттілігі расталды, бұл егіс алқабының әрбір учаскесіндегі топырақ жағдайларының нақты қажеттілігіне негізделген тыңайтқыштарды саралап енгізуді қамтамасыз етеді, сондай-ақ декорбонизацияға байланысты энергия шығынын азайтуды қамтамасыз етеді-қоршаған орта. Нақты егіншілік жүйесінің пайда болуы мен дамуын талдау оның нақты өндірістік процестері үшін практикалық маңызы бар келесі мәнін тұжырымдауға мүмкіндік береді: нақты егіншілік–бұл салыстырмалы түрде тәуелсіз технологиялардың жиынтығы. Зерттеу нәтижелері топырақтың сипаты мен қажеттілігін ескере отырып, технологиялық операциялардың мәдениетін, нәтижесі мен тиімділігін арттыра отырып, тыңайтқыштардың дозаланған енгізілуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

*Кілтті сөздер:* автоматтандырылған басқару жүйесі, өндірістік процестер, инновациялар, спутниктік навигация, бағдарламалық қамтамасыз ету, жұмысқа қабілеттілікті тестілеу, тиімділік.

\*A. N. Altybaev<sup>1</sup>, E. K. Konysbaev<sup>1</sup>, E. S. Yerzhigitov<sup>1</sup>,  
K. M. Akishev<sup>2</sup>, A. D. Tulegulov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Scientific and Production Center of Agroengineering,  
Republic of Kazakhstan, Almaty,

<sup>2</sup>Kazhakh University of Technology and Business,  
Republic of Kazakhstan, Astana

Material received on 13.03.23

## **PRACTICAL IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEM SUBSURFACE FERTILIZATION**

*The results of design and research studies on the creation of an automated control system for subsurface fertilization in order to improve the efficiency of mobile units in plant growing are presented. The conditional-logical architecture of the automated control system of the state of the actuators of the seeding apparatus for the drill of subsurface fertilization, as well as constructive and technological methods of their implementation using available software and hardware of modern information and telecommunication and digital technologies, has been developed. Software integration with the global navigation satellite system (GPS/GLONASS) has been implemented. According to the results of production and operational testing, the functional capability of the proposed automated control system for the executive organs of the seeding apparatus of the serially produced seeder (SPS-2.1) was confirmed, which ensures differentiated fertilization based on the actual needs of soil conditions at each site of the sowing area, and also provides a reduction in energy costs associated with decarbonization.the environment. The analysis of the emergence and development of the precision farming system allows us to formulate its following essence, which has practical significance for real production processes of field work: precision farming is a set of relatively independent technologies. The results of the study make it possible to provide metered fertilization, taking into account the nature and needs of the soil, increasing the culture, result and efficiency of technological operations.*

*Keywords: automated control system, production processes, innovations, satellite navigation, software, performance testing, efficiency.*

Теруге 13.03.2023 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2023 ж. кол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4039

Сдано в набор 13.03.2023 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4039

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz)