

УДК 631.1.:338.28:007.52

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ЦИФРОВИЗАЦИИ И РОБОТИЗАЦИИ ПРИ ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Александр Сергеевич Васильев

доктор сельскохозяйственных наук, доцент

avasiliev@tvgscha.ru

Антон Сергеевич Фирсов

кандидат технических наук, доцент

sevenrom777@ya.ru

Андрей Васильевич Кудрявцев

кандидат технических наук, доцент

akud@mail.ru

Вячеслав Викторович Голубев

доктор технических наук, профессор

vgolubev@tvgscha.ru

Тверская государственная сельскохозяйственная академия

г. Тверь, Россия

Аннотация. В современных условиях точного земледелия особое место уделяется вопросам экологической составляющей. При возделывании таких мелкосеменных культур, как овощные, особенно важно не только использовать экологически щадящее воздействие на почву при различных технологических процессах, но и оптимизировать энергетические расходы, с учётом требований и технических решений. Различные требования по норме высева, в зависимости от сорта, исходных условий возделывания (свойства почвы или закрытого грунта), климатические условия, наличие соответствующих технических средств, а также социально-экономические критерии сотрудников в хозяйстве

накладывает своё влияние на качество и количество получаемого урожая. Особенно данный вопрос касается точных посевов для селекции, мелкоделяночных экспериментов в лабораторно-полевых условиях. Вместе с тем, разработка технологической и технической составляющей, позволяющей на начальном этапе алгоритмизировать процесс расчёта, проектирования и последующей автоматизации управления с применением средств роботизации, процесс посева семян с учётом множества факторов, позволяет снизить ряд показателей без снижения требований к посеву – не переуплотняя почву, сохраняя структурность и не преобразуя в эрозионно опасный поверхностный слой подверженный водной или ветровой эрозии.

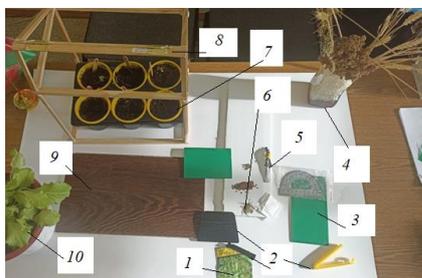
Ключевые слова: экологичность посева, мелкосеменные культуры, алгоритмизация, роботизация, беспилотные авиационные системы, качество посева.

Развитие цифровых технологий привело к широкому внедрению в сельскохозяйственное производство элементов автоматизации и роботизации. Повсеместное использование беспилотных авиационных систем (БАС) позволило расширить комплекс технологических процессов, возможных для реализации различных технологий, в том числе и точных, позволяющих реализовать высококачественные посевы, что особенно актуально при экологизации возделывании мелкосеменных культур, к которым относятся технические – рапс; лубяные – промышленная конопля, лён; овощные – капуста, лук, морковь и др. [1].

На начальном этапе одной из задач является определение агротехнических требований к возделыванию мелкосеменных культур с учётом экологических посевов в условиях точного, координатного земледелия. Целью исследований является возможная реализация щадящего воздействия на почву при посеве мелкосеменных культур по требованиям экологизации. Задачами исследования является реализация эксперимента в условиях тепличного хозяйства кафедры технологических и транспортных машин и комплексов (ТТМиК) ФГБОУ ВО Тверская ГСХА.

На начальном этапе, при подготовке к эксперименту выполнены аналитические исследования по требованиям к возделыванию и уборке овощных мелкосеменных культур. Определены ряд критериев оценки качества и количества всхожих растений. При определении исходных характеристик высеваемого материала для оценки качества проведения предпосевной подготовки почвы, непосредственно самого посева, одним из этапов является оценка качественных характеристик высеваемого материала. Причём, в соответствии с требованиями ГОСТ [1] для овощных культур требуется определение массы 1000 семян. Данный показатель является важным для осуществления настроечных показателей, оказывая существенное влияние на площадь питания растений, что приводит к значимому изменению биологической урожайности. Поэтому данному требованию уделяется

немаловажное значение. Вместе с тем методик определения данного показателя достаточное множество, также, как и основного отклика – урожайности возделываемой сельскохозяйственной культуры. В соответствии с предъявляемыми требованиями [2] устанавливается два метода определения массы 1000 семян. Непосредственный счёт осуществлён вручную с применением средств, рекомендуемых ГОСТ: весы ВЛК – 500 (по ГОСТ 24104-2001), гири (по ГОСТ 7328-2001), шпатель (рисунок 1); пинцет; розетки; доску разборочную. В дальнейшем планируется самостоятельная разработка счётчика семян с применением аддитивных технологий и средств автоматизации.



1 – семена салата сорта Азарт; 2 – шпатель и зажимы, изготовленные на кафедре ТТМиК с применением аддитивных технологий; 3 – приборы для определения коэффициента трения; 4 – конечная продукция возделывания зерновых и мелкосеменных культур; 5 – пинцет; 6 – 1000 семян салата сорта Азарт, льна-долгунца сорта Тверской, конопли промышленной сорта Надежда; 7 – рассада для умной теплицы; 8 – макет умной теплицы; 9 – разборочная доска; 10 – салат Азарт, выращенный в условиях Умной теплицы кафедры ТТМиК

Рисунок 1 – Приборное оборудование для счёта 1000 шт семян

В результате измерений семян салата, гороха, кукурузы, петрушки, капусты, моркови и лука получены следующие табличные данные (таблица 1).

Таблица 1

Результаты измерений массы 1000 семян

Наименование овощной сельскохозяйственной культуры	Масса 500 шт семян на отдельно взятой пробе, г		Разность между двумя пробами, г	Суммарная масса семян двух проб, г	Фактически принятое значение семян, г
	№ 1	№ 2			
Салат	0,44	0,43	0,01	0,87	0,9
Горох	84,42	84,39	0,03	168,81	168,8
Кукуруза	190,34	190,25	0,09	380,59	380,6

Петрушка листовая	0,48	0,49	0,01	0,97	1,0
Капуста белокачанная	1,50	1,48	0,02	2,90	2,9
Морковь столовая	0,18	0,14	0,04	0,32	0,3
Лук репчатый	1,22	1,24	0,02	2,49	2,5

Расчёт последнего столбца по фактическому значению массы 1000 семян должен осуществляться в определённой последовательности, в зависимости от значений массы проб. На начальном этапе вычисляется фактическое расхождение между двумя результатами и далее полученные значения сравниваются с допустимым расхождением, определяемое по таблице [2]. На примере семян кукурузы проведём расчёт для фактического значения массы 1000 семян (последний столбец таблицы 1). Поскольку масса первой пробы составляет более 100 г, а именно 190,34 г, второй 190,25 г соответственно, применяется отдельный способ сравнения с учётом сотен. По значению суммарной массы (381 г) по справочной таблице [2] находится допустимое расхождение: по цифре 8 в графе «Десятки» и цифре 1 в строке «Единицы» оно соответствует 1,22. Тогда как фактическое расхождение 0,09 г. Суммарная масса проб (1000 семян) составляет 380,59 г, округлив значения, получим 381 г. Фактическое расхождение между пробами составляет 0,09 г. Допускаемое расхождение находится вначале по числу 81, оно составляет 1,22, затем по числу 300 (находятся для цифры 3 – 0,45) допустимое значение и увеличивают его в 30 раз: $0,45 \cdot 30 = 13,5$. Допускаемое расхождение равно $1,22 + 13,5 = 14,72$. В качестве вывода следует отметить, что фактическое расхождение (0,09 г) меньше допустимого (14,72 г), что позволяет сделать вывод о принятии среднего значения 1000 семян для кукурузы 380,6 с учётом правила округления. Остальные значения определены аналогично по требованиям ГОСТ [2]. Отмечается, что в случае возделывания свеклы, следует использовать требования другого ГОСТ [3], отличающегося методологией и порядком значений [4, 5, 6].

Следующим этапом исследований является реализация роботизированного посева после алгоритмизации управления разработанной

системы точного (координатного) высева с учётом требований экологичности. Для обоснованного выбора способа посева выполнен анализ литературных источников и рекомендации по производству овощных сельскохозяйственных культур и требованиям к площади питания растений. На основании выполненного анализа способов посева овощных культур [7, 8] установлены следующие схемы посев, исходя из геометрических параметров листовой части урожая салата Азарт – 32 см в диаметре. Поэтому выбираем минимальное расстояние между семенами 32...35 см, поскольку загущенные посевы снижают урожайность и продовольственные свойства салата [9]. Выполнен расчёт и представлены схемы посева различными высевальными аппаратами – ручными (2 типа); и механизированными (2 типа) (рисунок 2).

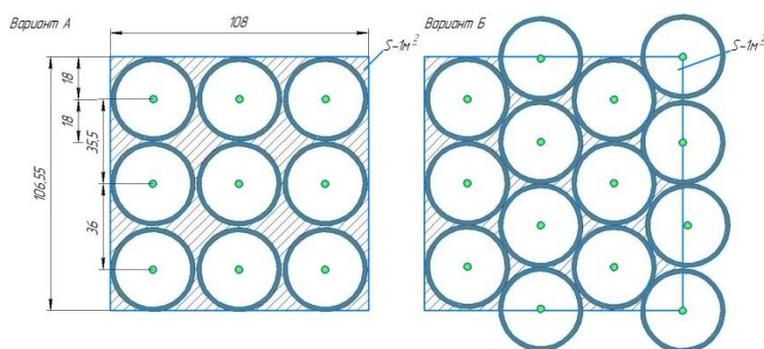
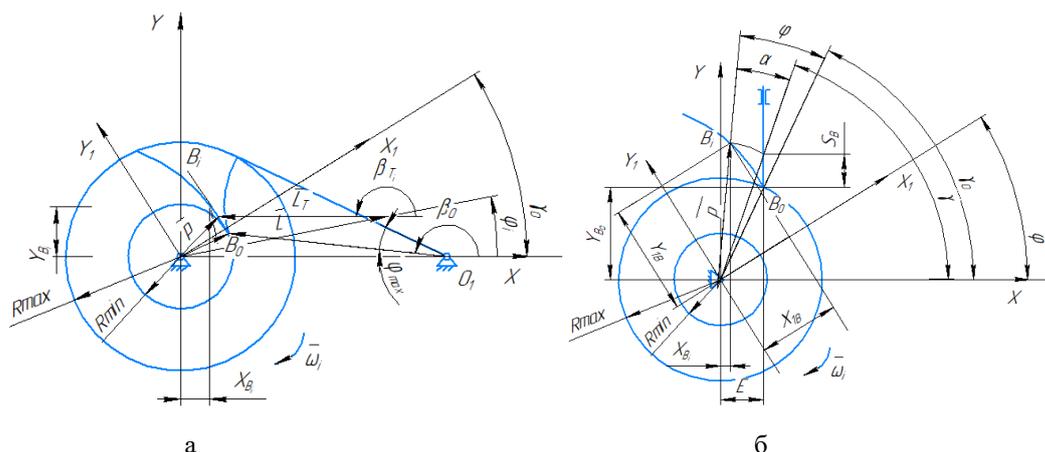


Рисунок 2 – Предлагаемая схема проведения посева

Начиная с 06 марта в лабораторных условиях и на почвенном горизонте, проходящем над теплотрассой в тепличном хозяйстве ФГБОУ ВО Тверская ГСХА заложена серия экспериментов с применением средств цифровизации и роботизации в виде отдельных технических систем.

Реализация лабораторно-полевых исследований началась с решения технологической и технической проблемы непосредственного точного высева семян, для чего спроектирован привод высевального аппарата, агрегируемый с роботизированным энергетическим средством с программным кодом на базе «Arduino». Для расчёта привода высевального аппарата, позволяющего изменять шаг посева, в зависимости от свойств семян использован следующий алгоритм с применением средств кинестатики с выбранными схемами привода (рисунок 3).

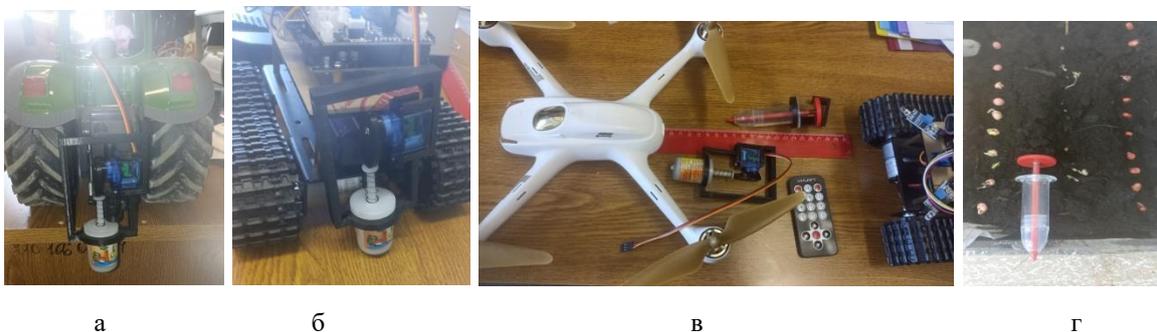


а – схема для расчёта кулачкового механизма с качающимся толкателем;

б - схема для расчёта кулачкового механизма с возвратно-поступательным толкателем

Рисунок 3 – Схемы для расчёта кулачкового механизма с перемещающимся толкателем

На основании выполненных расчётов спроектирован автоматизированный привод точного высевающего аппарата механического действия, реализация функционирования которого на различных роботизированных технических системах показала положительные результаты (рисунок 4).



а – высевающий аппарат (ВА) на роботизированном тракторе; б – ВА на самоходном сельскохозяйственном роботе; в – ВА на БАС; г – результаты реализации работы БАС с ВА на конопле (в центре)

Рисунок 4 – Результаты функционирования роботизированной системы

Следующим этапом исследований является апробация в полевых условиях в тепличном хозяйстве кафедры ТТМиК.

Список литературы:

- ГОСТ 32592-2013 Семена овощных, бахчевых культур, кормовых корнеплодов и кормовой капусты. Сортные и посевные качества. Общие технические условия. М.: Стандартинформ. 2020. 24 с.

2. ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. М.: Стандартиформ. 2011. 4 с.

3. ГОСТ 22617.4-91 Семена свеклы. Методы определения массы 1000 семян и массы одной посевной единицы. М.: Стандартиформ. 2000. 9 с.

4. Роль продукции тепличного хозяйства в повышении продовольственной безопасности учреждений уголовно-исполнительной системы / А. Н. Зазуля, В. А. Макаров, О. В. Макарова, С. В. Гаспарян // Наука в центральной России. 2022. № 1(55). С. 64-71. DOI 10.35887/2305-2538-2022-1-64-71.

5. Краткая история и анализ деятельности лаборатории новых технологий ФГБНУ ФНЦО / И. Т. Балашова, С. М. Сирота, Е. В. Пинчук, Т. Е. Шевченко // Известия ФНЦО. 2020. № 1. С. 146-153. DOI 10.18619/2658-4832-2020-1-146-153.

6. Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур» Российской академии сельскохозяйственных наук. Проспект, посвящённый 90-летию ВНИИССОК. Под ред. В.Ф. Пивоварова. 2010. 80 с.

7. Зизина Я. Ф., Галеев Р. Р. Урожайность и качество лука репчатого в однолетней культуре в зависимости от площади питания в лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 3(113). С. 19-22.

8. Епифанцев В. В. Адаптивные технологии возделывания овощных культур в условиях Среднего Приамурья. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет. 2012. 296 с. ISBN 978-5-9642-0194-6.

9. Влияние плотности посевов на продуктивность сахарной кукурузы / З. Г. С. Шибзухов, Д. А. Хашхожева, А. Ю. Аккизов и др. // АгроЭкоИнфо. 2023. № 3(57).

UDK 631.1.:338.28:007.52

THE USE OF DIGITALIZATION AND ROBOTIZATION TOOLS IN PRECISION FARMING

Alexander S. Vasiliev

doctor of agricultural sciences, associate professor

avasiliev@tvgscha.ru

Anton S. Firsov

candidate of technical sciences, associate professor

sevenrom777@ya.ru

Andrey V. Kudryavtsev

candidate of technical sciences, associate professor

akud@mail.ru

Vyacheslav V. Golubev

doctor of technical sciences, professor

vgolubev@tvgscha.ru

Tver State Agricultural Academy

Tver, Russia

Abstract. In modern conditions of precision agriculture, a special place is given to the issues of the environmental component. When cultivating small-seeded crops such as vegetables, it is especially important not only to use an environmentally friendly effect on the soil in various technological processes, but also to optimize energy costs, taking into account the requirements and technical solutions. Different requirements for the seeding rate, depending on the variety, the initial conditions of cultivation (soil properties or closed ground), climatic conditions, the availability of appropriate technical means, as well as socio-economic criteria of employees in the farm, have an impact on the quality and quantity of the harvest. This issue especially

concerns precise crops for breeding, small-scale experiments in laboratory and field conditions. At the same time, the development of a technological and technical component that allows at the initial stage to algorithmize the process of calculation, design and subsequent automation of control using robotization tools, the process of sowing seeds, taking into account many factors, allows you to reduce a number of indicators without reducing the requirements for sowing – without over-compacting the soil, maintaining structure and not converting into an erosively dangerous surface layer subject to water or wind erosion.

Key words: environmental friendliness of sowing, small-seed crops, algorithmization, robotization, unmanned aircraft systems, quality of sowing.

Статья поступила в редакцию 03.05.2024; одобрена после рецензирования 13.06.2024; принята к публикации 27.06.2024.

The article was submitted 03.05.2024; approved after reviewing 13.06.2024; accepted for publication 27.06.2024.