

УДК 631.362.3

**РАЗРАБОТКА ДЛЯ ЭВМ ПРОГРАММЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ
СФЕРИЧЕСКОЙ ЗЕРНОВКИ**

Саитов В.Е., доктор технических наук, профессор^{1, 2}

E-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

Фарафонов В.Г., кандидат физико-математических наук, доцент²

E-mail: farwg@mail.ru

Малых Т.В.²

E-mail: tvmalykh@yandex.ru

Саитов А.В., магистрант²

E-mail: alexeysaitov@yandex.ru

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»,
г. Киров, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Вятская государственная сельскохозяйственная академия», г. Киров, Россия

Аннотация.

Зерновые культуры с древних времен входят в рацион питания людей; зерно и продукты его переработки служат кормом сельскохозяйственных животных. Поэтому увеличение производства зерна является одной из приоритетных задач агропромышленного комплекса. Важным фактором повышения производства зерна является улучшение качества посевного материала, очищение его от разных примесей и болезнетворных патогенов. Одним из действенных способов обработки зерна от болезнетворных микроорганизмов является мокрое протравливание. Для создания эффективного устройства протравливания и очистки семян была разработана программа для ЭВМ «Расчет параметров переходного процесса и скорости движения в жидкости шаровой зерновки». Программа использует теоретические исследования влияния физических параметров жидкости и зерновки для вычисления параметров переходного процесса и скорости движения сферической зерновки в растворе протравителя.

Ключевые слова: зерновой материал, водный раствор соли, поверхностное натяжение, сферическая зерновка, мокрое протравливание, коэффициент гидродинамического сопротивления, программа для ЭВМ.



**DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR DETERMINING THE
PARAMETERS OF THE TRANSITION PROCESS AND THE SPEED OF
MOVEMENT OF A SPHERICAL GRAIN**

Saitov V.E., Doctor of Technical Sciences, Professor, senior researcher^{1,2}

E-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

Farafonov V.G., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor²

E-mail: farwg@mail.ru

Malykh T.V.²

E-mail: tvmalykh@yandex.ru

Saitov A.V., master student²

E-mail: alexeysaitov@yandex.ru

^{1, 2}Federal state budgetary scientific institution

«Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky»,
Kirov, Russian Federation

²Federal state budgetary educational institution of higher education
«Vyatka State Agricultural Academy», Kirov, Russian Federation

Annotation.

Grain crops have been included in the diet of people since ancient times; grain and its processed products serve as fodder for farm animals. Therefore, increasing grain production is one of the priorities of the agro-industrial complex. An important factor in increasing grain production is to improve the quality of seed material, purifying it from various impurities and pathogens. One of the most effective ways to treat grain from pathogens is wet seed treatment. To create an effective device for treatment and cleaning seeds, the computer program "Calculation of the parameters of the transition process and the speed of movement in the liquid of a ball grain" was developed. The program uses theoretical studies of the influence of physical parameters of the liquid and grain to calculate the parameters of the transition process and the speed of movement of a spherical grain in the solution of seed protectant.

Keywords: grain material, water salt solution, surface tension, spherical grain, wet seed treatment, coefficient of hydrodynamic resistance, computer program.

Введение. Зерно и продукты его переработки являются важным источником питания человека, кормом в животноводстве и сырьем для отраслей промышленности. Повышение валового сбора сельскохозяйственных зерновых культур остается важной задачей агропромышленного комплекса [1, 2].



Подготовка качественного посевного материала является одним из условий высокой урожайности зерновых культур. Для защиты всходов от возбудителей бактериальных и грибковых болезней, опасных вредителей посевной материал обеззараживают бактерицидными, фунгицидными и инсектицидными препаратами [3, 4, 5, 6].

Протравливание семян может быть осуществлено сухим, полусухим и мокрым способами. При сухом протравливании порошкообразный препарат наносится на поверхность семенного материала. У метода есть слабые стороны: препарат на семенах распределяется неравномерно, плохо на них удерживается; загрязняется окружающая среда. Полусухое протравливание посевного материала заключается в нанесении на поверхность семян водных суспензий или растворов протравителей. Недостатки метода: невысокая продуктивность, трудоемкость. При мокром протравливании семенной материал увлажняется или замачивается разбавленными водными растворами или суспензиями смачивающихся порошков. Этот метод обеспечивает более полное и глубокое проникновение раствора протравителя внутрь зерен и лучшее их обеззараживание от инфекции, при этом не происходит загрязнения воздуха [7, 8, 9].

Важной задачей для механизации протравливания семян мокрым способом является создание простого по конструкции устройства с малой энергоемкостью [10].

При разработке такого устройства для качественного выполнения технологического процесса по протравливанию семян мокрым способом необходимо определить параметры переходного процесса и скорость движения зерновки в жидкости. Поэтому применение программных ресурсов для расчета конструктивных параметров устройства очистки и протравливания семян является актуальным вопросом.



Для создания программы был выбран язык программирования «Python» – кроссплатформенный интерпретируемый язык с последовательным, относительно простым синтаксисом.

Цель исследований. Разработка программы для ЭВМ по определению параметров протравливателя посевного материала мокрым способом, в частности расчета параметров переходного процесса и скорости движения сферической зерновки в растворе протравителя.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели исследований использованы информационные ресурсы (ИР), составляющие основу всей системы информационного обеспечения ученых и инженеров агропромышленного комплекса (АПК).

При анализе схем и конструкций машин, применяемых для протравливания семян, использованы научные монографии, статьи, учебные пособия, а также специальные виды технической документации и литературы, к которым относится патентная документация, стандарты и каталоги, программы для ЭВМ.

Результаты и их обсуждение. Программа для ЭВМ «Расчет параметров переходного процесса и скорости движения в жидкости шаровой зерновки» написана на языке программирования «Python» в среде разработки «Visual Studio 2019» [11].

Эта программа обеспечивает по введенным значениям линейных размеров зерновки r , ее плотности ρ_z и значениям физических параметров жидкости (плотность $\rho_{ж}$ водного раствора соли, коэффициент c гидродинамического сопротивления) вычисление времени t_0 переходного процесса, расстояния h_1 переходного процесса и скорости v_0 движения сферической зерновки в жидкости.

Разработанная программа состоит из трех модулей:

- основная программа,



- вычислительный модуль,
- интерфейс.

В основной программе производится:

- импорт классов, необходимых для работы программы;
- создание дочерних классов и их объектов;
- создание всплывающих окон;
- вызов процедур обработки нажатия кнопок;
- приведение в соответствие значений полей ввода и положения слайдеров;
- создание класса диалогового окна меню и вызов функции отображения диалога меню.

Основная программа вызывает расчетные функции вычислительного модуля и управляет отображениями результатов вычислений в интерфейсе.

Для обоснования вычислительного модуля программы использованы теоретические исследования зависимости времени переходного процесса, расстояния переходного процесса и скорости движения сферической зерновки в жидкости от плотности зерновки, ее линейных размеров и физических свойств водного раствора протравителя.

Для проектирования устройства очистки и протравливания семян необходимо знать скорость v_0 движения сферической зерновки в жидкости, время t_0 и расстояние h_1 переходного процесса.

Параметр τ , определяющий время t_0 переходного процесса по скорости, выражается [12, 13, 14]:

$$\tau = \sqrt{\frac{2r\rho_3^2}{3cg\rho_{жс}(\rho_3 - \rho_{жс})}}, \quad (1)$$



где g – ускорение свободного падения ($g = 9,81$), м/с^2 .

Время τ является характерным временем для замедленного или ускоренного движения зерновки, определяется физико-механическими свойствами и геометрической формой зерновки, коэффициентом c гидродинамического сопротивления раствора протравителя и плотностью $\rho_{ж}$ жидкости.

Скорость падения сферической зерновки в жидкости устройства протравливания семян равна [12]:

$$v_0 = \sqrt{\frac{8rg(\rho_z - \rho_{ж})}{3c\rho_{ж}}}. \quad (2)$$

Время t_0 (время переходного процесса) находится по формуле [12]:

$$t_0 = \ln(2e - 1) \cdot \tau. \quad (3)$$

Расстояние, пройденное зерновкой в жидкости, зависящее от времени t_0 , затраченного на это движение, определяется следующим образом [12]:

$$h_1 = v_0(2\tau \ln(2e) - t_0). \quad (4)$$

Вычисленные значения величин переходного процесса позволяют определить места расположения устройства для разделения слипшихся в жидкости зерен и сорных примесей, для отделения от семян прилипших пузырьков воздуха.

Интерфейс программы создан с помощью графического пользовательского дизайнера интерфейса для приложений Qt Designer. В программе были



использованы виджеты панели инструментов для ввода числовых значений с плавающей точкой (Double Spin Box) и целочисленных значений (Spin Box); слайдеры для графического ввода числовых значений (HorizontalSlider). Для вывода результатов вычислений использовался виджет Line Edit. Скриншот интерфейса программы для ЭВМ «Расчет параметров переходного процесса и скорости движения в жидкости шаровой зерновки» представлен на рисунке 1.

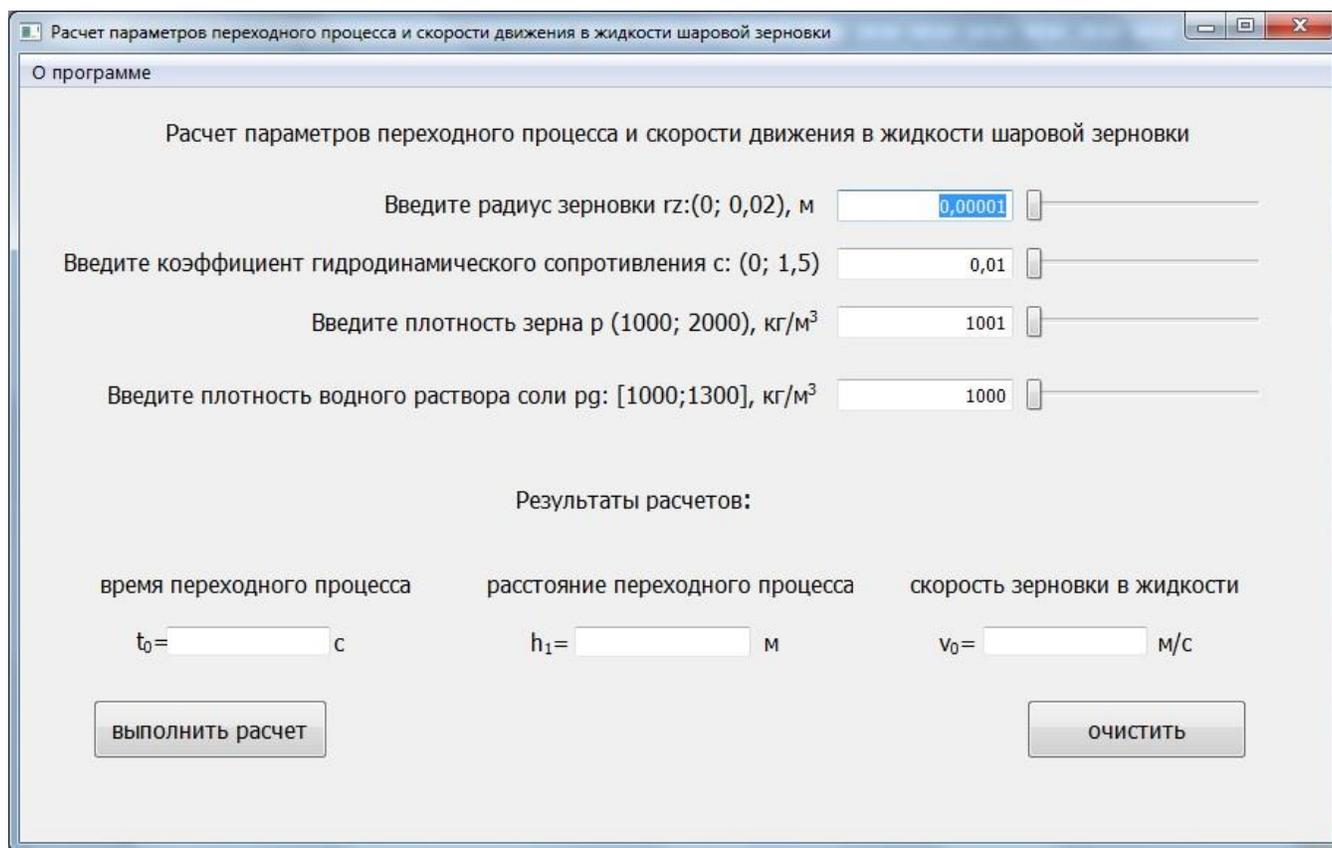


Рисунок 1 – Скриншот интерфейса программы для ЭВМ «Расчет параметров переходного процесса и скорости движения в жидкости шаровой зерновки»

Выводы. Программу для ЭВМ «Расчет параметров переходного процесса и скорости движения в жидкости шаровой зерновки» можно использовать при разработке устройства мокрой очистки зерна от разных примесей и



протравливания семян. Данная программа позволяет использовать возможности языка программирования «Python», теоретические исследования влияния физических свойств жидкости и зерновки на параметры движения для вычисления параметров переходного процесса и скорости движения сферической зерновки в жидкости.

Литература

1. Improving the mechanization of high-quality seed production / V. I. Orobinsky, A. P. Tarasenko, A. M. Gievsky, A. V. Chernyshov, I. V. Baskakov // *Advances in Engineering Research*. – 2018. – P. 849-852. – DOI: <https://doi.org/10.2991/agrosmart-18.2018.159>.
2. Seed refinement in the harvesting and post-harvesting process / V. I. Orobinsky, A. M. Gievsky, I. V. Baskakov, A. V. Chernyshov // *Advances in Engineering Research*. – 2018. – P. 870-874.
3. Щеклеина Л. М. Проблема спорыньи злаков (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.): история и современность (обзор) / Л. М. Щеклеина, Т. К. Шешегова // *Теоретическая и прикладная экология*. – 2013. – № 1. – С. 5-12.
4. Шешегова Т. К. Иммунологическая характеристика сортов озимой ржи / Т. К. Шешегова, Л. М. Щеклеина, Е. И. Уткина // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2018. – № 65 (4). – С. 30-35. – DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.30-35>.
5. Щеклеина Л. М. Вредоносность спорыньи на новых сортах озимой ржи в Кировской области / Л. М. Щеклеина, Т. К. Шешегова // *Вестник Марийского государственного университета*. – 2018. – № 2 (14). – С. 83-90. – DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2018-4-2-83-89>.



6. Саитов В. Е. Инновации в послеуборочной обработке зернового материала : монография / В. Е. Саитов. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 152 с.
7. Тришкин Д. С. Справочник агронома по вопросам протравливания семян зерновых культур / Д. С. Тришкин. – Москва : Bayer CropScience, 2006. – 42 с.
8. Источники устойчивости ярового ячменя к гельминтоспориозным болезням и их использование в селекции / Т. К. Шешегова, И. Н. Щенникова, Л. М. Щеклеина, Л. П. Кокина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – № 5 (54). – С. 9-14. – DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2016.54.5.09-14>
9. Новые пестициды и агрохимикаты в технологии возделывания голозерного овса Вятский / Т. К. Шешегова, Г. А. Баталова, Л. М. Щеклеина, И. И. Русакова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – № 4 (53) . – С. 10-14. – DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2016.53.4.10-14>.
10. Патент № 2710715 Российская Федерация, МПК В02В 1/04 (2006.01). Машина для отделения спорыньи от семян ржи : № 2019114802 : заявл. 14.05.2019 : опубл. 10.01.2020 / Сысуев В. А., Саитов В. Е., Фарафонов В. Г., Гатауллин Р. Г., Саитов А. В., Уткина Е. И., Шешегова Т. К. ; заявитель ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. – 8 с.: ил.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020616591. Расчет параметров переходного процесса и скорости движения в жидкости шаровой зерновки / Саитов В. Е., Фарафонов В. Г., Малых Т. В., Саитов А. В. ; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия». –



№ 2020615628 ; заявл. 04.06.2020 ; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 18.06.2020.

12. Саитов В. Е. Исследование движения в жидкости сфероидальных зерновок для отделения ядовитой спорыньи и протравливания семян / В. Е. Саитов, В. Г. Фарафонов, А. В. Саитов // Вестник НГИЭИ. – 2019. – №5 (96). – С.7-20.
13. Determination of the minimum drop height of the spherical grains in the solution of the treater / V. Saitov, V. Farafonov, A. Saitov, T. Malykh // E3S Web of Conferences 175. – 2020. – Vol. 01019. – pp. 1-10. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017501019>.
14. Исследование параметров движения зерна в жидкости устройства для удаления спорыньи / В. А. Сысуев, В. Е. Саитов, В. Г. Фарафонов, А. В. Саитов // Инженерные технологии и системы. – 2019. – Т. 29. – № 2. – С. 248-264. – DOI: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201902.248-264>.

