
4.3.2. ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.363:636.086.5

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_3_169

EDN: KSUJML

Обоснование режимов проращивания зерна на установках периодического и непрерывного действия

Сергей Владимирович Вендин¹, Юрий Васильевич Саенко^{2✉},
Михаил Сергеевич Широков³, Владимир Юрьевич Страхов⁴

^{1, 2, 3, 4}Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, Белгород, Россия

²yuriy311300@mail.ru✉

Аннотация. На современных свиноводческих и птицеводческих комплексах поголовье содержат безвыгульным способом и в рационе питания используют только комбикорма. Физиологически свиньи и птица способны потреблять зеленые корма, но в современных технологиях их не используют. Для добавления в корма натуральных витаминов, макро- и микроэлементов, клетчатки может быть использовано пророщенное зерно ячменя. С целью получения витаминной кормовой добавки зерно укладывают в гряды высотой 20–30 см, поливают водой и проращивают до длины ростков 2–3 см. Используемая технология не позволяет выдерживать температуру, освещенность, равномерное увлажнение всего проращиваемого зерна, из-за чего оно прорастает неравномерно, отличается высокими затратами ручного труда. На установке для проращивания зерна периодического действия, разработанной и запатентованной сотрудниками Белгородского ГАУ, были отработаны режимные параметры проращивания зерна. Представлена конструктивно-технологическая схема установки с описанием принципа ее работы, проанализированы режимы работы лабораторного образца проращивателя зерна, а также факторы и критерии оптимизации, которые позволяют определить качественные, количественные и энергетические характеристики процесса проращивания. Установлено, что максимальная скорость образования проростков составляет 5,0–5,6 мм и достигается при длительности замачивания зерна и длительности нахождения его на воздухе соответственно 2,6–3,2 и 5,6–8,0 ч. Скорость проращивания зерна по массе равна 0,36 кг/сут. Минимальная энергоёмкость проращивания составляет 725–740 Вт ч/кг и достигается при длительности замачивания зерна и длительности нахождения его на воздухе – соответственно 3,6–4,0 и 7,2–8,0 ч. Предложенная установка обеспечивает повышение производительности процесса проращивания зерна за счет его механизации и автоматизации и может быть использована в хозяйствах с небольшим по численности поголовьем животных.

Ключевые слова: зерно, проращивание, длительность замачивания, длина проростков, скорость роста, энергоёмкость, производительность

Для цитирования: Вендин С.В., Саенко Ю.В., Широков М.С., Страхов В.Ю. Обоснование режимов проращивания зерна на установках периодического и непрерывного действия // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 169–177. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_169-177.

4.3.2. ELECTROTECHICS, ELECTRICAL EQUIPMENT AND ELECTRICAL POWER SUPPLY FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Justification of grain germination modes using intermittent- and continuous-action plants

Sergey V. Vendin¹, Yuri V. Saenko^{2✉}, Mikhail S. Shirokov³, Vladimir Yu. Strakhov⁴

^{1, 2, 3, 4}Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, Belgorod, Russia

²yuriy311300@mail.ru✉

Abstract. At modern pig and poultry breeding complexes, the livestock is kept in confinement and only compound feed is used in the diet. Physiologically, pigs and poultry are able to consume green feed, but they are not used in modern technologies. Sprouted barley grain can be used to add natural vitamins, macro- and microelements, fiber to the feed. In order to obtain a vitamin feed additive, the grain is placed in planting beds of 20-30 cm high, poured with water and germinated to a length of sprouts of 2-3 cm. The conventional technology does not allow maintaining the temperature, illumination, uniform moistening of the entire germinated grain, which is why it sprouts unevenly. Besides, the commonly used technologies are characterized by high manual labor costs. At the

plant for the germination of grain of periodic action, developed and patented by the staff of Belgorod State Agrarian University, the regime parameters of grain germination were worked out. The design and technological scheme of the installation is presented with a description of the principle of its operation, the operating modes of the laboratory sample of the grain germinator are analyzed, as well as optimization factors and criteria that allow determining the qualitative, quantitative and energy characteristics of the germination process. It was found that the maximum rate of seedling formation is 5.0–5.6 mm and is achieved with the duration of grain water steeping and the duration of its exposure to air of 2.6–3.2 and 5.6–8.0 hours, respectively. The rate of grain germination by weight is 0.36 kg/day. The minimum energy intensity of germination is 725–740 Wh/kg and is achieved with the duration of grain water steeping and the duration of its exposure to air of 3.6–4.0 and 7.2–8.0 hours, respectively. The proposed installation provides an increase in the productivity of the grain germination process due to its mechanization and automation and can be used in farms with small stock number.

Keywords: grain, germination, duration of water steeping, length of seedlings, growth rate, energy intensity, productivity

For citation: Vendin S.V., Saenko Yu.V., Shirokov M.S., Strakhov V.Yu. Justification of grain germination modes using intermittent- and continuous-action plants. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):169-177. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_169-177.

Важнейшим условием увеличения продуктивности животных и птицы является их полноценное кормление. При безвыгульном содержании и рационе кормления на основе комбикормов увеличивается потребность животных в белке, макро-, микроэлементах и витаминах, поэтому в комбикорм необходимо вводить витаминные кормовые добавки [9, 13]. В качестве витаминной добавки можно использовать как гидропонную зелень, так и проращённое зерно. Отличие состоит в том, что длина ростков гидропонной зелени составляет 200–300 мм, а зерна – 20–30 мм.

Как известно, для проращивания зерна необходимо обеспечить замачивание массы, а чтобы она не пересыхала, необходимо проводить ее периодическое орошение [2, 4]. В силу ряда объективных причин проращённое зерно на сегодняшний день в хозяйствах практически не используют (отсутствие средств механизации получения и выгрузки готового материала).

С целью получения витаминной добавки можно проращивать зерно различных зерновых и бобовых культур. Для каждого сорта и вида зерна необходимо определить оптимальные режимные параметры, которые получают на основе экспериментов [2, 13].

При проращивании зерновок в чашках Петри их помещают в воду, раскладывают на влажный бинт, по истечении некоторого времени извлекают из воды или дополнительно смачивают бинт. При этом возникают трудности соблюдения режима проращивания в ночное время и в выходные, обусловленные необходимостью «планового» помещения зерен в воду и извлечением их из воды. Несоблюдение рекомендаций приводит к нарушениям оптимальных режимов проращивания, к определенным погрешностям реализации процесса.

Для проведения исследований была разработана установка, позволяющая полностью механизировать и автоматизировать процесс проращивания зерна для получения витаминной кормовой добавки [3, 10, 15]. Предложенная установка позволяет осуществлять замачивание зерновой массы, ее периодическое орошение, ворошение, выгрузку проращённого зерна или гидропонной зелени. Схема установки для проращивания зерна приведена на рисунке 1 [12].

Работа представленной установки состоит в следующем. Зерно загружают в решета и с помощью мотора-редуктора опускают в воду, где они находятся 2–6 часов в зависимости от режима замачивания. По завершении замачивания зерна включают электродвигатель и поднимают решета с зерном из воды. Поднятие решет осуществляют до тех пор, пока концевой выключатель 3 (рис. 1) не отклонится в сторону при контакте с кольцом 4. После этого мотор-редуктор останавливают, зерно извлекают из воды на 4–8 часов. Чтобы зерно не пересохло, его периодически увлажняют водой, которую при помощи насоса 14 подают через шланг 16 и трубу 17. Вода из трубы 17 орошает зерно. Избыточный объем воды проходит кран 18 и через сливную трубку 19 попадает в ванну 2.

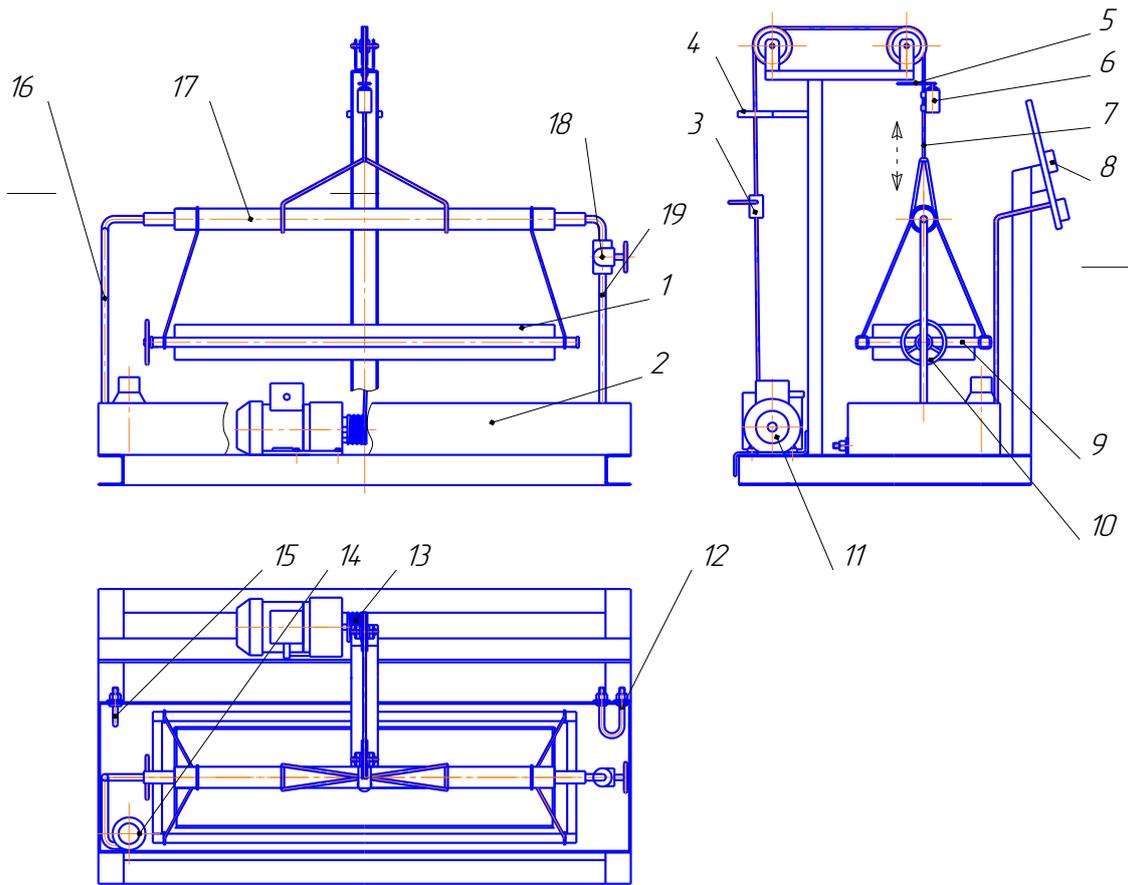


Рис. 1. Установка для проращивания зерна: 1 – решето; 2 – ванна; 3 – выключатель концевой рычажковый; 4 – кольцо; 5 – лист; 6 – выключатель концевой кнопочный; 7 – трос; 8 – пульт управления; 9 – рама; 10 – вороток; 11 – мотор-редуктор; 12 – трубчатый электронагреватель; 13 – катушка; 14 – насос; 15 – датчик температуры; 16 – трубопровод нагнетательный; 17 – трубка для орошения; 18 – кран регулировочный; 19 – трубка сливная

Температуру воды измеряют при помощи датчика 15. Если температура воды ниже установленного значения, то при помощи электрических нагревательных элементов (например, ТЭН 12) осуществляют подогрев воды.

Технологические операции в рекомендованной последовательности проводят в течение пяти суток. Конечная длина ростков составляет 2–3 см.

В таблице 1 представлены технические характеристики разработанной установки, которая позволяет механизировать и автоматизировать следующие технологические операции: замачивание зерна, барботирование воздухом зерновой массы, находящейся в воде, извлечение ее из воды, орошение водой во время выдержки на воздухе.

Таблица 1. Технические характеристики разработанной установки для проращивания зерна

Показатели	Значения
Габаритные размеры, мм	1200 × 950 × 1700
Рабочая площадь решета с зерном, м ²	0,24
Марка и мощность ламп, Вт	8
Мощность циркуляционного насоса, Вт	200
Фитолампа линейная ЭРА FITO-14W-T5-Ra90 / LED	
Мощность лампы, Вт	14
Суточное энергопотребление, кВт·ч	0,216
Производительность установки, кг/сут.	0,7
Масса установки, кг	72

На развитие растений при проращивании зерна влияют различные факторы. Семена, высейанные в почву, некоторое время находятся без света, но за счет питательных веществ, накопленных в зерновке, у растения появляются росток и корешок. При появлении ростка на поверхности почвы на него воздействует солнечный свет. В результате воздействия света в хлоропластах происходит фотосинтез, т. е. образование органического вещества из углекислого газа и воды. Происходит накопление углеводов с образованием зеленой массы листьев и плодов. В холодное время года и в вечернее время суток солнечного света недостаточно, и чтобы зерно проросло и быстрее развивались проростки, необходимо производить подсветку.

Для развития ростков в зерновку должны поступать питательные вещества, которые движутся в водных растворах, поэтому наличие влаги оказывает влияние на массу ростков [8, 11, 14]. Недостаток влаги так же, как и избыток, негативно влияет на увеличение зеленой массы. Необходимо определить продолжительность замачивания и время между замачиваниями, т. е. когда зерновая масса находится на воздухе. Реализация процесса проращивания должна предусматривать наличие технических возможностей не только физически измерять воздействующие факторы, но и изменять их значения независимо друг от друга с учетом критериев оптимизации. Ниже приведены результаты экспериментальных исследований по проращиванию зерна ячменя.

Эксперимент заключался в следующем. Зерно ячменя помещали на 0,5 ч в 0,05% раствор перманганата калия для обеззараживания, затем промывали. Обеззараженное зерно размещали на решетках, которые опускали в воду на 2–6 ч (в зависимости от варианта опыта), после чего поднимали из воды и оставляли на воздухе на 4–8 ч. Чтобы устранить высыхание зерна во время его нахождения на воздухе, проводили орошение водой каждый час в течение 1 мин. Продолжительность проращивания зерна составляла пять суток. После появления ростков добавляли освещение. Второй период длился пять суток. На протяжении второго периода осуществляли ежедневные измерения длины ростков.

По данным зоотехников, для образования в проростках необходимых макро- и микроэлементов и витаминов их длина должна быть не менее 20–30 мм.

Было проведено два эксперимента. Цель первого эксперимента состояла в том, чтобы определить процент проращённого зерна, т. е. отработать параметры замачивания зерна; второго – в том, чтобы получить максимальную производительность без снижения показателей качества (число проросших семян), т. е. определить производительность и энергоёмкость проращивания [6, 7].

Во время проведения первого эксперимента на решетках раскладывали 100 зерен, которые освещали лампой, располагаемой сверху. Длительность замачивания зерновок устанавливали согласно таблице 2. Температура воздуха при проращивании составляла 21–22 °С. В каждом опыте проращивали по 100 зерновок [7]. Длительность освещения зерен была постоянной и составляла 10 ч.

Таблица 2. Влияющие факторы и уровни их варьирования

Факторы	Уровни варьирования факторов			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
Длительность замачивания зерна, Тз, ч	2	4	6	2
Длительность нахождения зерна на воздухе, Тв, ч	4	6	8	2

В соответствии с планом проведения эксперимента влияние длительности замачивания зерна на процесс проращивания оценивали по трем вариантам: в первом, втором и третьем вариантах длительность замачивания 100 зерновок перед проращиванием составляла соответственно 2, 4 и 6 ч.

Влияние воздушной среды на процесс проращивания оценивали также по трем вариантам: после извлечения из воды замоченных зерновок их выдерживали на воздухе, при этом в первом, втором и третьем вариантах длительность нахождения на воздухе 100 зерновок составляла соответственно 4, 6 и 8 ч. По каждому варианту вычисляли среднюю длину 100 проростков (табл. 3).

Таблица 3. Результаты эксперимента по проращиванию зерна ячменя

Длительность замачивания зерна в ванне, ч	Период от начала прорастания зерна, сут.					Удельная доза искусственного освещения, кДж/мм	Скорость роста, мм/сут., Θ
	1	2	3	4	5		
	Длина ростков зерна, l , мм						
4	3,3	5,7	9	11,7	13,5	2,67	2,70
6	2,1	5,0	10,8	14,5	16,7	2,16	3,34
8	4,4	7,5	10,2	13,1	14,9	2,42	2,98

Эффективность процесса проращивания зерна можно рассматривать с точки зрения изменения химического состава, получения ростка определенной длины или получения некоторой массы проращённого зерна. Практический интерес представляет количественный рост массы зерна, поэтому для расчета производительности установки следует представить, как происходит изменение массы зерновки в процессе проращивания с образованием ростка и корешка. Эффективность работы установки оценивали по приведенным ниже критериям.

Изменение массы зерна, которое заложили на решета для проращивания, можно рассчитать по выражению

$$\Delta m = m_2 - m_1, \quad (1)$$

где m_1 – начальная масса зерна перед проращиванием, кг;
 m_2 – конечная масса проращённого зерна, кг.

В эксперименте изменение массы зерна составило

$$\Delta m = 3,5 - 1,7 = 1,8 \text{ кг.}$$

После проращивания влажность зерновой массы составляет 54–56%. При этом, кроме зерна с ростками, в ней присутствует свободная влага. Чтобы снизить влияние массы свободной влаги на измерение массы проращённого зерна, необходимо ее удалить. Для этого после проращивания массу оставляют на решетках на 20–25 мин для свободного стока воды. После этого проводится измерение массы m_2 .

Первым критерием работы установки для проращивания зерна является скорость прорастания по массе, определяемая по выражению

$$V_{Pm} = \frac{m_2 - m_1}{t}, \quad (2)$$

где t – длительность проращивания, сут.

$$V_{Pm} = \frac{3,50 - 1,7}{5} = 0,36 \text{ кг/сут.}$$

Вторым критерием работы установки является скорость прорастания по длине ростков, определяемая по выражению

$$V_{PL} = \frac{L}{t}, \quad (3)$$

где L – длина ростков зерна после пяти суток роста, мм;
 t – длительность проращивания, сут.

$$V_{PL} = \frac{28}{5} = 5,6 \text{ мм/сут.}$$

Третьим критерием эффективности работы установки может служить энергоёмкость проращивания зерна, которая оценивается по выражению

$$W_{уд} = \frac{\sum P \cdot t \cdot 100}{M_H(W_1 - W_2)}, \quad (4)$$

где P – суточное потребление электроэнергии установкой, Вт·ч;

t – продолжительность работы установки, сут.;

W_1 – начальное содержание влаги в исходном зерне, %;

W_2 – конечное содержание влаги в проращённом зерне, %.

$$W_{уд} = \frac{216 \cdot 5 \cdot 100}{3,5 \cdot (56 - 14)} = 735 \text{ Вт·ч/кг.}$$

Обработка результатов экспериментальных исследований в соответствии с планом [1, 5, 16] позволила получить уравнение регрессии, учитывающее влияние воздействующих факторов на скорость роста проращённого зерна по длине ростков, мм/сут. Уравнение регрессии в натуральных значениях факторов имеет следующий вид:

$$V_{PL} = -17,403 + 11,375T_3 + 1,91T_B - 1,733T_3^2 - 0,2125T_3T_B - 0,0966T_B^2. \quad (5)$$

Для данного уравнения регрессии коэффициент корреляции $R = 87,36\%$.

Полученная математическая модель была подвергнута проверке по критерию Фишера $F_p = 4,14 > F_{ТАБЛ} = 2,95$ [16]. Сравнение расчетного и табличного критерия Фишера показало адекватность полученной математической модели, значимость их коэффициентов и достоверность проведенных исследований.

Анализ уравнения регрессии (5) показал, что наибольшая скорость роста ростков, в области исследуемых факторов, составляет 5,0–5,6 мм и достигается при значениях T_3 и T_B соответственно 2,6–3,2 и 5,6–8,0 ч.

На рисунке 2 приведена расчетная поверхность, построенная с учетом уравнения (5) и отражающая зависимость скорости проращивания зерна от длительности замачивания и длительности нахождения зерна на воздухе.

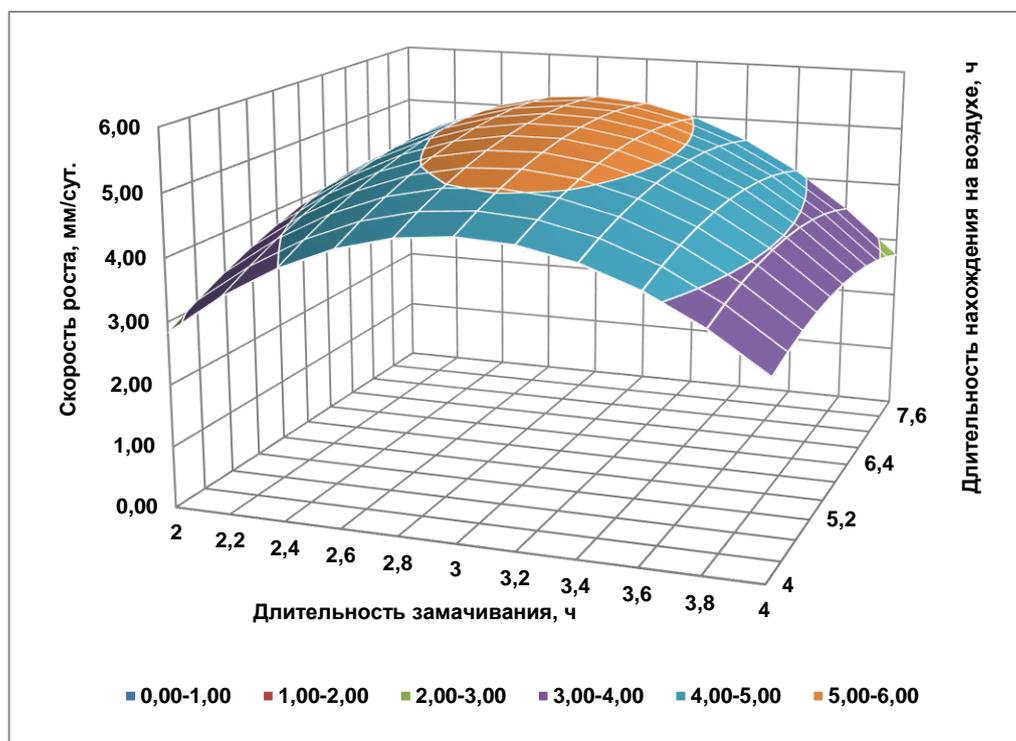


Рис. 2. Зависимость скорости проращивания от длительности замачивания и длительности нахождения зерна на воздухе

Обработка результатов экспериментальных исследований [1, 5, 16] позволила получить уравнение регрессии, учитывающее влияние воздействующих факторов на энергоёмкость проращивания зерна (Вт·ч/кг). Уравнение регрессии в натуральных значениях факторов имеет следующий вид:

$$W_{PL} = 740,83 + 52,5T_3 - 73,75 T_B + 5 T_3^2 - 16,25 T_3 T_B + 8,75 T_B^2. \quad (6)$$

Коэффициент корреляции для данного уравнения регрессии составляет $R = 91,81\%$.

Полученная математическая модель удовлетворяет критерию Фишера $F_p = 6,73 > F_{ТАБЛ} = 2,95$ [16]. Сравнение расчетного и табличного критерия Фишера показало адекватность полученной математической модели, значимость их коэффициентов и достоверность проведенных исследований.

Анализ уравнения регрессии (6) показал, что наименьшая энергоёмкость проращивания зерна, в области исследуемых факторов, составляет 725–740 Вт·ч/кг и достигается при значениях T_3 и T_B соответственно 3,6–4,0 и 7,2–8,0 ч.

На рисунке 3 приведена расчетная поверхность, построенная с учетом уравнения регрессии (6) и отражающая зависимость энергоёмкости проращивания от длительности замачивания и длительности нахождения зерна на воздухе.

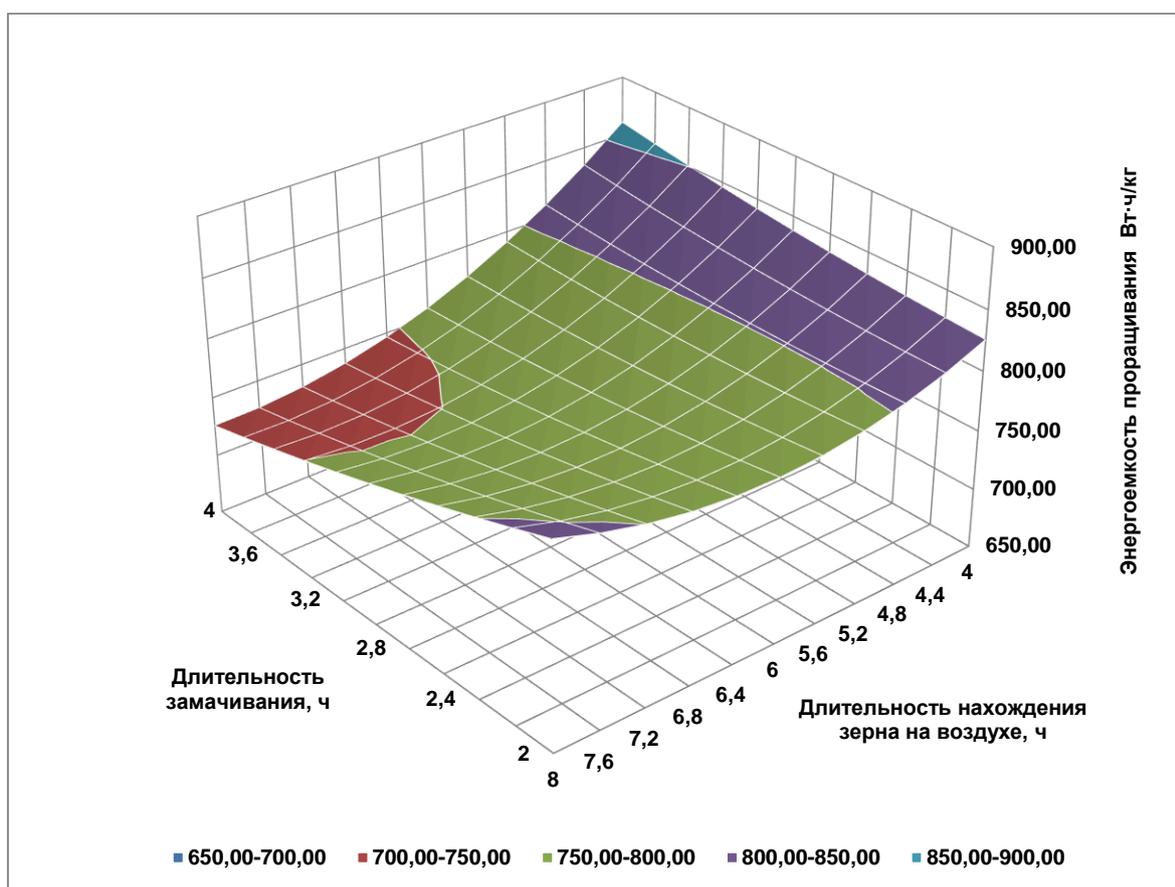


Рис. 3. Зависимость энергоёмкости проращивания от длительности замачивания и длительности нахождения зерна на воздухе

Выводы

Представлена конструктивно-технологическая схема установки с описанием принципа ее работы, проанализированы режимы работы лабораторного образца проращивателя зерна, а также факторы и критерии оптимизации, которые позволяют определить качественные, количественные и энергетические характеристики процесса проращивания.

Установлено, что максимальная скорость развития проростков зерна составляет 5,0–5,6 мм и достигается при длительности замачивания и нахождения его на воздухе соответственно 2,6–3,2 и 5,6–8,0 ч. Производительность проращивания зерна по массе равна 0,36 кг/сут.

Минимальная энергоёмкость проращивания составляет 725–740 Вт·ч/кг и достигается при длительности замачивания зерна и длительности нахождения его на воздухе соответственно 3,6–4,0 и 7,2–8,0 ч.

Предложенная установка обеспечивает повышение производительности процесса проращивания зерна за счет его механизации и автоматизации и может быть использована в хозяйствах с небольшим по численности поголовьем животных.

Список источников

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Москва: Наука, 1976. 278 с.
2. Бахарев Г.Ф., Дронова Л.И., Емельянова Л.Н. Исследование процесса суточного проращивания зерна на корм животным // Достижения науки и техники в АПК. 2007. № 1. С. 30–31.
3. Бентли М. Промышленная гидропоника; перевод с англ. Москва: Колос, 1965. 370 с.
4. Бибик И.В. Повышение эффективности подготовки к скармливанию соевого зерна путем разработки технологии и линии для его проращивания: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Благовещенск, 1999. 22 с.
5. Блинова Е.И. Планирование и организация эксперимента: учебно-методическое пособие. Минск: БГТУ, 2010. 130 с.
6. Булавин С.А., Саенко Ю.В. Определение оптимальных параметров и режимов проращивания зерна на витаминный корм свиньям // Механизация электрификация сельского хозяйства. 2011. № 5. С. 28–29.
7. Вендин С.В., Саенко Ю.В., Казаков К.В. и др. Технология и оборудование для получения и подготовки пророщенного зерна на корм животным: монография. Москва; Белгород: Колос-с, 2021. 204 с.
8. Ермолаева Г.А., Колчева Р.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков: учебник. Москва: ИРПО; Академия, 2000. 416 с.
9. Ковригина А.В., Вендин С.В., Саенко Ю.В. Повышение продуктивности свиней за счет скармливания им пророщенного зерна. Белгород: Политерра, 2020. 189 с.
10. Крулляков Ю.А. Оборудование для непрерывного выращивания зеленого корма гидропонным способом. Москва: Агропромиздат, 1991. 79 с.
11. Кунце В. Технология солода и пива; пер. с нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2001. 153 с.
12. Способ проращивания зерна и устройство для его осуществления: пат. 2472330 Рос. Федерация. № 2011109467/21; заявл. 14.03.2011; опубл. 20.01.2013. Бюл. № 2. 13 с.
13. Походня Г.С. Свиноводство и технология производства свинины: сборник научных трудов научной школы профессора Г.С. Походни. Специальный выпуск 2: Использование пророщенного зерна в рационах свиней. Белгород: Политерра, 2009. 68 с.
14. Прищеп Л.Г. Эффективная электрификация защищенного грунта. Москва: Колос 1980. 208 с.
15. Шарупич С.В., Шарупич П.В., Коломыцев Е.В. и др. Метод расчета технических характеристик растворных узлов системы питания многоярусной узкостеллажной гидропоники отделений сеянцев, рассады и овощных отделений. Орел: Патент Град-РИЦ, 2010. 100 с.
16. Юдин Ю.В., Майсурадзе М.В., Водолазский Ф.В. Организация и математическое планирование эксперимента. Екатеринбург: Уральский университет, 2018. 124 с.

References

1. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovsky Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovij [Experiment planning while searching for optimal conditions]. Moscow: Nauka; 1976. 278 p. (In Russ.).
2. Bakharev G.F., Dronova L.I., Emelianova L.N. Issledovanie protsessy sutochnogo proraschivaniya zerna na korm zhivotnym [Investigation of the process of daily germination of grain for animal feed]. *Dostizheniya nauki i tekhniki v APK = Achievements of Science and Technology in Agriculture*. 2007;1:30-31. (In Russ.).
3. Bentley M. Promyshlennaya gidroponika: perevod s anglijskogo [Commercial hydroponics: translated from English]. Moscow: Kolos; 1965. 370 p. (In Russ.).
4. Bibik I.V. Povyshenie effektivnosti podgotovki k skarmlivaniyu soevogo zerna putem razrabotki tekhnologii i linii dlya ego proraschivaniya [Improving the efficiency of preparation for feeding soy grain by developing a technology and a line for its germination]: avtoreferat dissertatsii ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.20.01 = Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Blagoveshchensk; 1999. 22 p. (In Russ.).
5. Blinova E.I. Planirovanie i organizatsiya eksperimenta: uchebno-metodicheskoe posobie [Planning and organization of the experiment: study guide]. Minsk: Belarusian State Technical University; 2010. 130 p. (In Russ.).
6. Bulavin S.A., Saenko Yu.V. Opredelenie optimal'nykh parametrov i rezhimov proraschivaniya zerna na vitaminnyj korm svin'yam [Determination of optimal parameters and modes of grain germination for vitamin

feed for pigs]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyajstva = Mechanization and Electrification of Agriculture*. 2011;5:28-29. (In Russ.).

7. Vendin S.V., Saenko Yu.V., Kazakov K.V. et al. *Tekhnologiya i oborudovanie dlya polucheniya i podgotovki proroshchennogo zerna na korm zhivotnym: monografiya [Technology and equipment for obtaining and preparing sprouted grain for animal feed: monography]*. Moscow; Belgorod: Kolos-s Printing-Book Trading Centre; 2021. 204 p. (In Russ.).

8. Ermolaeva G.A., Kolcheva R.A. *Tekhnologiya i oborudovanie proizvodstva piva i bezalkogol'nykh napitkov: uchebnik [Technology and equipment for the production of beer and soft drinks: textbook]*. Moscow: Federal Institute for the Development of Vocational Education and Training; Academy; 2000. 416 p. (In Russ.).

9. Kovrigin A.V., Vendin S.V., Saenko Yu.V. *Povyshenie produktivnosti svinej za schet skarmlivaniya im proroshchennogo zerna [Increasing the productivity of pigs by feeding sprouted grain]*. Belgorod: Politerra Press; 2020. 189 p. (In Russ.).

10. Kruglyakov Yu.A. *Oborudovanie dlya nepreryvnogo vyrashchivaniya zelenogo korma gidroponnym sposobom [Equipment for continuous cultivation of green fodder by the hydroponic method]*. Moscow: Agropromizdat; 1991. 79 p. (In Russ.).

11. Kuntze W. *Tekhnologiya soloda i piva; perevod s nemetskogo [Malt and Beer Technology: translated from German]*. Saint Petersburg: Profession Press; 2001. 153 p. (In Russ.).

12. *Sposob prorashchivaniya zerna i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya [Method of germination of grain and the device for its implementation]: patent 2472330 Ros. Federatsiya. № 2011109467/21; zayavleno 14.03.2011; opublikovano. 20.01.2013. Byul. № 2 = Patent 2472330 Russian Federation. No. 2011109467/21, claimed 14.03.2011; published 20.01.2013. Bulletin 2. 13 p. (In Russ.).*

13. Pokhodnya G.S. *Svinovodstvo i tekhnologiya proizvodstva svininy: Sbornik nauchnykh trudov nauchnoj shkoly professora G.S. Pohodnyu. Spetsial'nyj vypusk 2: Ispol'zovanie prorashchennogo zerna v ratsionakh svinej [Pig breeding and pork production technology: Collection of scientific papers of the Scientific School of Professor G.S. Pokhodnya. Special Issue 2: The use of sprouted grain in the diets of pigs]*. Belgorod: Politerra; 2009. 68 p. (In Russ.).

14. Prishchep L.G. *Effektivnaya elektrifikatsiya zashchishchennogo grunta [Effective electrification of protected ground]*. Moscow: Kolos Press; 1980. 208 p. (In Russ.).

15. Sharupich S.V., Sharupich P.V., Kolomytsev E.V. et al. *Metod rascheta tekhnicheskikh kharakteristik rastvornykh uzlov sistemy pitaniya mnogoyarusnoj uzkostellazhnoj gidroponiki otdelenij seyantsev, rassady i ovoshchnykh otdelenij [Method for calculating technical characteristics of the solution units of the multi-tiered narrow-cell hydroponics supply system of seedlings, seedlings and vegetable departments]*. Orel: Patent Grad-RITZ; 2010. 100 p. (In Russ.).

16. Yudin Yu.V., Majsuradze M.V., Vodolazskiy F.V. *Organizatsiya i matematicheskoe planirovanie eksperimenta [Organization and mathematical planning of the experiment]*. Yekaterinburg: Ural University Press; 2018. 124 p. (In Russ.).

Информация об авторах

С.В. Вендин – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», elapk@mail.ru.

Ю.В. Саенко – доктор технических наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», yuriy311300@mail.ru.

М.С. Широков – аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», 97shirokov@rambler.ru.

В.Ю. Страхов – преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», strakhov.94@list.ru.

Information about the authors

S.V. Vendin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Dept. of Electrical Equipment and Electrical Technologies in Agro-industrial Complex, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, elapk@mail.ru.

Yu.V. Saenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Machinery and Equipment in Agribusiness, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, yuriy311300@mail.ru.

M.S. Shirokov, Postgraduate Student, the Dept. of Machinery and Equipment in Agribusiness, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, 97shirokov@rambler.ru.

V.Yu. Strakhov, Lecturer, the Dept. of Electrical Equipment and Electrical Technologies in Agro-Industrial Complex, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, strakhov.94@list.ru.

Статья поступила в редакцию 03.07.2023; одобрена после рецензирования 06.08.2023; принята к публикации 12.08.2023.

The article was submitted 03.07.2023; approved after reviewing 06.08.2023; accepted for publication 12.08.2023.

© Вендин С.В., Саенко Ю.В., Широков М.С., Страхов В.Ю., 2023