

УДК 631.363:636.086.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА  
В РАЦИОНАХ СВИНЕЙ НА ОТКОРМЕ**

**ВЕНДИН С.В.**,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электрооборудования и электро-технологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина; 8 (4722) 39-14-20.

**САЕНКО Ю.В.**,

доктор технических наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина; e-mail yuriy311300@mail.ru, тел. 8 (4722) 38-19-48.

**СТРАХОВ В.Ю.**,

аспирант кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина 8 (4722) 39-14-20.

**СЕМЕРНИНА М.А.**,

аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина 8 (4722) 38-19-48.

**Реферат.** В работе представлены результаты выполненных исследований по влиянию кормовых добавок с использованием пророщенного зерна на привесы свиней. Чтобы получить витаминную кормовую добавку с использованием пророщенного зерна сотрудниками Белгородского ГАУ была предложена технологическая линия и техническое обеспечение. Технологическая линия позволяет проращивать зерно, сушить пророщенное зерно до влажности 14 %, а затем измельчать до конечных размеров 1,0-1,4 мм. Согласно предлагаемой технологии предполагается использовать пророщенное зерно в качестве кормовой добавки в комбикорм. Технологическая линия состоит из комплекса взаимосвязанных между собой машин и оборудования. Результаты проведенных исследований указывают, что в пророщенном зерне происходит повышение содержания макро и микроэлементов, а также витаминов. Для определения влияния пророщенного зерна на рост поголовья опыт выполняли в двух группах свиней. Поголовье в каждой группе составляло 15 голов. Первой группе животных давали комбикорм СК-4-К-1, а второй группе также давали комбикорм СК-4-К-1, при этом в рацион кормления добавляли пророщенное зерно в количестве 10-12 % по массе сухого вещества. По результатам опытов было установлено, что добавление в комбикорм животным пророщенного зерна увеличивает содержание в нём витаминов, поэтому повышает прибавку живого веса до десяти процентов. Предложена математическая модель, и установлены коэффициенты, которые позволяют увязать влияние пророщенного зерна в корме и конечную массу животных. Сравнение экспериментальных и теоретических значений показывает, что предложенная математическая модель роста свиней хорошо согласуется с экспериментальными данными. Сравнение расчётных и фактических значений показало отклонение менее 5 %. Следовательно, ее можно использовать для прогнозирования привесов свиней при скормливании комбикорма с добавлением пророщенного зерна.

**Ключевые слова:** химический состав, пророщенное зерно, математическое обоснование роста, кормовая добавка.

**INVESTIGATION OF THE EFFICIENCY OF APPLICATION OF FEED MIXTURES  
USING SPRINGED GRAIN IN THE DIETS OF PIGS ON FEEDING**

VENDIN S.V.,

doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnology in the Agricultural Sector, FSBEI HE Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina.

SAENKO Y.V.,

doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness; e-mail yuriy311300@mail.ru, FSBEI HE Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina.

STRAHOV V.Y.

postgraduate Student of the Department of Electrical Equipment and Electrical Engineering in the Agricultural Sector FSBEI HE Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina.

SEMERNINA M.A.,

postgraduate Student of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness FSBEI HE Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina.

**Essay.** The paper presents the results of studies of the effect of germinated grain on pig weight gain. To obtain a vitamin feed supplement using sprouted grain, employees of the Belgorod State Agrarian University proposed a process line and technical support. The proposed technological line allows germinating grain, drying germinated grain to a moisture content of 14%, and then grinding to final sizes of 1.0-1.4 mm. According to the proposed technology, it is supposed to use germinated grain as a feed additive in mixed feed. The technological line consists of a set of interconnected machinery and equipment. The results of the research indicate that there is an increase in the content of macro and microelements, as well as vitamins, in the germinated grain. To determine the effect of germinated grain on the growth of livestock, two groups of pigs were performed. The livestock in each group was 15 heads. The first group of animals was given compound feed SK-4-K-1, and the second group was also given compound feed SK-4-K-1, while germinated grain was added to the feeding ration in an amount of 10-12% by weight of dry matter. According to the results of experiments, it was established that the addition of germinated grain to animal feed increases the content of vitamins in it, therefore, it increases the increase in live weight by up to ten percent. A mathematical justification has been carried out and coefficients have been established that allow the influence of germinated grain in the feed to be linked to the final mass of animals. A comparison of experimental and theoretical values shows that the proposed mathematical model of pig growth is in good agreement with experimental data. Comparison of calculated and actual values showed a deviation of less than 5%. Therefore, it can be used to predict the weight gain of pigs when feeding feed with the addition of germinated grain.

**Keywords:** chemical composition, germinated grain, growth rationale, feed additive.

**Введение.** Промышленное ведение свиноводства выполняют в закрытых помещениях, в которых поголовье содержат всё время на период откорма. Животные получают искусственные комбикорма. Чтобы увеличить естественное содержание витаминов в корме сельскохозяйственных животных, а в частности в рационе кормления свиней необходимо добавлять в комбикорм пророщенное зерно ячменя, или пшеницы. По данным Походни Г.С. и других ученых при проращивании зерно превращается в диетический корм, содержащий каротин, витамины А, С, Е [1, 2]. Это улучшает поедаемость кормов животными, лучше усваиваются макро и микроэлементы.

Чтобы получать пророщенное зерно в промышленных объёмах и добавлять его в комбикорм необходимо разработать систему и оборудования.

Специалистами Белгородского ГАУ предложен комплекс машин для проращивания, подготовки и добавления в комбикорм пророщенного зерна [3, 4]. Получаемое по этой технологии пророщенное высушенное измельченное зерно представляет собой продукт бежевого цвета с вкраплением зеленого (ростки), имеет приятный запах, напоминающий запах сенажа. Перед добавлением в комбикорм осуществляют измельчение зерна до размера частиц 1,0-1,4 мм [5]. Согласно пред-

## КОРМОПРОИЗВОДСТВО, КОРМЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЯ КОРМОВ

лагаемой технологии предполагается использовать пророщенное зерно в качестве кормовой добавки в комбикорм. Технологическая линия представляет собой последовательно установленные агрегаты, изображённые на рисунке 1 [6].

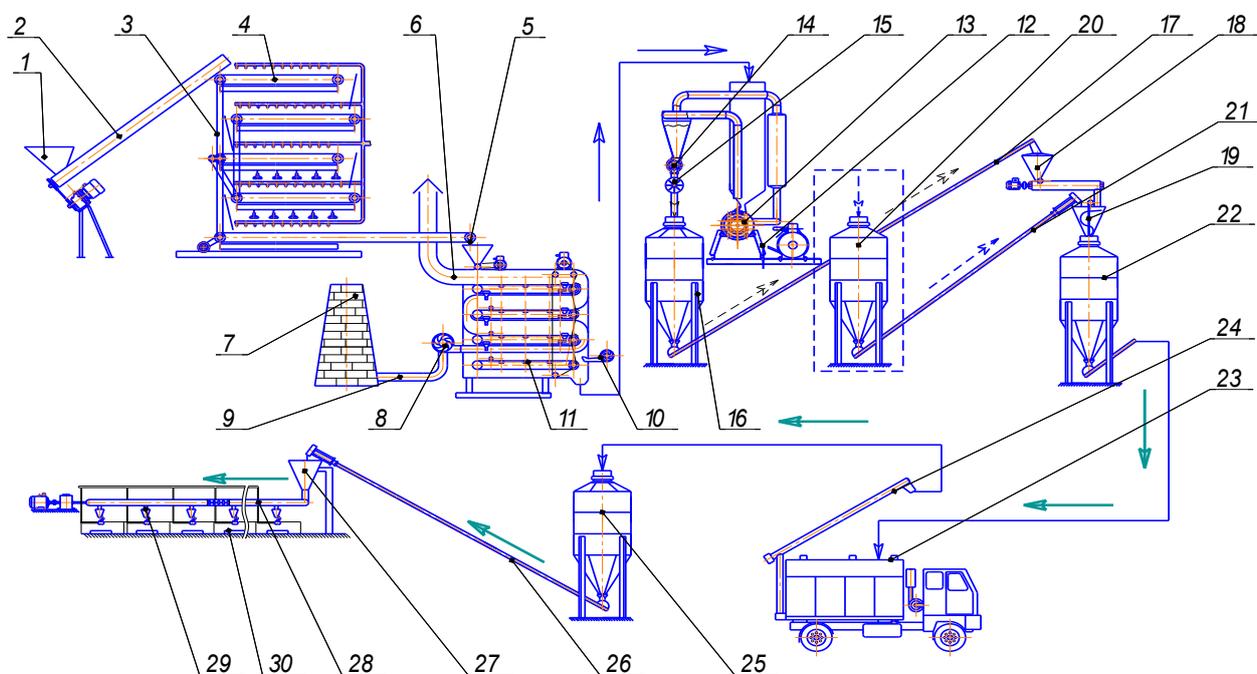
**Цель и задачи исследований** состояли в изучении химического состава натурального, пророщенного зерна ячменя и пророщенного и высушенного зерна ячменя, а также в изучении влияния кормовых смесей с использованием пророщенного зерна на продуктивность свиней в условиях производства.

**Материал и методика исследования.** Исследования проводились в несколько этапов, которые включали: получение и исследование свойств пророщенного, высушенного и из-

мельченного зерна ячменя; опыты по изучению влияния кормовых смесей с использованием пророщенного зерна на продуктивность свиней; разработку математической модели для оценки темпов прироста массы животных.

Животным выдают комбикорм СК-4-К-1. За период откорма вес животных возрастает от 45 до 117 кг, при этом среднесуточные приросты находятся на уровне 600-700 г.

Для принятой схемы опыта в эксперименте при откорме участвовали две группы свиней, поголовье в каждой группе составляло 15 голов. Первой группе животных давали комбикорм СК-4-К-1, а второй группе также давали комбикорм СК-4-К-1, при этом в рацион кормления добавляли пророщенное зерно в количестве 10-12 % по массе сухого вещества.



### Условные обозначения

- Пдача пророщенного высушенного зерна
- Пдача комбикорма
- Пдача пророщенного высушенного измельченного зерна
- Пдача комбикорма с пророщенным зерном

1 - Бункер загрузочный; 2 - шнек подающий; 3 - конвейер для проращивания зерна; 4 - транспортер ленточный; 5 - бункер; 6 - конвейерная сушилка; 7 - топочная; 8 - вентилятор агента сушки; 9 - трубопровод агента сушки; 10 - вентилятор холодного воздуха; 11 - нижний транспортер; 12 - дробилка; 13 - дробильная камера; 14 - шлюзовой затвор; 15 - аппарат вторичного измельчения; 16 - бункер для пророщенного зерна; 17 - спиральный транспортер; 18 - дозатор; 19 - смеситель; 20 - бункер для комбикорма; 21 - спиральный транспортер; 22 - бункер готовой смеси; 23 - автомобиль; 24 - шнек; 25 - бункер; 26 - спиральный транспортер; 27 - бункер-накопитель; 28 - тросово-шайбовый транспортер; 29 - смеситель-раздатчик; 30 - кормушка.

Рисунок 1 - Схема технологической линии проращивания и введения в комбикорм пророщенного зерна

## КОРМОПРОИЗВОДСТВО, КОРМЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЯ КОРМОВ

Таблица 1 - Химический состав натурального, пророщенного зерна ячменя и пророщенного и высушенного зерна ячменя

Показатели	До проращивания		После проращивания		После сушки	
	первоначальной влажности (11,1 % влаги)	в сухом веществе	первоначальной влажности (47,68 % влаги)	в сухом веществе	первоначальной влажности (15,48 % влаги)	в сухом веществе
Кормовые единицы	1,18		0,7		0,88	
Обменная энергия, МДж	КРС 11,0 Свиньи 12,6		КРС 6,5 Свиньи 7,4		КРС 8,4 Свиньи 9,6	
Сырой протеин, %	14,52	16,33	8,77	16,77	10,7	16,33
Переваримый протеин, %	11,62		7,02		8,56	
Сырая клетчатка, %	4,36	4,9	2,42	4,63	2,29	3,49
Сахар, %	1,92	2,16	2,06	3,94	2,32	3,54
Сырой жир, %	1,09	1,23	0,74	1,41	0,75	1,15
БЭВ, %	66,63	74,95	39,21	74,94	50,23	76,66
Кальций, %	0,18	0,203	0,195	0,372	0,191	0,292
Фосфор, %	0,248	0,279	0,146	0,28	0,184	0,281
Калий, %	0,533	0,6	0,405	0,775	0,459	0,7
Сера, г/кг	1,51	1,7	0,99	1,9	1,11	1,7
Магний, г/кг	3,56	4,01	2,1	4,02	2,67	4,07
Железо, мг/кг	209,4	235,5	121,6	232,5	157,6	240,5
Медь, мг/кг	7,5	8,4	3,8	7,3	5,2	8,0
Цинк, мг/кг	43,4	48,8	26,0	49,7	33,0	50,4
Марганец, мг/кг	13,4	15,1	8,2	15,6	10,0	15,2
Кобальт, мг/кг	0,204	0,23	0,12	0,23	0,153	0,234
Йод, мг/кг	0,333	0,375	0,143	0,273	0,186	0,285
Каротин, мг/кг	0,208	-	0,312	-	0,205	-
Витамин С, мг %	3,52	-	4,93	-	4,67	-
Витамин Е, мг %	1,5	1,69	2,2	4,21	3,59	5,49
Витамин А, мкг/г	Не обнаружено	Не обнаружено	1,43	2,73	2,15	3,28

В основу разработки математической модели для оценки темпов прироста массы животных была положена экспоненциальная зависимость роста животных, приведенная в работе [7].

**Результаты исследования.** Первый этап исследований состоял в получении пророщенного и высушенного зерна ячменя и оценке его химического состава и витаминной ценности.

Основные показатели анализа химический состав натурального, пророщенного зерна ячменя и пророщенного и высушенного зерна ячменя приведены в таблице 1.

На основе данных таблицы 1 можно отметить увеличение в сухом веществе пророщенного зерна ячменя количества кальция на 0,089 %, фосфора на 0,002 % и калия на 0,1 %. Кроме того, необходимо отметить увели-

чение в сухом веществе пророщенного зерна ячменя отдельных микроэлементов: магния на 0,06 г; железа на 5 мг, кобальта на 0,004 мг; цинка на 1,6 мг; марганца 0,1 мг. В то же время количество меди снизилось на 0,4 мг; йода на 0,09 мг [8, 9].

Изменилось также и содержание витаминов. Содержание витаминов С и Е в ячмене после проращивания увеличилось на 1,15 и на 2,09 мг. Сушка зерна снизила в нём содержание каротина на 0,003 мг. В процессе проращивания в зерне отмечается образование до 2,73 мкг/ г витамина А (в пророщенном высушенном зерне 3,28 мкг/ г).

Можно отметить, что при проращивании зерна происходит изменение его химического состава, т.е. преобразование сложных химических элементов в простые легко доступные (путем активизации ферментов зерна).

Следующий результат состоит в том, что сушка не ухудшает качество пророщенного зерна. Полученные данные свидетельствуют о том, что по сравнению с сырым пророщенным зерном ячменя, у высушенного пророщенного отмечается относительное повышение содержания отдельных компонентов: сырого протеина с 8,77 до 10,7 % (на 1,93 %); переваримого протеина с 7,02 до 8,56 % (на 1,54 %); БЭВ с 39,21 до 50,23 % (на 11,02%); фосфора с 0,146 до 0,184 % (на 0,038 %); калия с 0,405 до 0,459 (на 0,054 %); натрия с 0,049 до 0,054 % (на 0,005 %); серы с 0,99 до 1,11 г/кг (на 0,12 г/кг); магния с 2,1 до 2,67 г/кг (на 0,57 г/кг); железа со 121,6 до 157,6 мг/кг (на 36 мг/кг); меди с 3,8 до 5,2 мг/кг (на 1,4 мг/кг); цинка с 26 до 33 мг/кг (на 7 мг/ кг); марганца с 8,2 до 10 мг/ кг (на 1,8 мг/кг); кобальта с 0,12 до 0,153 мг/ кг (на 0,033 мг/кг); витамина Е с 2,2 до 3,59 мг% (на 1,39 мг%); витамина А с 1,143 до 2,15 мкг/г (на 0,72 мкг/ г).

Таблица 2 - Масса животных при скармливании комбикорма, а также комбикорма с пророщенным зерном

Время откорма, дней	1	13	25	37	49	61	73	85	93
Средняя масса животного при скармливании комбикорма (контроль), кг	45,46	49,4	54	61	67	74	83	93	101
Средняя масса животного при скармливании комбикорма с добавлением пророщенного зерна (опытная группа), кг	45,46	53	59	65	73	81	91	104	112
Относительное увеличение массы животных, %	0	7,23	9,25	6,55	8,95	9,45	9,64	11,82	10,89

Второй этап исследований состоял в производственной проверке эффективности использования пророщенного зерна в качестве витаминной добавки к кормовым смесям на откорме свиней. В таблице 2 представлено сравнение результатов откорма одной группы животных, которых кормили только комбикормом, с другой группой животных, откормленных комбикормом с добавлением пророщенного зерна. Согласно полученным результатам относительное увеличение массы животных при скармливании комбикорма с добавлением пророщенного зерна на 90 сутки составляло около 11 %.

По результатам проведённой проверки можно сделать заключение, что добавление в комбикорм пророщенного зерна повышает привесы свиней до десяти процентов, поэтому заданной массы животные достигают за меньший отрезок времени.

Несомненный интерес для производства представляет прогнозирование темпов прироста живой массы животных на откорме [10]. Поэтому была предложена математическая модель, которая представляется следующей зависимостью:

$$W = W_0 \exp\left(\frac{\varphi \mu_0}{D} (1 - e^{-Dt})\right), \quad (1)$$

где  $W$  – масса животных в момент времени  $t$ ;  $W_0$  - начальная масса животных до проведения кормления (при  $t=0$ );  $\mu_0$  – постоянная удельного темпа роста в момент времени (при  $t=0$ ); (при  $t=0$ );  $D$ ,  $\varphi$  – дополнительные параметры, учитывающие изменение удельного темпа роста.

По данным таблицы 2 были рассчитаны значения коэффициентов модели, которые равны:  $D = 8,2 \times 10^{-9}$ ;  $\varphi = 3,02$ ;  $\mu_0 = 0,0012$ .

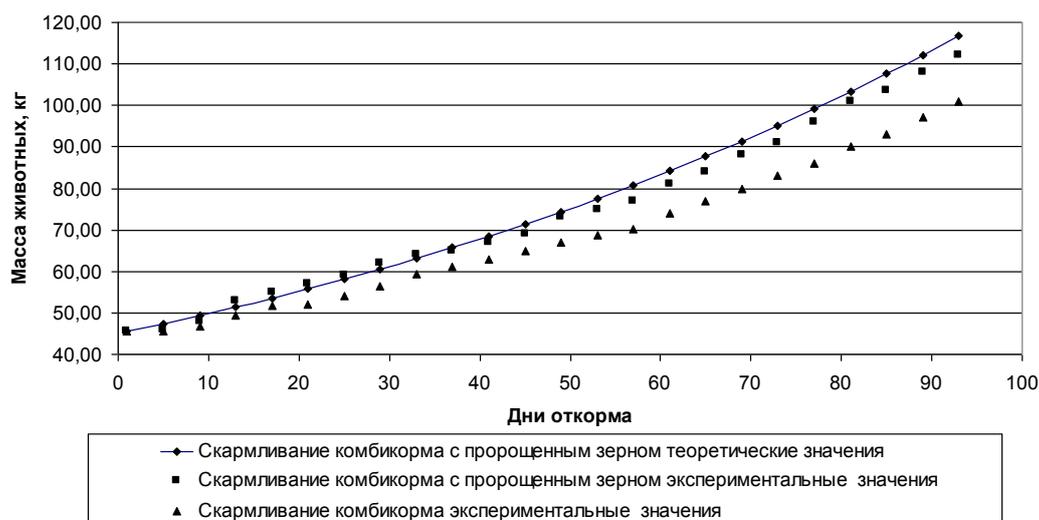


Рисунок 2 – Экспериментальные значения и график теоретической зависимости роста массы свиней

На рисунке 2 приведены экспериментальные значения и расчетная теоретическая зависимость роста массы свиней на откорме.

Сравнение экспериментальных и теоретических значений показывает, что предложенная математическая модель роста свиней хорошо согласуется с экспериментальными данными. Отклонения теоретического значения от экспериментального составили не более 5 %.

**Выводы.** В целом по результатам исследований можно заключить, что проращивание зерна ячменя позволяет изменить его химический состав, интенсивно воздействовать на углеводный, минеральный и витаминный комплекс зерна, перевести за счет активизации ферментов зерна сложные питательные вещества в простые соединения, легко усвояемые в организме животных. Было установлено, что сушка не ухудшает качество

пророщенного зерна, и наблюдается относительное повышение содержания отдельных компонентов.

Производственная проверка показала, что применение кормовых смесей с использованием пророщенного зерна обеспечивает увеличение привесов свиней на 8-10 % за счет сокращения периода откорма.

Сравнение экспериментальных и теоретических значений показывает, что предложенная математическая модель роста свиней хорошо согласуется с экспериментальными данными. Отклонения теоретического значения от экспериментального составили не более 5 %. Следовательно, ее можно использовать для прогнозирования привесов свиней при скармливании комбикорма с добавлением пророщенного зерна.

#### Список использованных источников

1. Пономарев А.Ф., Походня Г.С., Ескин Г.В. Свиноводство и технология производства свинины. – Белгород: Крестьянское дело. – 2001. – 492 с.
2. 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. – 2009. – 68 с.
3. Вендин С.В., Саенко Ю.В. Технологическая линия проращивания зерна на витаминный корм // Сельский механизатор. - 2017. - № 2. - С. 24-25.
4. Пат. 2558219 Российская Федерация С1 А01К5/00 (2006.01) Технологическая линия для проращивания и введения в комбикорм пророщенного зерна / Ю.В. Саенко, С.А. Булавин, А.Н. Макаренко и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородская ГСХА имени В.Я. Горина. - № 2014103764/13; заявл. 02.04.2014; опубл. 27.07.2015, Бюл. № 21. - 11 с.
5. Шейко И.П., Смирнов В.С. Свиноводство. – Мн.: Новое знание, 2005. - 384 с.
6. Пат. 2493697 Российская Федерация, А01К 5/02 (2006.01). Технологическая линия для подготовки к скармливанию пророщенного зерна / Ю.В. Саенко, С.А. Булавин, А.Ю. Носулен

ко, В.А. Немыкин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородская ГСХА. – № 2012102292; заявл. 23.01.2012; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27. - 7 с.

7. Пономарев К.К. Составление и решение дифференциальных уравнений для решений инженерно-технических задач. – М.: 1962. - С. 184.

8. Булавин С.А., Саенко Ю.В. Скармливание пророщенного зерна свиньям в промышленных условиях // Кормопроизводство. - 2014. - № 8. - С. 37-40.

9. Эффективность откорма свиней с использованием пророщенного зерна ячменя в их рационах / Г.С. Походня, С.А. Булавин, Ю.В. Саенко и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2012. - № 9. - С. 53-55.

10. Булавин С.А., Саенко Ю.В., Голованова Е.В. Математическая модель откорма свиней при промышленном производстве // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2012. - № 5. - С. 62-65.

#### **List of used sources**

1. Ponomarev A.F., Pokhodnya G.S., Eskin G.V. Pig production and pork production technology. - Belgorod: Peasant business. - 2001. - 492 p.

2. Pokhodnya G.S. Pig production and pork production technology: Collection of scientific works of the scientific school of Professor G.S. Pokhodni (Special Issue No. 2: The use of germinated grain in pig rations). - Belgorod. - 2009. - 68 p.

3. Vendin S.V., Saenko Yu.V. Technological line of germination of grain for vitamin feed // Rural mechanizer. - 2017. - № 2. - P. 24-25.

4. Pat. 2558219 Russian Federation C1 A01K5 / 00 (2006.01) Technological line for germination and introduction of germinated grain into mixed feed / Yu.V. Saenko, S.A. Bulavin, A.N. Makarenko et al.; applicant and patent holder of Belgorod State Agricultural Academy named after V.Ya. Gorina. - No. 2014103764/13; declare 04/02/2014; publ. 07.27.2015, Bull. № 21. - 11 p.

5. Sheiko I.P., Smirnov V.S. Pig production. - Minsk: New Knowledge, 2005. - 384 p.

6. Pat. 2493697 Russian Federation, A01K 5/02 (2006.01). Technological line for preparing for germinated grain germination / Yu.V. Saenko, S.A. Bulavin, A.Yu. Nosulenko, V.A. Nemykin; Applicant and Patentee Belgorod State Agricultural Academy. - № 2012102292; declare 01/23/2012; publ. 09/27/2013, Bull. №27. - 7 p.

7. Ponomarev K.K. Compiling and solving differential equations for solving engineering problems. - M.: 1962. - P. 184.

8. Bulavin S.A., Saenko Yu.V. Feeding sprouted grains to pigs in industrial conditions // Feed production. - 2014. - № 8. - P. 37-40.

9. The efficiency of fattening pigs with the use of germinated barley grain in their rations / G.S. Pokhodnya, S.A. Bulavin, Yu.V. Saenko et al. // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. - 2012. - № 9. - P. 53-55.

10. Bulavin S.A., Saenko Yu.V., Golovanova E.V. Mathematical model of fattening pigs in industrial production // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. - 2012. - № 5. - P. 62-65.