

УДК 66.047.3.085.1

## Аппаратурное оформление процесса обработки корма для поросят инфракрасным излучением

Канд. техн. наук **С.Ф. Демидов**, demidovserg@mail.ru

канд. техн. наук **Д.А. Ободов**, spb@nordspb.ru

магистрант **В.А. Савельев**, sonyatipo37@gmail.com

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Усвояемость питательных компонентов комбикорма, состоящего из смеси овса, пшеницы и ржи, составляет не более 35–40%, поэтому цель данного исследования – изучить уровень усвояемости протеина корма для поросят при его термообработке инфракрасным излучением.*

*Процесс нагрева корма проводился в промышленной установке шнекового типа, для измерения температуры нагрева корма и стенки установки использовали инфракрасный пирометр RaytekMiniTempMT6.*

*В ходе эксперимента осуществлялся нагрев инфракрасным излучением верхнего слоя кормовой смеси и нижней стенки установки в зависимости от следующих параметров: количество продукта, одновременного находящегося в установке; число оборотов шнека; производительность установки; температура поверхности корпуса шнека; температура нагрева продукта на выходе из установки; плотность теплового потока инфракрасного излучения.*

*При термообработке инфракрасным излучением корма для поросят в установке шнекового типа при температуре нагрева корма на выходе 74–75°C происходит денатурация белка и увеличивается усвояемость протеина. Оптимальные параметры процесса найдены при частоте тока 14 Гц, мощности излучателей 12 кВт, времени пребывания продукта в установке 9 мин, температуре нагрева стенки шнека при выходе продукта 115°C и производительности 250 кг/ч.*

**Ключевые слова:** исследование; инфракрасное излучение; температура; шнековая установка; частота вращения; мощность излучателя; корм.

DOI: 10.17586/2310-1164-2016-9-1-126-131

---

## Hardware design for piglet feed processing with infrared radiation

Ph.D. **Sergey F. Demidov**, demidovserg@mail.ru

Ph.D. **Dmitry A. Obodov**, spb@nordspb.ru

master **Vladimir A. Savelyev**, sonyatipo37@gmail.com

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

*The digestibility of nutrients of feed consisting of a mixture of oats, wheat and rye is not more than 35–40%. The main objective of this research was to treat feed for young piglets with infrared radiation, with the aim of improving the digestibility of protein. Heat treatment was carried out in a commercial screw-type installation, RaytekMiniTempMT6 infrared pyrometer being used to measure the temperature of the feed and installation walls.*

*During the experiment upper layer of the feed mixture and lower installation wall was heated by infrared radiation depending on the following parameters: installation fill, screw rotation speed, installation capacity, screw jacket surface temperature, product temperature at the output, infrared radiation density.*

*An experimental study of heat treatment by infrared radiation in a screw type installation was carried out at output feed temperature of 74–75°C. The treatment resulted in denaturation of the protein and increasing protein digestibility. Optimum process parameters was found to be the following: power – 14 Hz, emitter power – 12 kW, product temperature at the output – 115°C, product residence time in the installation – 9 min, capacity – 250 kg/h.*

**Keywords:** study; infrared radiation; temperature; screw installation; rotational speed; radiator power; feed.

---

## Введение

В производстве комбикормов для молодняка поросят используется фуражное зерно злаковых, зернобобовых и масличных культур. Усвояемость питательных компонентов комбикорма составляет не более 35–40%.

Современные методы кормления в условиях интенсивного содержания поросят показали, что молодняк хорошо переваривает протеин растительного происхождения. Обеспеченность организма поросят в питательных веществах оказывает значительное влияние на увеличение массы [1, 2].

Энергия, необходимая для жизнедеятельности, освобождается при окислении продуктов расщипления углеводов, жиров и белков корма. В организме молодняка поросят происходит непрерывное расходование энергии, поэтому организм нуждается в постоянном ее поступлении.

Все зерновые продукты, применяемые в кормлении сельскохозяйственных животных, относятся к концентрированным кормам, содержащим большое количество легкопереваримых питательных веществ.

Пшеница отличается более высоким (от 8 до 15%) содержанием сырого протеина и имеет хорошие вкусовые качества. Протеин пшеницы характеризуется высокой растворимостью (около 50%) и по аминокислотному составу близок к протеину ячменя и овса.

Рожь по химическому составу и питательности почти не отличается от ячменя и приближается к пшенице. Более 72% сухого вещества ржи составляют безазотистые экстрактивные вещества. В среднем в зерне содержится 8,2% сырого протеина, 2% жира, 2,4% клетчатки, 0,8 г кальция, 3 г фосфора. В 1 кг зерна ржи содержится 9,96–10,47 МДж обменной энергии.

Овес используют для приготовления кормовых смесей (25–30% массы корма). В зерне овса содержится 10–12% сырого протеина, до 9% клетчатки, около 5% жира и свыше 50% крахмала. Протеин овса характеризуется повышенной растворимостью (55–60%) и богат (до 20%) глутаминовой кислотой [3, 4].

Для увеличения усвояемости и повышения пищевой ценности компонентов комбикормов применяют различные способы его обработки: механическое измельчение [5], плющение [6, 7], термическая обработка [8], экструдирование [9]. Но наиболее перспективным методом является ИК обработка.

В Университете ИТМО, на кафедре технологических машин и оборудования (ТМиО) проводятся работы по сушке пищевых продуктов ИК излучением [10], разработаны конструкции установок с инфракрасным излучением [11, 12].

## Объекты и методы исследования

Целью данной работы является исследование процесса нагрева зерновой смеси для поросят инфракрасным излучением в промышленной установке шнекового типа до температуры на выходе 74–75°C.

В ходе эксперимента осуществлялся нагрев инфракрасным излучением верхнего слоя кормовой смеси и нижней стенки установки в зависимости от параметров: количество продукта, одновременного находящего в установке; число оборотов шнека; производительность установки; температура поверхности корпуса шнека; температура нагрева продукта на выходе из установки; плотность теплового потока инфракрасного излучения.

Сформированы следующие задачи для исследования подготовки сырья для кормления поросят с использованием двустороннего инфракрасного нагрева:

1. исследовать механизм и основы закономерностей процесса двустороннего инфракрасного нагрева корма для молодняка в промышленной установке;
2. провести анализ влияния основных параметров на эффективность процесса двустороннего инфракрасного нагрева корма для поросят в промышленной установке.

Процесс нагрева корма для поросят проводился в промышленной установке [13], состоящей из двух шнеков длиной по 3 м с диаметром 150 мм, одного бункера с шиберным узлом загрузки, двух редукторов, двух частотных преобразователей FR-S540-0,4, 3,7-ЕС и шести греющих блоков.

Для измерения температуры нагрева корма и стенки установки использовали инфракрасный пирометр RaytekMiniTempMT6. Необходимое число повторов эксперимента найдено по методике, изложенной в работе [14].

На рисунке 1 представлена зависимость числа оборотов шнека установки от частоты тока на двигателе. Из анализа экспериментальных данных видно, что при работе установки число оборотов шнека меняется от 10 до 23 об/мин.

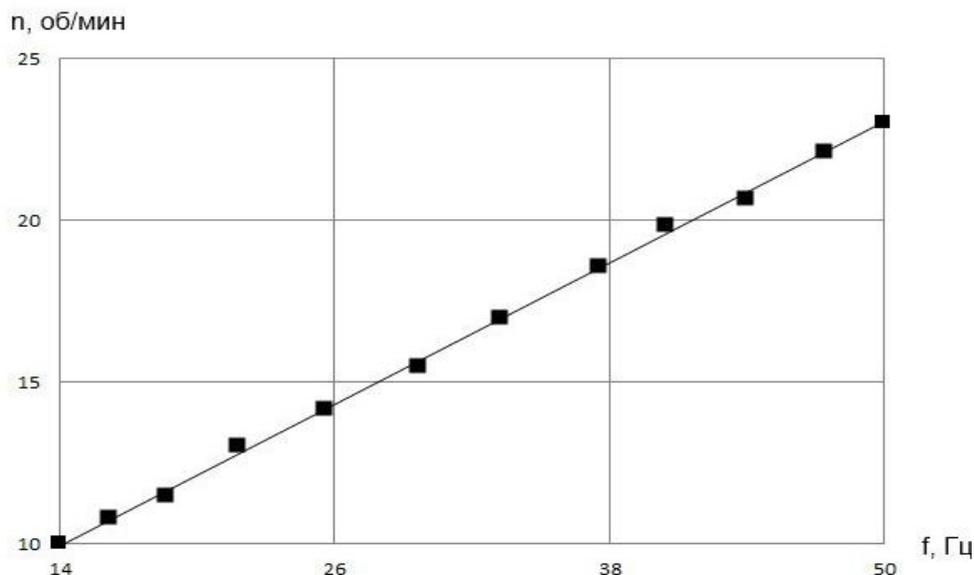


Рисунок 1 – Зависимость числа оборотов шнека установки от частоты тока на двигателе

На рисунке 2 представлена зависимость времени пребывания продукта в установке от частоты тока на двигателе, где нагрев корма на выходе достигает 74–75°C. Из графика видно, что время пребывания продукта в установке при 10 об/мин составляет 9 мин, при 23 об/мин составляет 4 мин.

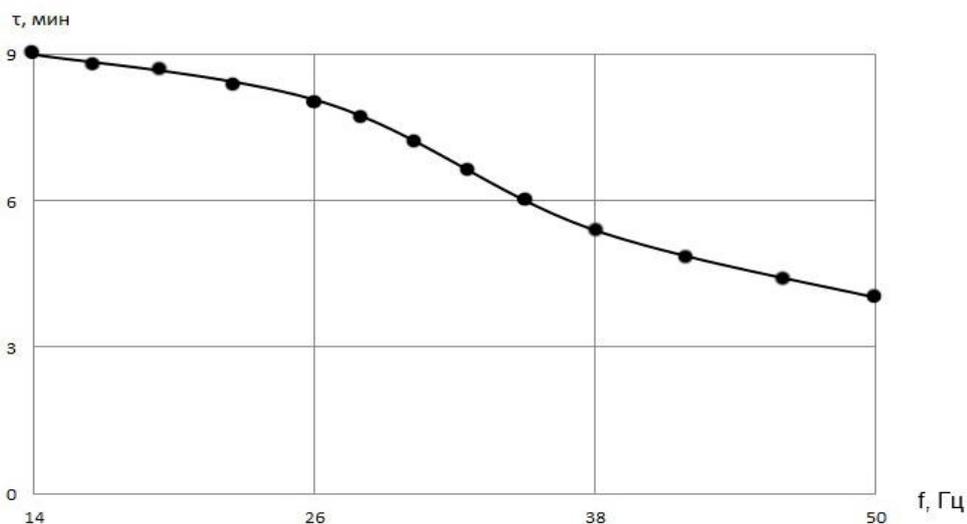


Рисунок 2 – Зависимость времени пребывания продукта в установке от частоты тока на двигателе при нагреве корма на выходе до 74–75°C

На рисунке 3 представлена зависимость количества материала, находящегося в установке, от времени его пребывания в ней при условии нагрева корма на выходе до температуры 74–75°C.

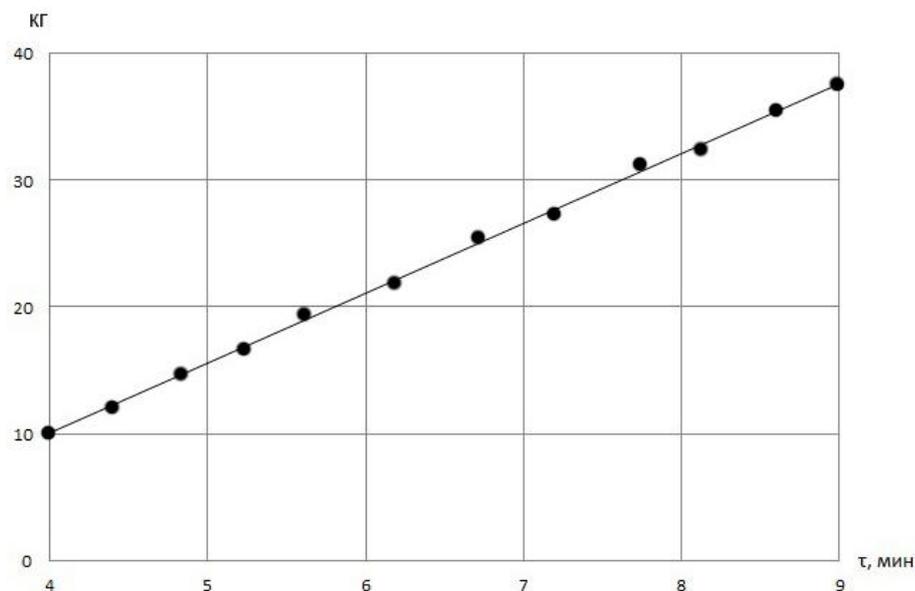


Рисунок 3 – Зависимость количества единовременного пребывания продукта в установке от времени его пребывания в ней при нагреве корма на выходе до 74–75°С

Результаты исследований зависимости температуры нагрева продукта инфракрасным излучением на выходе, проведенных при мощности излучателей 12 кВт и числе оборотов шнека 10 об/мин, от производительности установки представлены на рисунке 4.

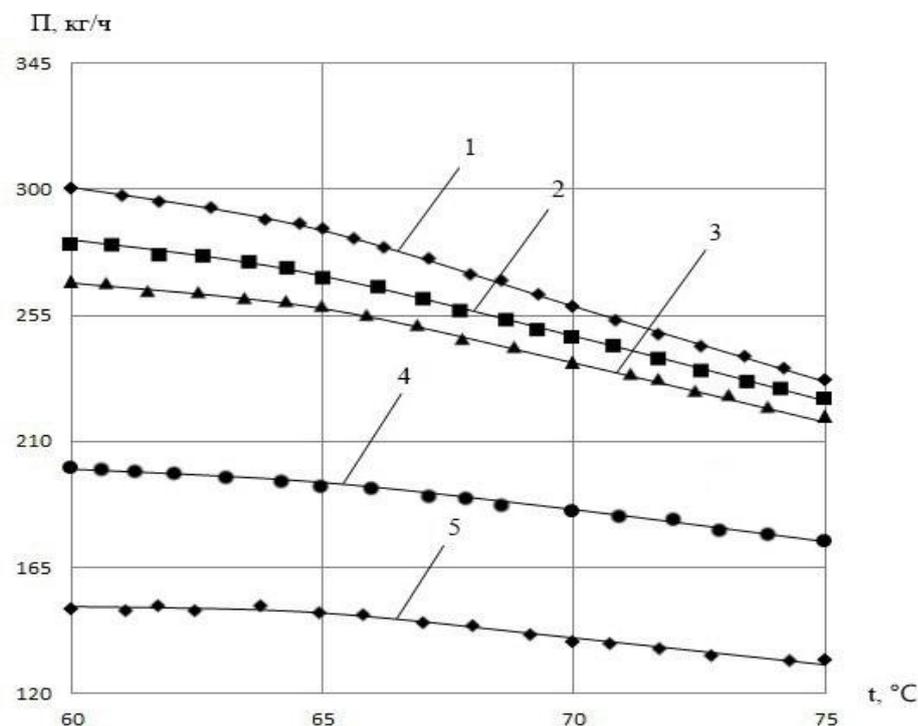


Рисунок 4 – Зависимость температуры нагрева продукта инфракрасным излучением на выходе от производительности установки при числе оборотов шнеков 10 об/мин, мощности излучателей 12 кВт, частоте тока 14 Гц (кривая 1), 17 Гц (кривая 2), 19,5 Гц (кривая 3), 32,5 Гц (кривая 4), 50 Гц (кривая 5)

Температура нагрева продукта на выходе меняется в зависимости от производительности, например, при нагреве продукта на выходе из установки до 75°С производительность составляет 131,4 кг/ч (кривая 5), а при 60°С этот показатель достигает 150 кг/ч.

На рисунке 5 представлены зависимости изменения температуры стенки шнека (кривая 1) и продукта (кривая 2) по длине установки при частоте тока 14 гц и производительности 250 кг/ч.

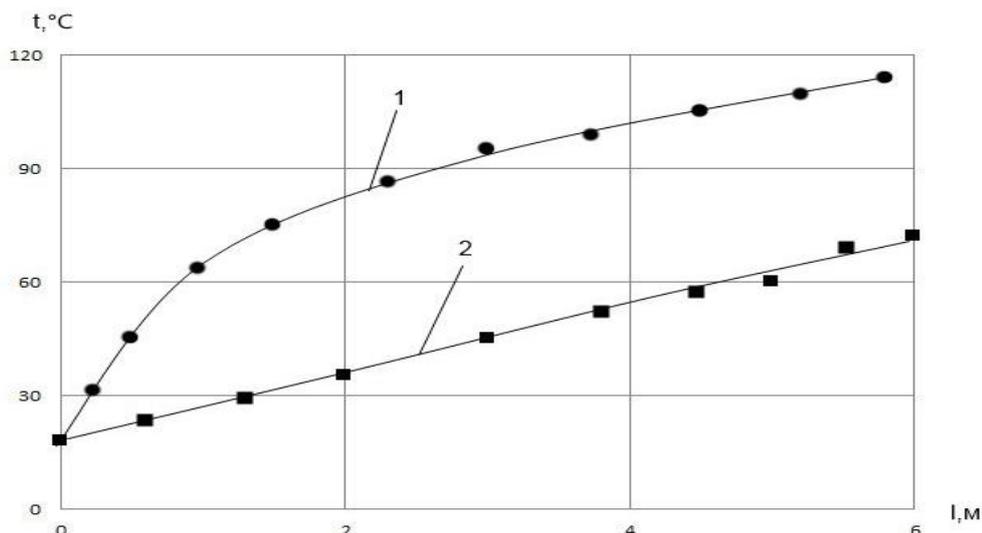


Рисунок 5 – Зависимости изменения температуры стенки шнека (кривая 1) и продукта (кривая 2) по длине установки при частоте тока 14 Гц и производительности 250 кг/час.

### Вывод

Найдены оптимальные параметры процесса нагрева кормовой смеси для поросят инфракрасным излучением в установке шнекового типа при температуре на выходе 74–75°C, когда происходит денатурация белка и увеличивается усвояемость протеина: частота тока 14 Гц, мощность излучателей 12 кВт, время пребывания продукта в установке 9 мин, температура нагрева стенки шнека при выходе продукта 115°C, производительность 250 кг/ч.

### Литература

1. Улитко В., Пыхтина Л., Десятов О. Нормированное кормление сельскохозяйственных животных и питательность кормов. Ульяновск: ГСХА, 2004. 274 с.
2. Хохрин С. Кормление сельскохозяйственных животных: учебник. М.: КолосС, 2004. 692 с.
3. Кочии, И. И., Петраш М.Г., Смирнов С.Б. Птицеводство: учебное пособие. М.: КолосС, 2003. 407 с.
4. Пелевин А.Д. Комбикорма и их компоненты. М.: ДеЛи принт, 2008. 519 с.
5. Антипов С.Т., Кретов И.Т., Остриков А.Н., Ураков О.А. Машины и аппараты пищевых производств: учебник для вузов. Кн. 1 // подред. В.А. Панфилова. М.: КолосС, 2009. 608 с.
6. Ромалийский В. Микронизация и плющение зерна // Комбикорма. 2005. № 4. С. 46–47.
7. Радчиков В. Повышение эффективности использования зерна // Комбикорма. 2003. № 7. С. 30.
8. Тюрев Е.П. Эффективность теплотехнических процессов обработки пищевых продуктов ИК-излучением: дис. ... докт. техн. наук. М., 1990. 475 с.
9. Бойко Л., Зоткин В., Чернышов Н., Трунова Л., Фатьянова Н. Применение в кормах экструдированной полножирной сои // Комбикорма. 2004. № 3. С. 51–52.
10. Демидов С.Ф., Вороненко Б.А., Беляева С.С., Марченко В.И. Исследование температурного поля инфракрасной нагревательной системы для сушки зародышей зерна пшеницы и ржаных отрубей // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 2.
11. Ободов Д.А., Демидов С.Ф., Вороненко Б.А. Источники инфракрасного излучения с энергоприводом для термообработки пищевых продуктов // Процессы и аппараты пищевых производств. 2011. № 1.
12. Демидов С.Ф., Вороненко Б.А., Ободов Д.А. Сушка морских водорослей инфракрасным излучением // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 2.
13. Абрамов О.В., Остриков А.Н. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств: учебник для вузов. СПб.: ГИОРД, 2003. 352 с.
14. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технике: учебное пособие. М.: Высшая школа, 1985. 327 с.

### Reference

1. Ulit'ko V., Pykhtina L., Desyatov O. *Normirovannoe kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh i pitatel'nost' kormov* [Normalized the feeding of farm animals and nutritional value of feed]. Ulyanovsk, GSKhA Publ., 2004. 274 p.
2. Khokhrin S. *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh* [Feeding farm animals]. Textbook. Moscow, KolosS Publ., 2004. 692 p.
3. Kochish, I. I., Petrash M.G., Smirnov S.B. *Ptitsevodstvo* [Poultry farming]. Tutorial. Moscow, KolosS Publ., 2003, 407 p.
4. Pelevin A.D. *Kombikorma i ikh komponenty* [Compound feeds and their components]. Moscow, DeLi print, 2008, 519 p.
5. Antipov S.T., Kretov I.T., Ostrikov A.N., Urakov O.A. *Mashiny i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Machines and equipment for food production]. Textbook. V. 1. In ed. V.A. Panfilova. Moscow, KolosS Publ., 2009, 608 p.
6. Romaliiskii V. Mikronizatsiya i plyushchenie zerna [Micronization and flattening grain]. *Kombikorma*. 2005. № 4. pp. 46–47.
7. Radchikov V. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya zerna [Improving the efficiency use of grain]. *Kombikorma*. 2003, no. 7, p. 30.
8. Tyurev E.P. Effektivnost' teplotekhnicheskikh protsessov obrabotki pishchevykh produktov IK-izlucheniem [The efficiency of thermal processes of food processing infrared radiation]. *Candidate's thesis*. Moscow, 1990, 475 p.
9. Boiko L., Zotkin V., Chernyshov N., Trunova L., Fat'yanova N. Primenenie v kormakh ekstrudirovannoi polnozhirnoi soi [The use of feedstuffs in extruded full-fat soya]. *Kombikorma*. 2004, no. 3, pp. 51–52.
10. Demidov S.F., Voronenko B.A., Belyaeva S.S., Marchenko V.I. Issledovanie temperaturnogo polya infrakrasnoi nagrevatel'noi sistemy dlya sushki zarodyshei zerna pshenitsy i rzhanykh otrubei [A study of the temperature field of infrared heating system for drying of grain of wheat germ and rye bran]. *Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and equipment for food production*. 2013, no. 2.
11. Obodov D.A., Demidov S.F., Voronenko B.A. Istochniki infrakrasnogo izlucheniya s energoprivodom dlya termoobrabotki pishchevykh produktov [Sources of infrared radiation with energoprivod for heat treatment of food products]. *Processes and equipment for food production*. 2011, no. 1.
12. Demidov S.F., Voronenko B.A., Obodov D.A. Sushka morskikh vodoroslei infrakrasnym izlucheniem [Drying seaweed by infrared radiation]. *Scientific journal NRU ITMO Series "Processes and equipment for food production"*. 2014, no. 2.
13. Abramov O.V., Ostrikov A.N. *Raschet i konstruirovaniye mashin i apparatov pishchevykh proizvodstv* [Calculation and design of machines and apparatuses of food production]. Textbook. St. Petersburg, GIORD Publ., 2003, 352 p.
14. Akhnazarova S.L., Kafarov V.V. *Metody optimizatsii eksperimenta v khimicheskoi tekhnike* [Methods of experiment optimization in chemical technology]. Tutorial. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1985, 327 p.

Статья поступила в редакцию 09.11.2015