

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ОТКОРМОЧНЫХ СВИНЕЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ МОДУЛЕ

**И.Е. Плаксин**, кандидат технических наук

**А.В. Трифанов**, кандидат технических наук, доцент

**В.И. Базыкин**

*Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия*

**E-mail:** trifanovav@mail.ru

**Ключевые слова:** свиноводство, технологический модуль, откорм, продуктивность.

**Реферат.** Ввиду высокой интенсивности и рентабельности производства свиноводство является привлекательным видом деятельности как для крупных сельскохозяйственных предприятий, так и для фермерских хозяйств. Однако на сегодняшний день весь рост производства приходится на крупные свинофермы и комплексы. Доля мелкотоварных предприятий ежегодно сокращается ввиду отсутствия современных наукоемких технико-технологических и планировочных решений, обеспечивающих снижение трудозатрат и максимальное использование генетического потенциала животных. Для решения обозначенной проблемы авторами статьи был разработан проект и изготовлен опытный образец технологического модуля для откорма свиней. Срок откорма свиней составлял 100 дней с трехмесячного возраста. Исследования показали, что среднесуточные приросты варьировали от 520 до 906 г, а коэффициент конверсии корма – от 3,05 до 3,6 в зависимости от периода года. Затраты воды, электроэнергии и труда, необходимые для набора животными 1 кг живой массы, изменялись в диапазонах 6,54–8,25 л/кг, 0,028–0,069 кВт·ч/кг и 0,031–0,064 чел.-ч/кг соответственно. Содержание вредных газов таких как CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, в целом соответствовало предельно допустимым концентрациям, за исключением некоторых временных промежутков в холодное время года, поэтому была предложена установка дополнительной принудительной системы отвода воздуха в данный период. Эффективность использования разработанного технологического модуля на мелкотоварных предприятиях, исходя из полученных технико-экономических показателей, сопоставима с показателями крупных свиноводческих предприятий.

## RESULTS OF RESEARCH ON THE PRODUCTIVITY OF FATTENING PIGS IN THE TECHNOLOGICAL MODULE

**I.E., Plaksin**, Ph.D. in Technical Sciences

**A.V. Trifanov**, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor

**V. I. Bazykin**

*Institute of Agroengineering and Ecological Problems of Agricultural Production Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM, St. Petersburg, Russia*

**E-mail:** trifanovav@mail.ru

**Keywords:** pig farming, process module, fattening, productivity.

**Abstract.** Due to the high intensity and profitability of production, pig breeding is an engaging activity for both large agricultural enterprises and farms. Today, however, all the production growth comes from large pig farms and complexes. The share of small-scale farms decreases annually due to the need for modern science-intensive technical and technological planning solutions that reduce labor costs and maximize the use of animal genetic potential. To solve this problem, the authors have developed a project and manufactured a prototype of a technological module for fattening pigs. The fattening period of pigs was 100 days from the age of three months. Studies showed that average daily gains ranged from 520 to 906 g and feed conversion ratio from 3.05 to 3.6 depending on the year. The consumption of water, electricity, and labor required for animals to gain 1 kg of live weight varied in the range of 6.54–8.25 liters/kg, 0.028–0.069 kWh/kg, and 0.031–0.064 person-hours/kg,

respectively. The content of harmful gases such as CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, and H<sub>2</sub>S generally complied with the maximum permissible concentrations, except for some time intervals during the cold season, so it was proposed to install an additional forced air extraction system during this period. The effectiveness of using the developed technological module on small-scale commercial enterprises, based on the obtained technical and economic indicators, is comparable to the hands of large pig farms.

Свиноводство – отрасль животноводства, занимающаяся селекцией, свиней их разведением, убоем и реализацией готовой продукции, такой как свинина, свиные субпродукты и свиной шпиг. Производство свиноводческой продукции на сегодняшний день не зависит от земельных ресурсов, так как работает в основном на закупаемых комбикормах [1]. Данная отрасль животноводства является привлекательной как для крупных сельхозпроизводителей, так и для мелкотоварных фермерских хозяйств, поскольку характеризуется высокой интенсивностью производства, многоплодием животных, высоким среднесуточным приростом по стаду, низким коэффициентом конверсии корма, а также высоким убойным выходом.

Мировое производство свинины к концу 2021 г. достигло 100 млн т, основная часть общего объема производства, более 46%, приходится на Китай. По дальнейшим прогнозам, отрасль свиноводства будет только расти, так как ежегодно увеличивается спрос на свинину. В России к концу 2021 г. наблюдалось увеличение спроса на свинину на 4–4,5 % по сравнению с 2020 г. Стимулом к увеличению потребительского спроса является снижение оптовых и розничных цен на 8–10%. Но высокие темпы роста производства, составляющие более 7%, ежегодно наблюдаются только на крупных свиноводческих предприятиях, в секторе фермерских хозяйств и хозяйств населения, напротив, отмечается стагнация, и доля их в производстве свинины в России не превышает 10% [2].

Сокращение мелкотоварного производства свинины наблюдается на фоне распространения африканской чумы свиней (АЧС), использования неэффективных технологий выращивания животных, отсутствия средств механизации и автоматизации производственных процессов, проблем с реализацией произведенной продукции [3].

Однако помимо производства продукции мелкотоварные свиноводческие предприятия выполняют ряд важных социально-демогра-

фических функций, таких как создание рабочих мест в деревнях, а также сохранение и развитие сельских территорий страны. Кроме того, производственная мощность малых свиноводческих хозяйств позволяет утилизировать образующийся в ходе ведения деятельности навоз согласно нормам внесения органических удобрений на гектар, что обеспечивает снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду. Немаловажно, что мелкотоварные предприятия по сравнению с крупными свиноводческими комплексами имеют возможность производить органическую продукцию ввиду малой плотности поголовья.

К сожалению, существующие на сегодняшний день технико-технологические и планировочные решения производственных зданий не позволяют полностью реализовать генетический потенциал животных, а также не позволяют получить необходимый для ведения деятельности компартмент свиноводческого предприятия.

Использование неэффективных технологий выращивания свиней, предусматривающих высокий процент ручного труда, способствует увеличению стрессовых ситуаций, а также быстрому распространению инфекционных заболеваний. Подтверждением данных выводов является быстрое распространение африканской чумы свиней в Китае, где порядка 55% производства свиноводческой продукции приходилось на мелкотоварные предприятия. Только за 2019 г. поголовье свиней сократилось более чем на 30% и, по дальнейшим прогнозам, данная тенденция будет сохраняться.

Учитывая важную социально-экономическую роль мелкотоварных свиноводческих предприятий, авторами статьи был разработан и изготовлен опытный образец производственного здания, представляющего собой технологический модуль для откорма свиней, технически оборудованный по типу крупных свиноводческих предприятий (рис.1).

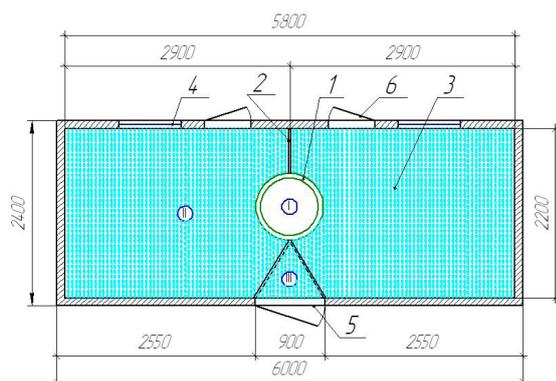


Рис. 1. Технологический модуль для откорма свиней:

I – зона кормления поросят; II – зона отдыха поросят; III – зона технологического обслуживания поросят; 1 – кормушка бункерного типа со встроенными nipple-поилками; 2 – стойловое ограждение; 3 – щелевой пол; 4 – окно форточного типа; 5 – дверь; 6 – лаз

Fig. 1. Technological module for fattening pigs:

I – piglet feeding area; II – piglet rest area; III – zone of technological service for piglets; 1 – bunker-type feeder with built-in nipple drinkers; 2 – stall fencing; 3 – slatted floor; 4 – window type window; 5 – door; 6 – manhole

Цель исследований – определение среднесуточных приростов, коэффициента конверсии корма, затрат воды, электроэнергии и труда, необходимых для набора животными 1 кг живой массы, степени загрязненности станков, а также содержания в воздухе вредных газов за теплый, переходный и холодный периоды года.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методикой исследований предусматривался контроль следующих параметров: среднесуточные приросты, суточное и общее потребление кормов, суточное и общее потребление воды, затраты электроэнергии и труда, загрязненность станков, температура и влажность воздуха внутри технологического модуля, а также содержание углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), аммиака ( $\text{NH}_3$ ) и сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ) в воздухе производственного помещения.

Определение обозначенных параметров осуществлялось при помощи использования метода пассивного эксперимента, подразумевающего сбор и анализ получаемой информации без изменений входных параметров осуществляемого процесса.

На основе полученных данных были определены следующие показатели: коэффициент конверсии корма, а также затраты воды, электроэнергии, труда для набора животными 1 кг живой массы.

Выражения для определения приведенных показателей идентичны и имеют вид:

– определение средних значений приведенных показателей ( $X_c$ ):

$$X_c = \frac{Y_o}{T}, \quad (1)$$

где  $Y_o$  – общие фактические затраты кормов, воды, электроэнергии и труда;  $T$  – продолжительность откорма, сут;

– определение среднесуточных затрат искомым показателей, приходящихся на каждое животное ( $X_{с.г.}$ ):

$$X_{с.г.} = \frac{X_c}{n}, \quad (2)$$

где  $n$  – количество свиней на откорме, гол.;

– определение коэффициента конверсии корма, а также затрат воды, электроэнергии и труда, необходимых для набора животными 1 кг живой массы ( $X_{кг.}$ ):

$$X_{кг.} = \frac{X_{с.г.}}{\Delta m}, \quad (3)$$

где  $\Delta m$  – показатель среднесуточных приростов свиней в технологическом модуле, кг.

Степень загрязненности станков определялась в относительном выражении и рассчитывалась как отношение загрязненной площади к общей площади станка.

Определение параметров внутреннего воздуха технологического модуля, таких как температура, влажность, а также газового состава осуществлялось при помощи аспирационного психрометра и ручного пробоотборни-

ка с индикаторными трубками на углекислый газ (CO<sub>2</sub>), аммиак (NH<sub>3</sub>) и сероводород (H<sub>2</sub>S).

Исследования проводились круглогодично. Определение контролируемых параметров осуществлялось зонально в центре каждого станка. Зона I – зона отдыха животных от 0 до 0,9 м от щелевого пола, зона II – зона активности животных от 0,9 до 1,5 м от щелевого пола, зона III – зона дыхания оператора от 1,5 до 1,8 м (рис. 2).

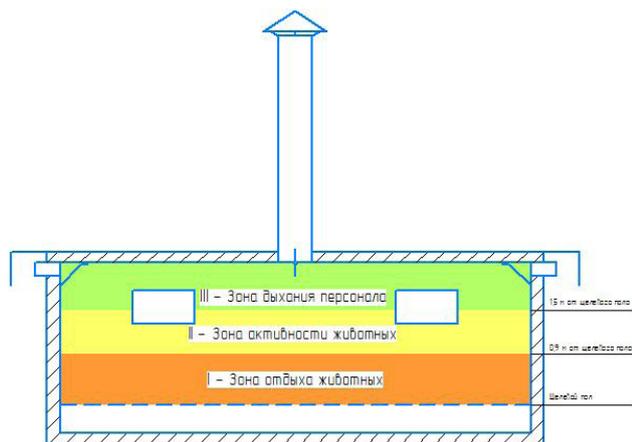


Рис. 2. Расположение зон определения контролируемых параметров

Fig. 2. Location of zones for determining controlled parameters

Опытно-производственная проверка технологического модуля для откорма свиней проводилась на свиноводческих предприятиях различной производственной мощности – от 60 до 54000 откормочных свиней в год.

Постановка свиней на откорм осуществлялась при живой массе свиней от 35 до 39 кг. Для кормления животных использовался сбалансированный комбинированный корм, состав которого менялся в зависимости от возраста животных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведение исследований в технологическом модуле осуществлялось круглогодично в температурном диапазоне от –7,2 до 21,8°С. Возраст животных при постановке на откорм составлял 90 дней. Доступ к кормам и воде предоставлен круглосуточно. Для утилизации навоза из модуля применялась самотечная система ванно-трубного типа периодического действия, подразумевающая содержание животных на щелевом полу. Для освещения в модуле предусмотрены как естественные источники света – окна форточного типа, так и искусственные – диодные светильники. Животных обслуживал один оператор, осуществляющий загрузку кормов, заправку водонакопительного бака, опорожнение навозоприемной ванны. Продолжительность откормочного цикла составляла 100 дней.

Динамика прироста живой массы, потребления кормов, воды, трудозатрат в зависимости от срока откорма представлена на рис. 3–6. Были определены также общие затраты электроэнергии за цикл откорма свиней для теплого, переходного и холодного периодов года, составившие 74; 103,5 и 48 кВт·ч соответственно.

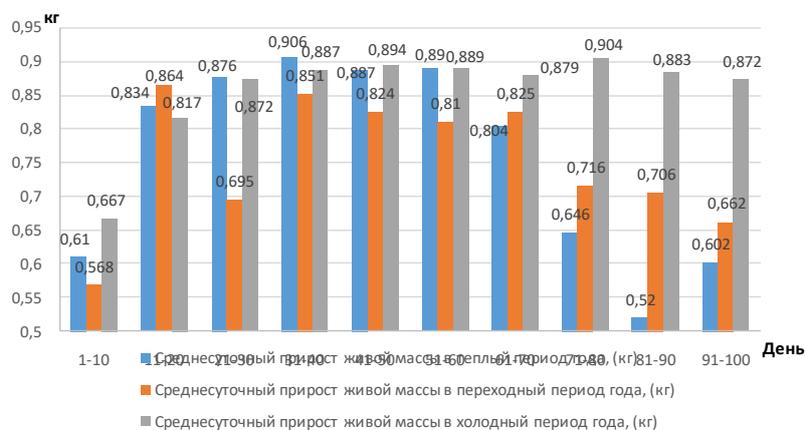


Рис. 3. График изменения среднесуточных приростов в зависимости от срока откорма для каждого периода года

Fig. 3. Graph of changes in average daily gains depending on the fattening period for each period of the year

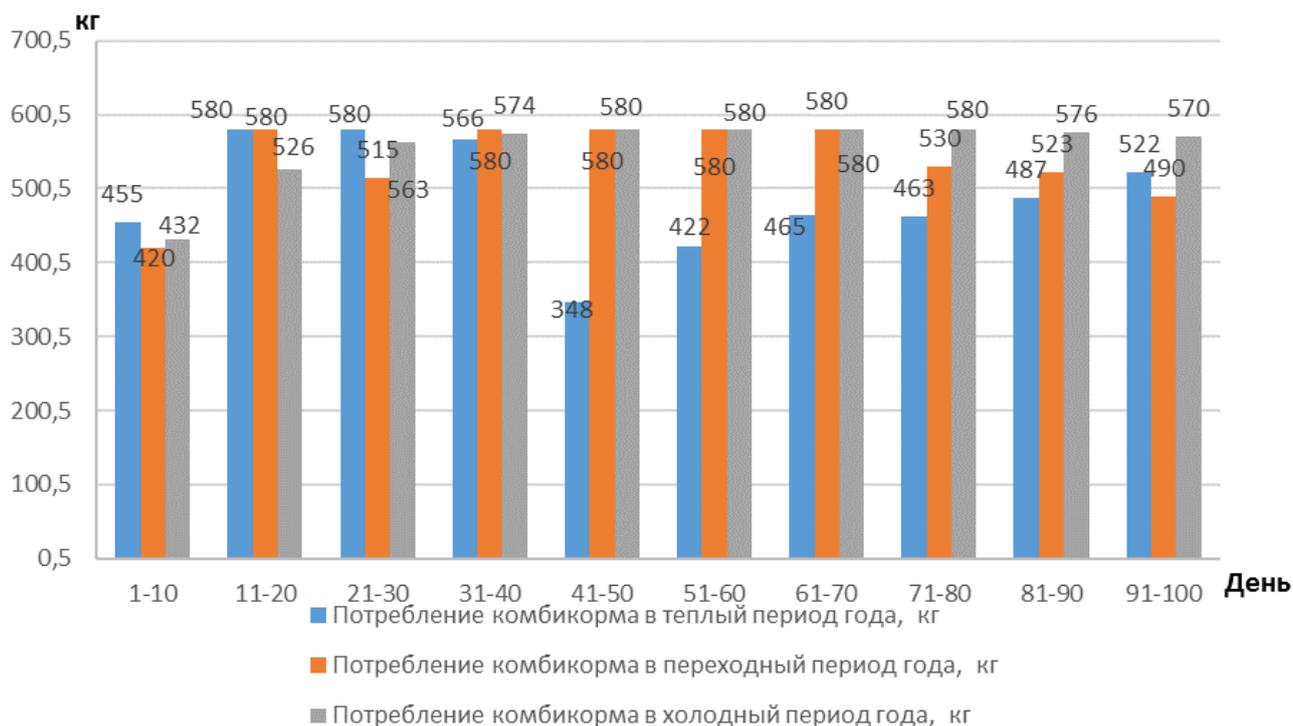


Рис. 4. График изменения потребления кормов в зависимости от срока откорма для каждого периода года  
 Fig. 4. Graph of changes in feed consumption depending on the fattening period for each period of the year

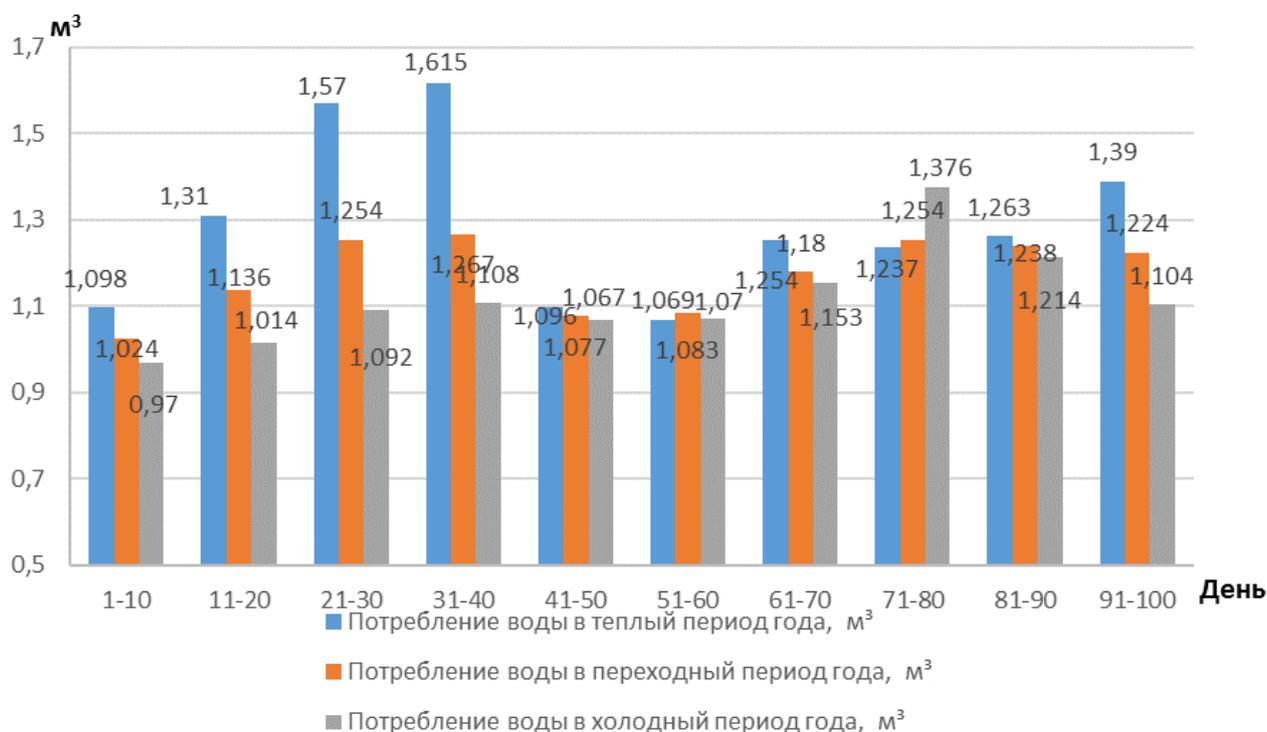


Рис. 5. График изменения потребления воды в зависимости от срока откорма для каждого периода года  
 Fig. 5. Graph of changes in water consumption depending on the fattening period for each period of the year

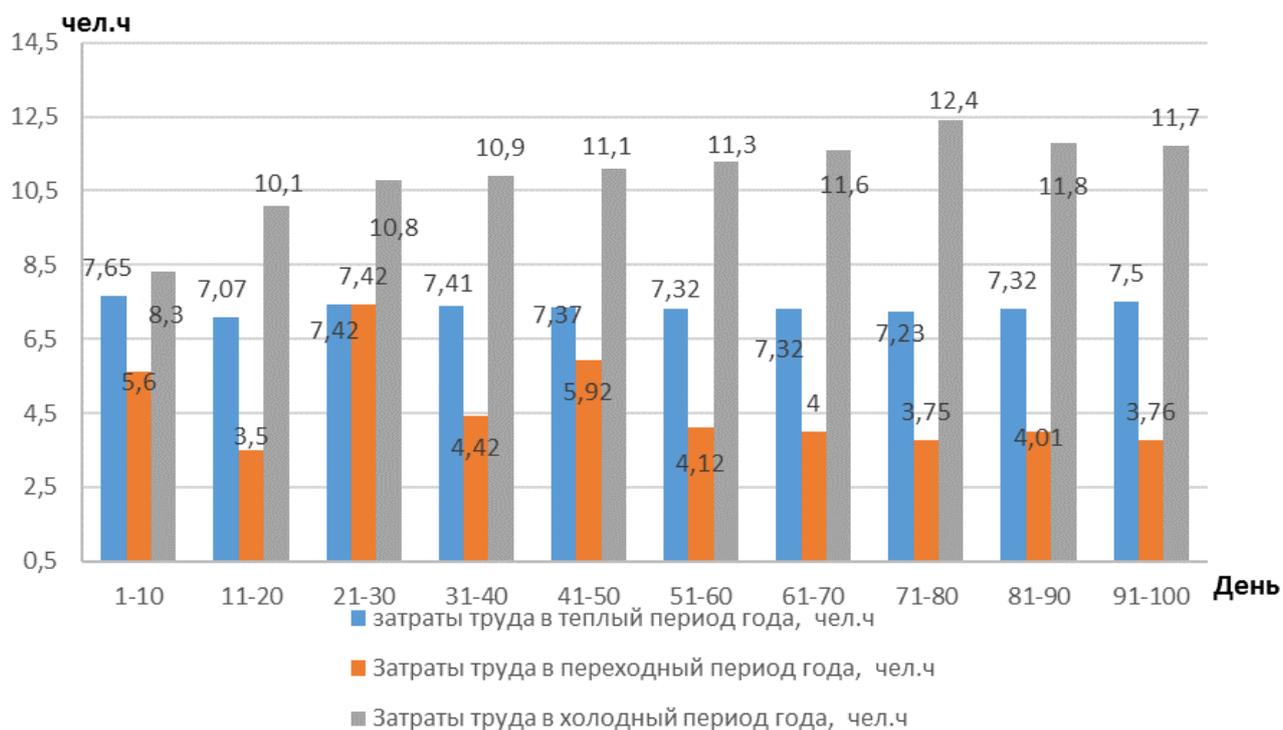


Рис. 6. График изменения затрат труда в зависимости от срока откорма для каждого периода года  
 Fig. 6. Graph of changes in labor costs depending on the fattening period for each period of the year

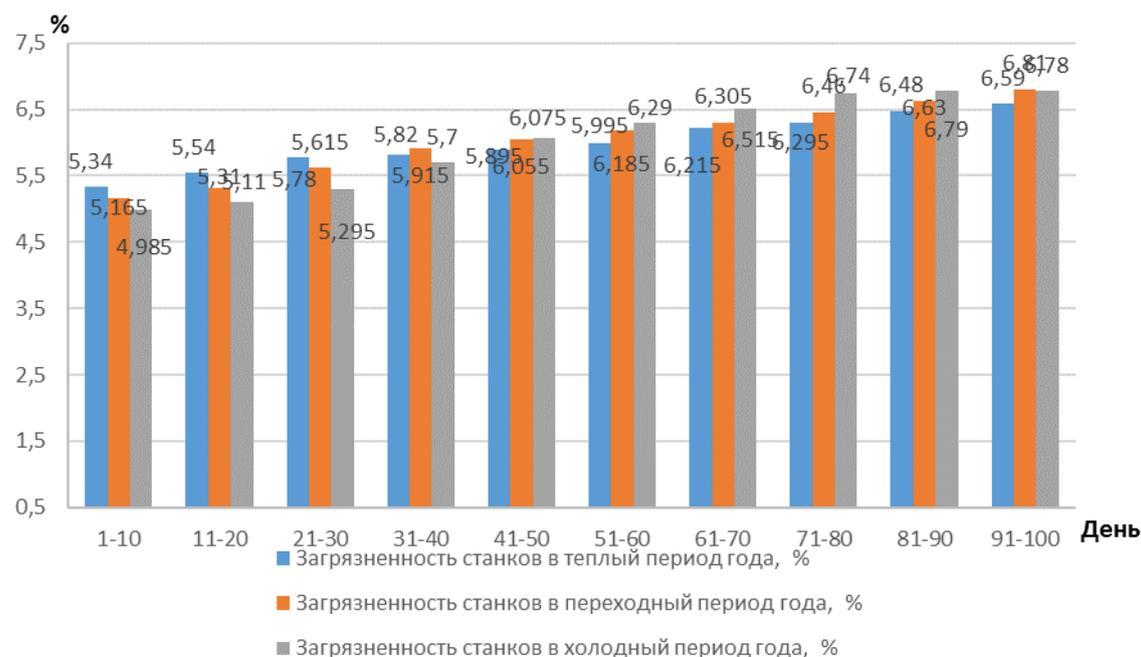


Рис. 7. График изменения загрязненности станков в зависимости от срока откорма для каждого периода года  
 Fig. 7. Graph of changes in weediness of machines depending on the fattening period for each period of the year

На рис. 7 представлен график изменения загрязненности станков в зависимости от срока откорма для каждого периода года.

Изменение температуры наружного воздуха и температуры в каждой из зон технологического модуля, а также среднее значение влажности приведено на рис. 8–10.

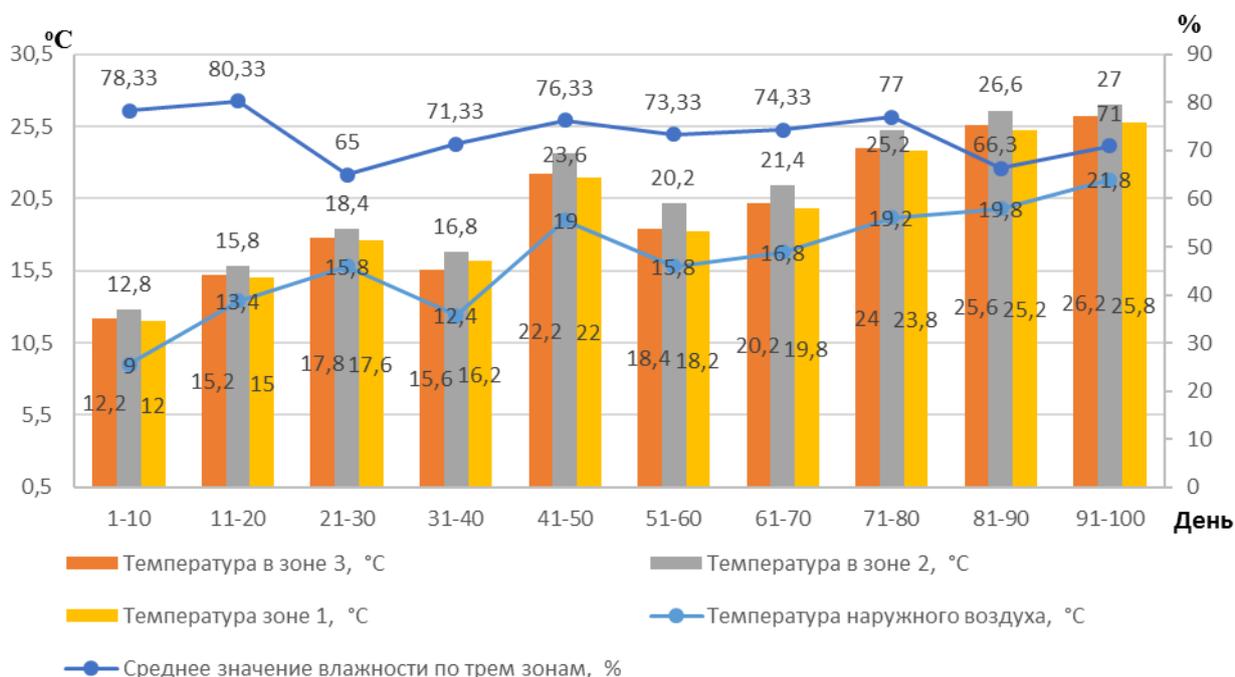


Рис. 8. График изменения температуры наружного воздуха, температуры трех зон внутри технологического модуля, а также влажности в теплый период года

Fig. 8. Graph of changes in the outdoor air temperature, the temperature of the three zones inside the technological module, and features in the year's warm period.

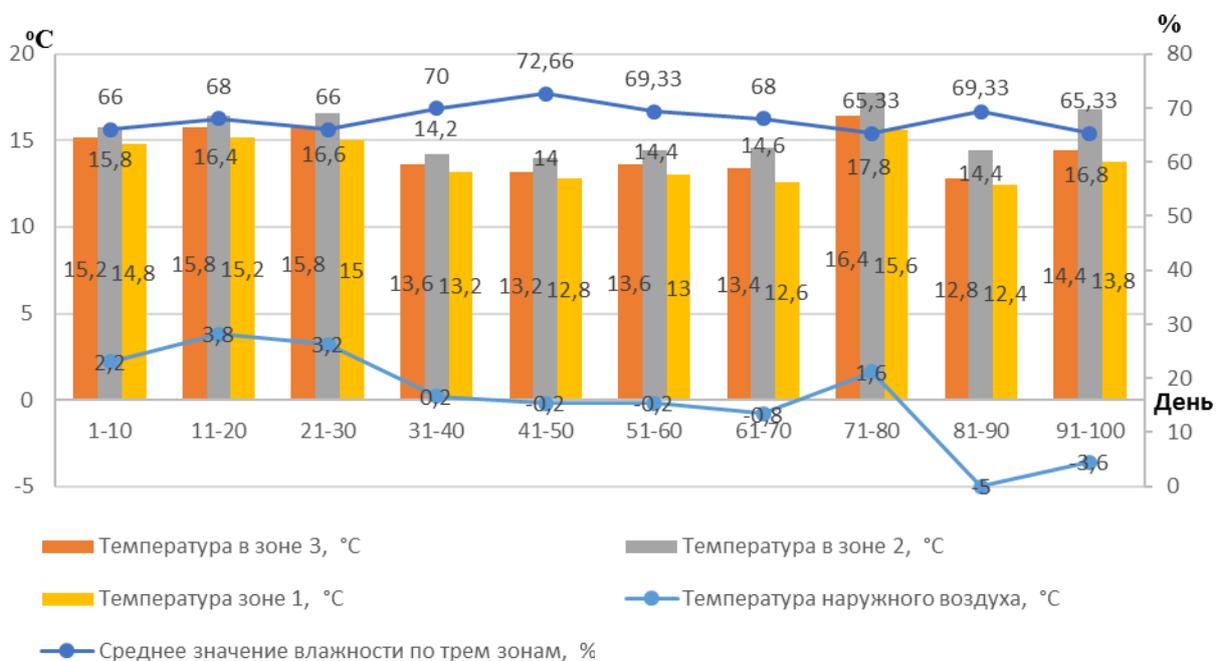


Рис. 9. График изменения температуры наружного воздуха, температуры трех зон внутри технологического модуля, а также влажности в переходный период года

Fig. 9. Graph of changes in outdoor air temperature, the temperature of three zones inside the technological module, as well as humidity during the transitional period of the year

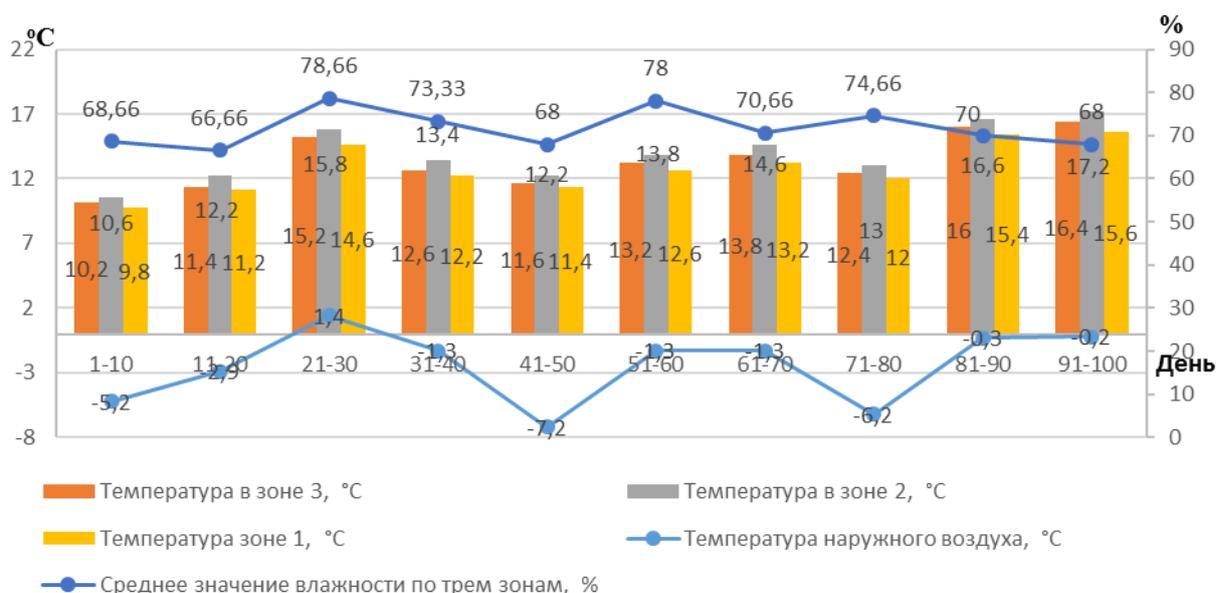


Рис. 10. График изменения температуры наружного воздуха, температуры трех зон внутри технологического модуля, а также влажности в холодный период года

Fig. 10. Graph of changes in outdoor air temperature, the temperature of three zones inside the technological module, as well as humidity during the cold season

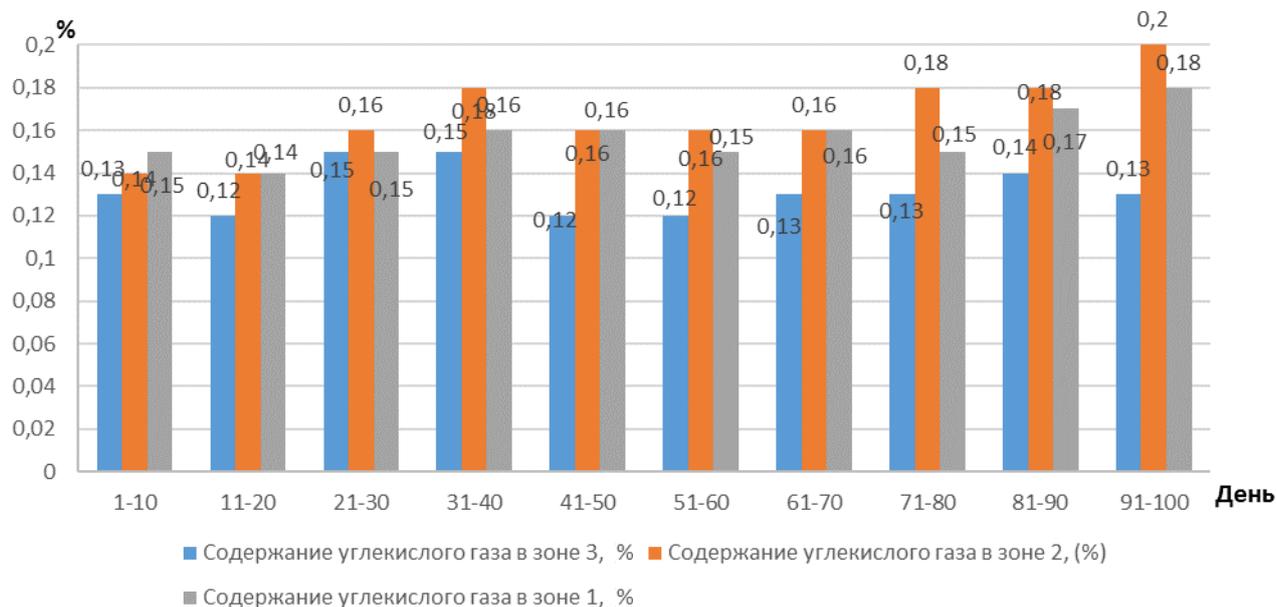


Рис. 11. График содержания углекислого газа в исследуемых зонах технологического модуля в теплый период года

Fig. 11. Graph of carbon dioxide content in the studied areas of the technological module during the warm period of the year

За период проведения исследований газового состава воздуха в технологическом модуле во всех трех зонах был обнаружен только

углекислый газ, показатели содержания которого по трем периодам года представлены на рис. 11–13.

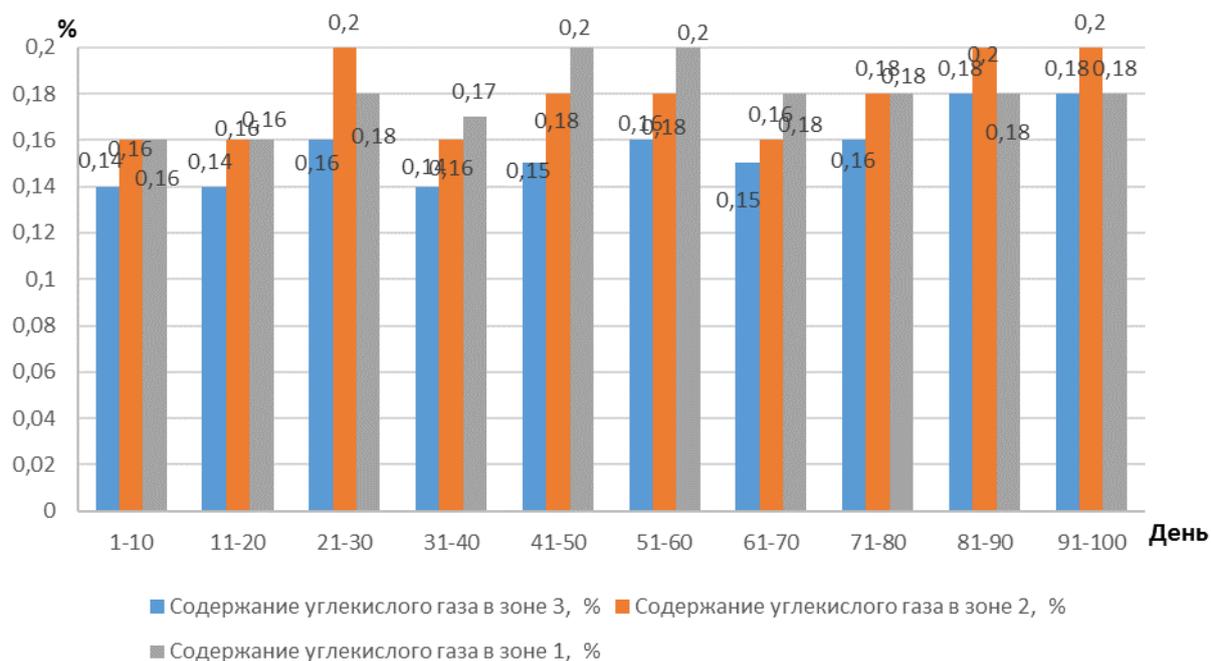


Рис. 12. График содержания углекислого газа в исследуемых зонах технологического модуля в переходный период года

Fig. 12. Graph of carbon dioxide content in the studied areas of the technological module during the transitional period of the year

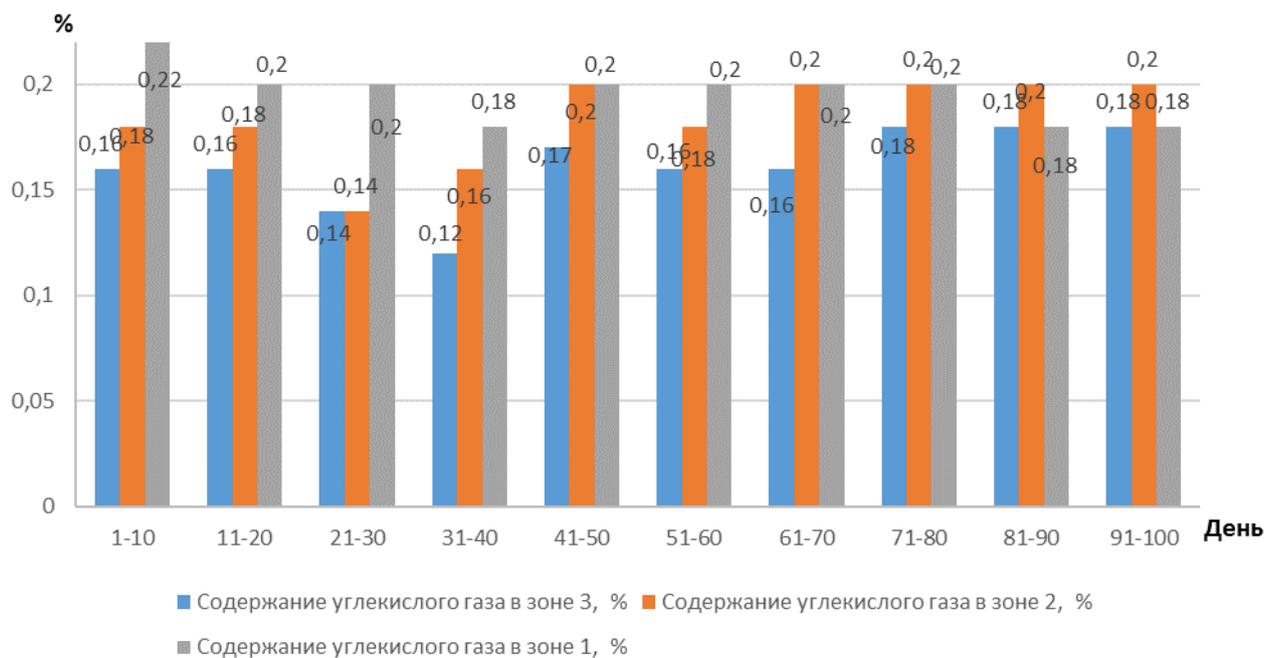


Рис. 13. График содержания углекислого газа в исследуемых зонах технологического модуля в холодный период года

Fig. 13. Graph of carbon dioxide content in the studied areas of the technological module during the cold season

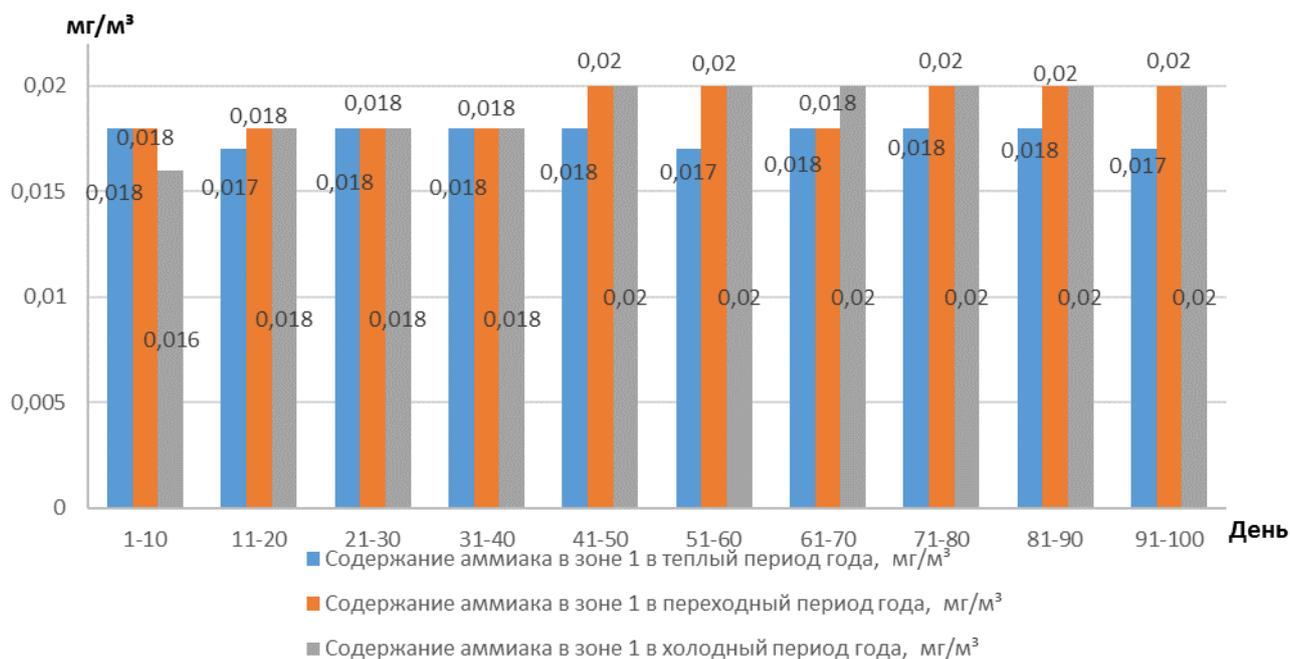


Рис. 14. График содержания аммиака в зоне отдыха животных по всем периодам года  
 Fig. 14. Graph of ammonia content in the animal recreation area for all periods of the year

Аммиак был обнаружен только в зоне отдыха животных, его содержание по трем периодам года приведено на рис. 14.

Сероводород за время проведения исследований обнаружен не был.

Согласно проведенным ранее исследованиям, живая масса свиней при постановке на откорм должна находиться в диапазоне от 35 до 39 кг [4–6]. Во время проведения исследований начальная масса животных соответствовала данному показателю. Для минимизации травматизма необходимым условием является безвыгульное содержание животных [7].

По окончании производственного цикла живая масса свиней достигала 114–120 кг, что соответствует аналогичным показателям, получаемым на крупных отечественных и зарубежных свиноводческих фермах и комплексах [8, 9].

Полученные данные позволяют утверждать, что наибольшая живая масса свиней при снятии на убой была зафиксирована в холодный период года, что может быть объяснено более комфортной температурой внутри технологического модуля, составляющей 13°C [10, 11].

Для обеспечения лучших санитарно-гигиенических условий содержания свиней, а также минимизации риска заражения животных различными инфекционными заболеваниями в технологическом модуле применяется сухой тип кормления сбалансированными

комбикормами, соответствующими возрастной группе свиней [12]. Для подачи корма животным в модуле установлена бункерная кормушка с возможностью дозирования корма.

Потребление корма свиньями изменялось в зависимости от периода года: в теплый период за цикл откорма было затрачено 4888 кг комбикорма, в переходный данный показатель составил 5378 кг, а максимальное потребление пришлось на холодный период года – 5561 кг. Данный результат объясняется необходимостью расходования получаемой энергии на поддержание оптимальной температуры тела животных.

Исходя из данных, представленных на рис. 3, по изменению среднесуточных приростов на протяжении откормочного цикла было определено среднее значение данного показателя, составившее в теплый период 0,758 кг, в переходный – 0,752 и в холодный период года – 0,846 кг. Используя формулы (1) – (3), приведенные выше, мы определили коэффициент конверсии корма для теплого, переходного и холодного периодов года, соответственно составивший 3,05; 3,64 и 3,27.

Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что наиболее полно корма усваивались животными в холодный период года, так как меньший коэффициент конверсии в теплый период объясняется меньшим потреблением кормов ввиду более высокой температуры внутри технологического модуля. Полученный результат согласуется с ранее

проведенными исследованиями по усвояемости питательных веществ свиньями на откорме [13,14].

Применяемый кормовой автомат также оборудован ниппельными поилками, обеспечивающими максимальную эффективность процесса поения свиней на откорме.

Наибольшее потребление воды было зафиксировано в тёплый период года – 12,092 м<sup>3</sup>, аналогичный показатель переходного периода был равен 11,728 м<sup>3</sup>, а на холодный период пришлось наименьшее потребление воды – 11,168 м<sup>3</sup>. Более интенсивное потребление животными воды в теплый и переходный периоды года объясняется необходимостью охлаждения организма ввиду повышенной температуры внутри технологического модуля.

Количество воды, необходимое для набора животными 1 кг живой массы, также определялось согласно вышеприведенной методике и составило для теплого периода года 0,00825 м<sup>3</sup>, для переходного – 0,0078 и для холодного периода года – 0,00654 м<sup>3</sup>.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что наиболее эффективно вода расходовалась в холодный период года, учитывая максимальные среднесуточные приросты, что объясняется показателями средней температуры, составляющей 13,4°С и соответствующей нормативам, используемым при проектировании свиноводческих предприятий.

Определение расхода электроэнергии в модуле осуществлялось с помощью электросчётчика, фиксировались показания при постановке животных на откорм и снятии их на убой. В холодный и теплый периоды года потребителями электроэнергии являлись только диодные светильники в количестве трех штук и мощностью по 12 Вт каждый. В переходный период потребителем также являлся насос, отвечающий за своевременное наполнение водонакопительного бака, а также саморегулирующийся греющий кабель, предотвращающий замерзание водопровода от насоса до технологического модуля [15].

Наиболее энергозатратным периодом года являлся переходный с показателем затрат электроэнергии 103,5 кВт·ч, в теплый период было затрачено 74 кВт·ч электроэнергии, а в холодный 48 кВт·ч.

Исходя из полученных данных было определено количество электроэнергии, необходимое для набора животными 1 кг живой массы в переходный, теплый и холодный

периоды года, соответственно составившее 0,069; 0,046 и 0,028 кВт·ч.

Отсутствие затрат электроэнергии на обогрев технологического модуля за счет применения энергоэффективных материалов и максимального использования производственной площади здания позволило превзойти результаты полученные на свинофермах России и за рубежом [16, 17].

Обслуживание животных на протяжении всего производственного цикла осуществлялось одним оператором. Время, затрачиваемое на выполнение технологических операций, определяли при помощи секундомера, включаемого при заходе в модуль и отключаемого после завершения проведения работ. Общие трудозатраты составили в теплый период года 73,61 чел.-ч, 46,5 – в переходный и 110 чел.-ч в холодный период года. Аналогично предыдущим показателям было рассчитано количество трудозатрат, необходимых для набора животными 1 кг живой массы, составившее 0,046 чел.-ч в теплый, 0,031 – в переходный и 0,064 – в холодный период года, что соответствует проведенным ранее исследованиям.

Наименьшие трудозатраты в переходный период объясняются автоматизацией процесса подачи воды в технологический модуль. Наибольшие трудозатраты в холодный период связаны с необходимостью подогрева крана для подачи воды в модуль при отрицательных температурах.

Для обеспечения максимального использования производственной площади технологического модуля, лучших санитарно-гигиенических условий, максимального комфорта животных и сокращения выброса аммиака содержание свиней осуществлялось на сплошном щелевом полу [18, 19]. Данное технико-технологическое решение позволило достичь показателя загрязненности станков, не превышающего 6%.

Организация оптимального микроклимата в производственном помещении является одной из важнейших задач при проектировании свиноводческого предприятия, так как показатели микроклимата напрямую влияют на продуктивность животных. Согласно методике, показатели микроклимата в технологическом модуле определялись в трех зонах в течение трех периодов года.

Наибольшие показатели температуры за время проведения исследований были зафиксированы в зоне активности животных. Среднее значение температуры данной зоны превышали аналогичный показатель других зон на 0,6–0,8 °С. Данный факт объясняется

наличием конвекции воздуха, а также смешением поступающего свежего и отработанного воздуха. Среднее значение температуры внутри технологического модуля для теплого, переходного и холодного периодов года соответственно составило 18,8; 14,6 и 13,3 °С. Полученные результаты соответствуют исследованиям по эффективности потребления корма в зависимости от температуры содержания свиней [20].

Температура наружного воздуха за время проведения исследований изменялась в диапазоне от -7,2 до +21,8 °С, что при учёте показателей температуры внутри технологического модуля позволяет сделать вывод о правильном подборе теплоизоляционных материалов, препятствующих перепаду температур внутри животноводческого помещения, что минимизирует риск возникновения теплового стресса животных.

Было зафиксировано снижение среднесуточных приростов в зависимости от повышения температуры в технологическом модуле, что также подтверждается проведенными ранее исследованиями о влиянии повышения температуры на физиологические изменения свиней [21].

Полученные результаты по содержанию углекислого газа и аммиака позволяют сделать вывод о том, что их содержание не превышает предельно допустимой концентрации, приведенной в РД-АПК – 1.10.02.04-12. Максимальное значение концентрации углекислого газа было зафиксировано в холодный период года ввиду меньшего воздухообмена по сравнению с другими периодами года [22]. Наличие аммиака было зафиксировано только в зоне отдыха животных. Данный результат объясняется применением пластиковых

целевых полов, обладающих минимальной гигроскопичностью, а также использованием эффективной системы утилизации навоза.

## ВЫВОДЫ

1. Объем продукции, производимый мелкотоварными свинофермами, ежегодно сокращается ввиду применения неэффективных технологий содержания животных и отсутствия технико-технологических и планировочных решений производственных зданий. Для решения обозначенных проблем разработан и изготовлен технологический модуль для откорма свиней.

2. Среднесуточные приросты на протяжении откормочного цикла составили в теплый период 0,758 кг, в переходный – 0,752 и в холодный период – 0,846 кг, а коэффициент конверсии корма соответственно 3,05; 3,64 и 3,27.

3. Количество воды, необходимое для набора животными 1 кг живой массы, составило для теплого периода года 0,00825 м<sup>3</sup>, для переходного – 0,0078 и для холодного – 0,00654 м<sup>3</sup>.

4. Количество электроэнергии, необходимое для набора животными 1 кг живой массы в переходный, теплый и холодный периоды года соответственно составило 0,069; 0,046 и 0,028 кВт·ч.

5. Количество трудозатрат, необходимых для набора животными 1 кг живой массы, составило 0,046 чел.-ч в теплый, 0,031 – в переходный и 0,064 чел.-ч в холодный период года.

6. Проведённые исследования позволяют сделать вывод об эффективности разработанного технологического модуля для откорма свиней при его использовании на мелкотоварных предприятиях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Плаксин И.Е., Трифанов А.В.* Результаты производственной проверки технологического модуля для откорма поросят // *АгроЭкоИнженерия*. – 2014. – № 85. – С. 122–129.
2. *Национальный союз свиноводов* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.nssrf.ru](http://www.nssrf.ru) (дата обращения: 28.01.2020).
3. *African swine fever in the Russian Federation: risk factors* / S. Khomenko [et al.] // *Empres Watch*. – 2013. – Т. 28. – Р. 1–14.
4. *Федюк В.В., Житник И.А., Афанасьев М.А.* Рост, откормочные и мясные качества товарных гибридов свиней при раннем отъеме // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2012. – № 80. – С. 334–344.
5. *Rinaldo D., Le Dividich J., Noblet J.* Adverse effects of tropical climate on voluntary feed intake and performance of growing pigs // *Livestock Production Science*. – 2000. – Т. 66, N 3. – Р. 223–234.
6. *Dobeic M., Pintarič Š.* Laying hen and pig livestock contribution to aerial pollution in Slovenia // *Acta veterinaria*. – 2011. – Т. 61, N 2–3. – Р. 283–293.

7. *Effects of free-range and confined housing on joint health in a herd of fattening pigs* / P.E. Etterlin [et al.] // *BMC Veterinary Research*. – 2014. – Т. 10, N 1. – P. 1–14.
8. Дойлидов В.А., Волкова Е.М. Продуктивные качества чистопородного и помесного молодняка свиней с разной предубойной массой // *Животноводство и ветеринарная медицина*. – 2015. – № 2 (17). – С. 12–17.
9. *The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs* / M.A. Latorre [et al.] // *Journal of animal science*. – 2004. – Т. 82, N 2. – P. 526–533.
10. *Huynh T.T.T., Aarnink A.J.A., Verstegen M.W.A. Reactions of pigs to a hot environment* // *Livestock Environment VII, 18-20 May 2005, Beijing, China*. – American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2005. – P. 544.
11. *Effects of temperature on the performance of finishing swine: I. Effects of a hot, diurnal temperature on average daily gain, feed intake, and feed efficiency* / J. Lopez [et al.] // *Journal of Animal Science*. – 1991. – Т. 69, N 5. – P. 1843–1849.
12. *The welfare of finishing pigs under different housing and feeding systems: liquid versus dry feeding in fully-slatted and straw-based housing* / K. Scott [et al.] // *Animal Welfare*. – 2007. – Т. 16, N 1. – P. 53–62.
13. *Effect of adding crude or refined glycerol to pig diets on fattening performance, nutrient digestibility and carcass evaluation* / E. Hanczakowska [et al.] // *Annals of Animal Science*. – 2010. – Т. 10, N 1. – P. 67–73.
14. *Performance, meat and carcass traits of fattening pigs with organic versus conventional housing and nutrition* / S. Millet [et al.] // *Livestock Production Science*. – 2004. – Т. 87, N 2–3. – P. 109–119.
15. *O'connor J.D.H. Self-regulating electrical heating cable: Patent No. 7566849 США*. – 2009.
16. *Затраты энергии в сельском хозяйстве некоторых стран* / И. Гургенидзе [и др.]. – 1999.
17. *Dolman M.A., Vrolijk H.C.J., De Boer I.J.M. Exploring variation in economic, environmental and societal performance among Dutch fattening pig farms* // *Livestock Science*. – 2012. – Т. 149, N 1–2. – P. 143–154.
18. *Rantzer D., Svendsen J. Slatted versus solid floors in the dung area: comparison of pig production system (moved versus not moved) and effects on hygiene and pig performance, weaning to four weeks after weaning* // *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*. – 2001. – Т. 51, N 3. – P. 175–183.
19. *Pedersen S., Ravn P. Characteristics of Floors for Pig Pens: Friction, shock absorption, ammonia emission and heat conduction* // *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. – 2008.
20. *Hansen R.K., Bjerg B. Optimal ambient Temperature with regard to Feed Efficiency and Daily Gain of finisher pigs* // *Proceedings of the EurAgEng 2018 Conference, Wageningen, The Netherlands*. – 2018. – P. 8–12.
21. *Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities* Huynh T.T.T. [et al.] // *Journal of animal science*. – 2005. – Т. 83, N 6. – С. 1385–1396.
22. *Venkatesh M.S., Raghavan G.S.V. An overview of microwave processing and dielectric properties of agri-food materials* // *Biosystems engineering*. – 2004. – Т. 88, N 1. – P. 1–18.

#### REFERENCES

1. Plaksin I.E., Trifanov A.V., *AgroJekoInzhenerija*, 2014, No. 85. pp. 122–129. (In Russ.)
2. *Nacional'nyj Sojuz Svinovodov*: www.nssrf.ru (data obrashhenija 28.01.2020 g.) (In Russ.)
3. Khomenko S. [et al.], African swine fever in the Russian Federation: risk factors, *Empres Watch*, 2013, T. 28 C. 1–14.
4. Fedjuk V.V., Zhitnik I.A., Afanas'ev M.A., *Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, No. 80, pp. 334–344. (In Russ.)
5. Rinaldo D., Le Dividich J., Noblet J., Adverse effects of tropical climate on voluntary feed intake and performance of growing pigs, *Livestock Production Science*, 2000, T. 66, No. 3, pp. 223–234.
6. Dobeic M., Pintarič Š., Laying hen and pig livestock contribution to aerial pollution in Slovenia, *Acta veterinaria*, 2011, T. 61, No. 2–3, pp. 283–293.

7. Etterlin P.E. [et al.], Effects of free-range and confined housing on joint health in a herd of fattening pigs, *BMC Veterinary Research*, 2014, T. 10, No. 1, pp. 1–14.
8. Dojlidov V.A., Volkova E.M., *Zhivotnovodstvo i veterinarnaja medicina*, 2015, No. 2 (17), pp. 12–17. (In Russ.)
9. Latorre M.A. [et al.], The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs, *Journal of animal science*, 2004, T. 82, No. 2, pp. 526–533.
10. Huynh T.T.T., Aarnink A.J.A., Verstegen M.W.A., Reactions of pigs to a hot environment, *Livestock Environment VII, 18-20 May 2005, Beijing, China*, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2005, pp. 544.
11. Lopez J. [et al.], Effects of temperature on the performance of finishing swine: I. Effects of a hot, diurnal temperature on average daily gain, feed intake, and feed efficiency, *Journal of Animal Science*, 1991, T. 69, No. 5, pp. 1843–1849.
12. Scott K. [et al.], The welfare of finishing pigs under different housing and feeding systems: liquid versus dry feeding in fully-slatted and straw-based housing, *Animal Welfare*, 2007, T. 16, No. 1, pp. 53–62.
13. Hanczakowska E. [et al.], Effect of adding crude or refined glycerol to pig diets on fattening performance, nutrient digestibility and carcass evaluation, *Annals of Animal Science*, 2010, T. 10, No. 1, pp. 67–73.
14. Millet S. [et al.], Performance, meat and carcass traits of fattening pigs with organic versus conventional housing and nutrition, *Livestock Production Science*, 2004, T. 87, No. 2–3, pp. 109–119.
15. O’connor J.D.H., Self-regulating electrical heating cable: *Patent No. 7566849 США*, 2009.
16. Gurgenidze I. [i dr.], *Zatraty jenergii v sel’skom hoz’jajstve nekotoryh stran* (Energy inputs in agriculture in some countries), 1999.
17. Dolman M.A., Vrolijk H.C.J., De Boer I.J.M., Exploring variation in economic, environmental and societal performance among Dutch fattening pig farms, *Livestock Science*, 2012, T. 149, No. 1–2, pp. 143–154.
18. Rantzer D., Svendsen J., Slatted versus solid floors in the dung area: comparison of pig production system (moved versus not moved) and effects on hygiene and pig performance, weaning to four weeks after weaning, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, 2001, T. 51, No. 3, pp. 175–183.
19. Pedersen S., Ravn P., Characteristics of Floors for Pig Pens: Friction, shock absorption, ammonia emission and heat conduction, *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 2008.
20. Hansen R.K., Bjerg B., Optimal ambient Temperature with regard to Feed Efficiency and Daily Gain of finisher pigs, *Proceedings of the EurAgEng 2018 Conference, Wageningen, The Netherlands*, 2018, pp. 8–12.
21. Huynh T.T.T. [et al.], Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities, *Journal of animal science*, 2005, T. 83, No. 6, pp. 1385–1396.
22. Venkatesh M.S., Raghavan G.S.V., An overview of microwave processing and dielectric properties of agri-food materials, *Biosystems engineering*, 2004, T. 88, No. 1, pp. 1–18.
23. Philippe F.X., Cabaraux J.F., Nicks B., Ammonia emissions from pig houses: Influencing factors and mitigation techniques, *Agriculture, ecosystems & environment*, 2011, T. 141, No. 3-4, pp. 245–260.