

И.И. Гируцкий, кандидат технических наук, доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет

УДК 631.171:631.145:636

Теоретические основы автоматизации производства в условиях модернизации промышленного свиноводства

Промышленное производство свинины носит биотехнический характер и его необходимо относить к сложным объектам управления. Первоочередными задачами являются автоматизация технологических процессов кормления и микроклимата. Программно-технической базой систем автоматизации должны стать современные микропроцессорные контроллеры, датчики и исполнительные механизмы общепромышленного исполнения. Архитектура создаваемых систем должна быть открытой и создавать предпосылки вертикальной и горизонтальной интеграции. Автоматизация производства на базе современной микропроцессорной техники может существенно снизить себестоимость продукции без значительных капитальных затрат в условиях модернизации действующих предприятий.

В Беларуси функционируют свыше 100 свинокомплексов с промышленной технологией, на которых производится около 80% товарной свинины. Промышленная технология предусматривает непрерывное поточное производство, межпородное скрещивание, жидкое кормление и другие перспективные идеи [1]. Однако на практике потенциал этих идей используется далеко не полностью. И одна из главных причин – это несовершенство систем управления технологическими и производственными процессами, модернизация которых может дать быстрый и значительный эффект [2, 3, 4].

Уже на нижнем уровне управления технологическими процессами откорм свиней необходимо рассматривать как биотехническую систему (рис. 1), то есть нельзя ограничиваться чисто техническими показателями АСУТП как, например, погрешности дозирования или поддержания параметров микроклимата, а необходимо формализовать связи технических параметров с привесами животных или даже пытаться выходить и на экономические показатели, такие, как прибыль или удельный расход кормов и др. Любая биотехническая система испытывает влияние многообразных факторов внешней среды (как управляемых, так и неуправляемых) и соответственно может реагировать на них столь же многообразно и сложно формализуемо. Задача исследования заключается в поиске ограниченного набора управляемых и (или) контролируемых переменных, позволяющих с большей или меньшей точностью прогнозировать поведение биотехнической системы.

С точки зрения откорма свиней основными являются параметры кормления, микроклимата и генетического потенциала. Чтобы уменьшить разнообразие системы, в качестве объекта выбираем процесс откорма свиней в условиях типового промышленного свинокомплекса. Одним из основных вопросов необходимости автоматизации производ-

The commercial production of pork has biotechnical nature and it should be treated as a most important managerial tool. The priorities in this sphere are automating the feeding process and up keeping the micro climate. From the program and technical point of view the automated systems should be based on the modern micro processors, sensors and serially made devices. The architecture of the systems created should be open and provide for the vertical and horizontal integrations. Automating the production on the basis of the modern micro processors can significantly reduce the cost of the production without major investments if applied during the upgrading of the existing enterprises.

ства свинины с применением микропроцессорной техники является эффективность нововведения, то есть зачем это нужно. Дадим количественную оценку влияния несоблюдения норм кормления на привесы свиней на откорме. Для этого нужно построить математическую модель откорма, где в качестве входа будет выступать доза корма D , а в качестве выхода – привес животного P . Объединяя усилия зоотехников, математиков и автоматчиков, в качестве искомой модели примем функцию роста [5]

$$P = a \cdot D / (b + D) - c, \quad (1)$$

где a, b, c – эмпирические коэффициенты, зависящие от возраста, условий содержания и генетического потенциала животных.

Для нашей задачи достаточно построить подобную функцию в интегрированном виде за весь период откорма путем аппроксимации зоотехнических опытов

$$P = 3.22 \cdot D / (0.79 + D) - 1.80, \quad (2)$$

где D – среднесуточный расход корма на одну голову, к. ед.,
 P – среднесуточный привес, кг.

Несмотря на понятные сложности математического описания биологических объектов и обусловленную этим их приближенность, полезность таких моделей несомненна. Такая модель позволяет решать задачи двух видов: выбирать оптимальную дозу корма и оценивать влияние погрешности системы дозирования на результат откорма.

Пусть система дозирования кормов обеспечивает подачу животным доз D корма, имеющих плотность нормального распределения

$$f(D) = 1 / (\sigma \sqrt{2\pi}) \exp[-(D - D_{ном})^2 / (2\sigma^2)], \quad (3)$$

где $D_{ном}$ – математическое ожидание случайной величины D ;
 σ – среднее квадратичное отклонение дозы D .

Для простоты примем, что среднее значение фактически выдаваемой дозы совпадает с нормированным значением

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОТКОРМА СВИНЕЙ (на примере одного сектора)

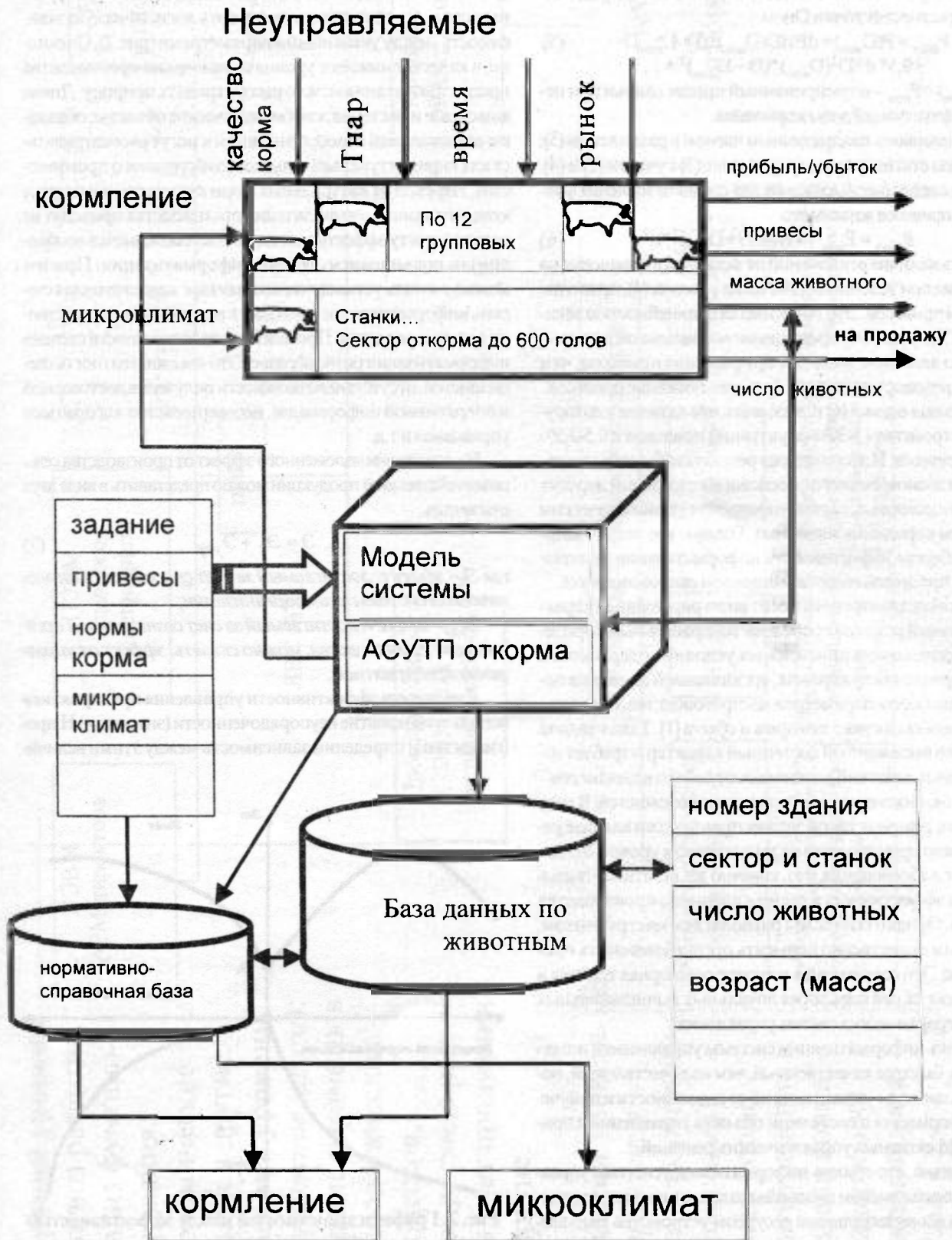


Рис.1. Биотехническая модель откорма свиней

$$D = D_{\text{ном}} \quad (4)$$

Чтобы определить выходную величину – фактическое значение привеса животного – необходимо рассмотреть прохождение случайного сигнала с параметрами (3) и (4) через нелинейное безынерционное звено с передаточной функцией (1). Разложим выходную функцию (1) в ряд Тэйлора в окрестностях точки $D_{\text{ном}}$

$$P_{\text{факт}} = P(D_{\text{ном}}) + dP/dD(D_{\text{ном}}) * (D - D_{\text{ном}}) + 0,5 * d^2/D^2(D_{\text{ном}}) * (D - D_{\text{ном}})^2 + \dots \quad (5)$$

где $P(D_{\text{ном}}) = P_{\text{ном}}$ – нормированный привес свиньи при отсутствии флуктуаций дозы кормления.

Ограничиваясь квадратичным членом в разложении (5), произведем статистическое усреднение (5) с учетом (3) и (4). Получим следующее выражение для среднего значения фактических привесов животного

$$P_{\text{факт}} = P_{\text{ном}} - 4.8 / (0.79 + D_{\text{ном}})^3 * \sigma^2 \quad (6)$$

То есть наличие отклонений от задаваемого значения на входе, даже при условии обеспечения условия (4), приводит к потерям привесов. Это объясняется нелинейностью зависимости (5), поскольку превышение номинальной дозы вызывает по величине меньшее приращение привесов, чем такой же недокорм вызывает большее снижение привесов.

Численная оценка (6) показывает, что наличие у дозирующего устройства 15-30% флуктуаций приводит к 0,5-2,5% потери привесов. И этого одного результата было бы достаточно для экономического обоснования сложных и дорогих микропроцессорных систем управления технологическим процессом кормления животных. Однако это только «вершина айсберга» эффективности информатизации технологических процессов на промышленном свиномкомплексе.

Производство свинины носит интегрированный характер. Конечный результат определяется правильным кормлением, обеспечением приемлемых условий содержания и ветеринарного обслуживания, организацией движения поголовья, выбором параметров воспроизводства, определением момента снятия с откорма и сбыта [1]. Такая задача носит ярко выраженный системный характер и требует согласованных действий различных служб и специалистов – технологов, инженеров, зоотехников и экономистов. В силу сложности решения такой задачи практически важные решения часто принимаются на интуитивном уровне, без достаточного обоснования, что, конечно же, негативно сказывается на эффективности промышленного производства свинины. Однако сейчас мы располагаем инструментом, способным существенно повысить организованность производства. Это современная микропроцессорная техника и основанная на ней идеология локальных вычислительных сетей и иерархических систем управления.

Степень информатизации системы управления – интегральный, быстрее качественный, чем количественный, показатель системы управления по ее способности к получению информации о состоянии объекта управления и принятию эффективных управленческих решений.

Очевидно, что степень информатизации системы управления связана с числом входов/выходов, а также алгоритмическим и вычислительным ресурсом устройства управления. Стремление к усовершенствованию алгоритма управления вызывает быстрый рост необходимой степени инфор-

матизации системы управления. Может оказаться, что эффект, достигаемый при повышении степени оптимальности алгоритма управления, полностью нивелируется необходимыми дополнительными затратами на автоматизированную систему управления. Получить количественную оценку подобного явления достаточно сложно, поэтому в качестве первого шага попытаемся построить логистическую зависимость между указанными параметрами (рис. 2). Очевидно, в качестве нижнего уровня организации производства продуктов питания можно рассматривать природу. Дикие животные и растения, как биологические объекты, обладают определенной самоорганизацией и могут рассматриваться как первая ступенька сельскохозяйственного производства. Переход от натуральных форм к искусственным, рост концентрации и специализации производства приводят не только к росту эффективности, но сопровождаются необходимым повышением степени информатизации. Причем можно считать установленным фактом: недостаточная степень информатизации приводит к негативным последствиям для производства. Проявление недостаточности степени информатизации разнообразно. Это некомпетентность специалистов, отсутствие возможности получения достоверной и оперативной информации, несовершенство алгоритмов управления и т.д.

На основании изложенного эффект от производства сельскохозяйственной продукции можно представить в виде двух слагаемых

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_{\text{упр}} \quad (7)$$

где \mathcal{E}_c – эффект, достигаемый за счет способности биологической системы к самоорганизации;

$\mathcal{E}_{\text{упр}}$ – эффект, достигаемый за счет сознательной организации производства, можно сказать, эффект от управления предприятием.

Для оценки эффективности управления предприятием используем понятие неупорядоченности (энтропии) H производства и определим зависимость между этими величинами

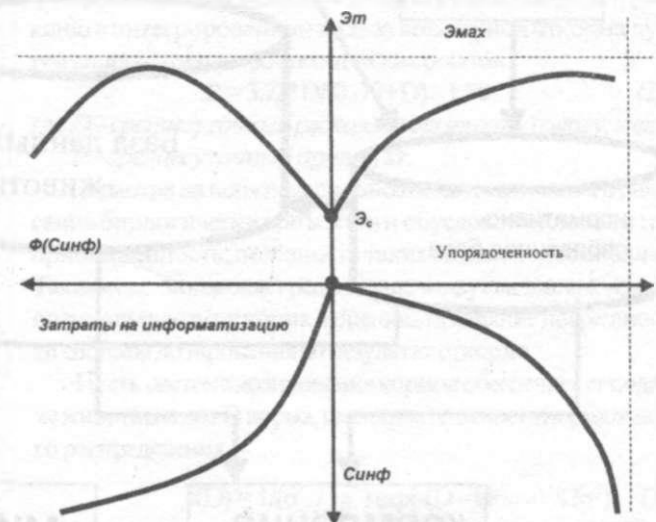


Рис. 2. Графики зависимостей между эффективностью производства \mathcal{E}_T , его упорядоченностью, степенью информатизации $S_{\text{инф}}$ и затратами на нее

Верхний уровень:
 прогноз развития,
 анализ функцио-
 нирования,
 экономические
 задачи и другие.

Средний уровень
 (управление цехом):
 задание параметров
 технологических
 процессов,
 учет расхода ресур-
 сов, учет продукции
 и другие.

Нижний уровень
 (управление
 технологическими
 процессами):
 приём корма,
 приготовление и
 раздача корма,
 поддержание
 микроклимата
 и т.д.

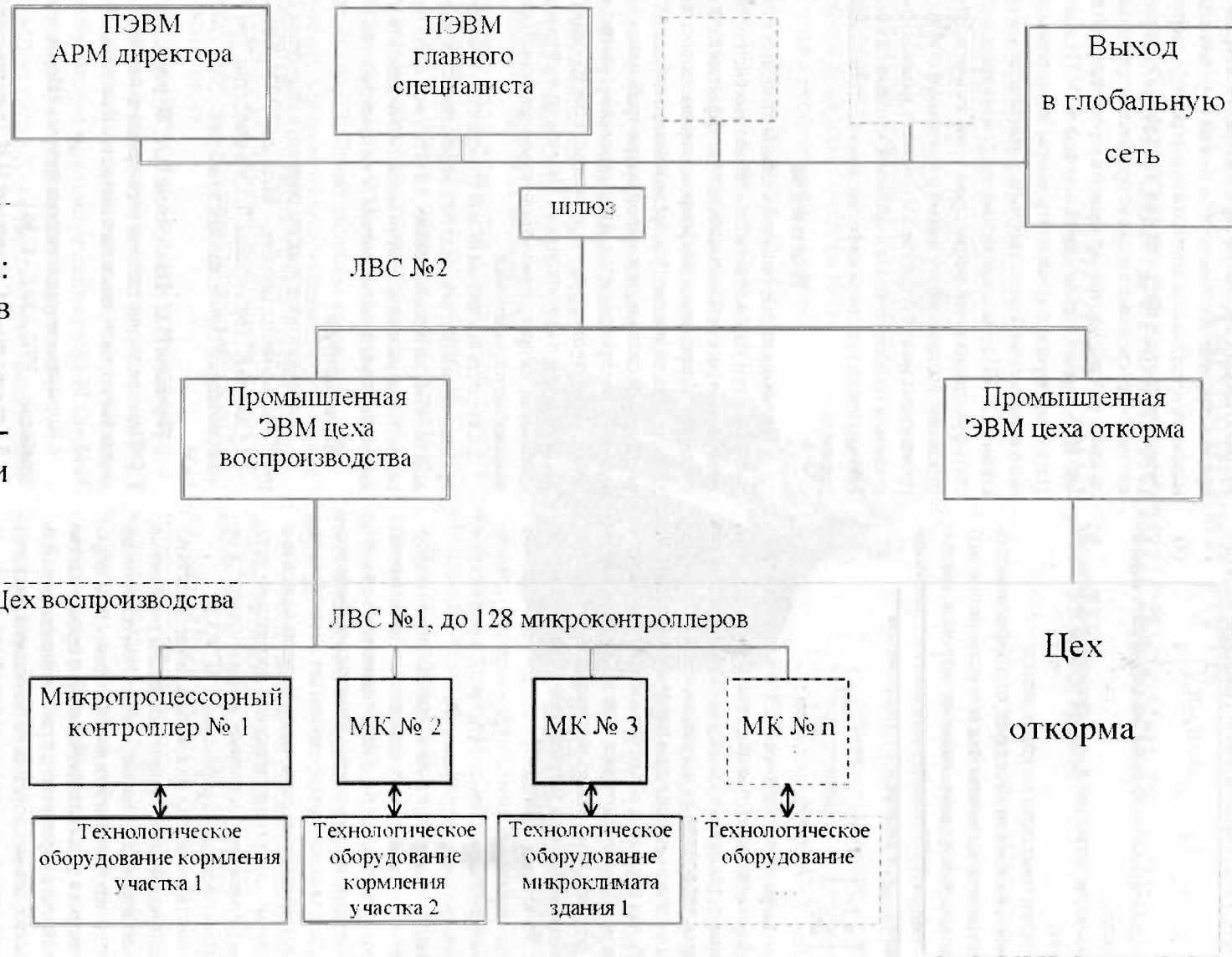


Рис. 3. Примерная структура ИАСУ промышленного свиного комплекса

нами в виде, предложенном академиком Трапезниковым В.А.

$$\mathcal{E}_{\text{упр}} = \mathcal{E}_{\text{max}} \left[1 - a_1 e^{-k_1 (H_0 - H_1)} \right], \quad (8)$$

где \mathcal{E}_{max} – максимальный (потенциальный) эффект данного производства;

H_0, H_1 – значение энтропии до и после информатизации производства;

a_1, k_1 – неизвестные пока коэффициенты.

Из анализа зависимости (8) следует, что эффективность производства плавно увеличивается при уменьшении энтропии. Рациональный уровень снижения энтропии, связанный с затратами на АСУ и соответствующую степень информатизации $C_{\text{инф}}$, определяется из выражения

$$\left[\frac{d\mathcal{E}_T}{dH_T} \right]_{H_T \rightarrow \min} \geq \frac{d\Phi(C_{\text{инф}})}{dH_T}, \quad (9)$$

где $\Phi(C_{\text{инф}})$ – затраты на создание АСУ в зависимости от степени информатизации производства.

К сожалению, такие зависимости носят быстрее логистический характер, поскольку невозможно получить необходимые аналитические выражения для функций, входящих в (7), (8) и (9), для реальных объектов в животноводстве и растениеводстве. Однако некоторые выводы можно сделать. Во-первых, полностью устранить неопределенность объекта управления невозможно, затраты при этом бесконечно возрастают. Во-вторых, компьютеризация – необходимый элемент повышения эффективности производства. Отношение к компьютеризации должно стать таким же серьезным, как к механизации или электрификации.

Очевидно, что быстро достичь высокой степени информатизации сельскохозяйственного производства невозможно. Разработку и внедрение АСУ необходимо вести в соответствии с концепцией компьютерно-интегрированного производства. Данная концепция предполагает поэтапную автоматизацию производства, начиная от создания локальных АСУ ТП отдельными технологическими процессами, установками, так называемых "островков автоматизации", к созданию комплексных и интегрированных АСУ [3, 4].

Адаптивность (гибкость), надёжность, возможность построения распределённых и открытых систем управления, относительная дешевизна микропроцессорной техники свидетельствуют о перспективности и необходимости её широкого применения в сельскохозяйственном производстве. Сложность объекта управления, ограниченность финансовых и интеллектуальных ресурсов не позволяют рассчитывать на быстрое создание интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ) производством на промышленном свиномкомплексе (рис. 3). Но осуществляя разработку по принципу снизу-вверх, от создания локальных автоматизированных систем управления отдельными технологическими процессами (АСУ ТП), необходимо предус-

матривать их последующую горизонтальную и вертикальную интеграцию. Автоматизация нижнего уровня создает надежные предпосылки автоматизации среднего и верхнего уровня управления предприятием. Кормление и микроклимат наиболее сложные и дорогие процессы в производстве свинины и их автоматизация является первоочередной задачей. Программно-технической основой АСУ ТП должны стать микропроцессорные контроллеры общепромышленного применения. Существенным и неотъемлемым свойством АСУ ТП сельскохозяйственного назначения должна стать функциональная диагностика технологического оборудования. Использование знаний о возможных отказах и их проявлениях может существенно повысить надежность выполнения технологического процесса, что является несомненным преимуществом информационных технологий управления.

Выводы

1. Промышленные свиномкомплексы относятся к сложным объектам управления и без адекватных систем управления нельзя рассчитывать на высокую эффективность производства. Современная микропроцессорная техника позволяет строить надежные, распределенные и гибкие АСУ, в наибольшей степени удовлетворяющие требованиям биотехнического производства. Автоматизацию производства необходимо начинать снизу, поэтапно, с построения АСУ ТП кормления и микроклимата. Причем ориентироваться необходимо на программно-технические средства общепромышленного применения.
2. Скорость внедрения новых технологий управления в производство будет определяться эффективностью взаимодействия науки и образования, то есть уже в вузах нужно готовить специалистов, осознающих необходимость и умеющих грамотно использовать АСУ на производстве.

Литература

1. Технология производства свинины в Республике Беларусь / Учебно-метод. пособие. – Минск: БГАТУ, 2001. – 97 с.
2. Саитов В., Подольская Л. Свиноводство. Три этапа модернизации // Новое сельское хозяйство. – 2002. – № 1. – С. 34-36.
3. Гируцкий И.И., Павловский В.А., Жур А.А., Палкин Г.Г. Переоснащение системы кормораздачи на свиномкомплексах Беларуси // Сельскохозяйственный вестник. – 2001. – № 12. – С. 18-19.
4. Кормлением управляет электроника // Новое сельское хозяйство. – 2002. – № 2. – С. 36.
5. Герасимович Л.С., Гируцкий И.И. Теоретические предпосылки информатизации сельскохозяйственных технологических процессов // Проблемы разработки автоматизированных технологий и систем автоматического управления сельскохозяйственного производства: Сборник докладов Международного научно-технического семинара. 14-15 мая 2002 года, г. Углич. – Москва, 2002. – С. 226-230.