

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИВОТНОВОДСТВА: ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ

И.И. Гургенидзе, *К.Э.Н., С.Н.С.*

Начавшийся мировой экономической кризис и последовавшая за ним рецессия сопровождаются спадом производства, сокращением рабочего дня, нарастающей безработицей, снижением платежеспособности потребителей. Одновременно на нефтяных биржах произошло снижение цен на сырую нефть до уровня 40\$ за баррель, соответственно снизились цены и на большинство нефтепродуктов. Напомним, что, в июне 2008 г. сырая нефть стоила 147\$ за баррель. Именно в этот период многие страны интенсивно проводят научные исследования, осуществляют поиск различных направлений выхода экономики из кризисного состояния, составляются прогнозы будущего ее развития. По мнению многих специалистов, для новой, после кризисной экономики, будут характерны следующие основные черты: она будет базироваться на инновациях, максимально опираться на достижения науки и техники, должна быть ресурсосберегающей и экологичной. Важное требование к отечественной экономике — она должна быть еще и энергосберегающей в силу известных объективных причин. В особенности это относится к стационарным тепловым процессам животноводства, которые относятся к числу энергоемких. Достижение этих целей весьма сложная проблема и требует значительных усилий по разработке новых подходов. В настоящее время при решении проблемы проектирования и строительства систем энергоснабжения животноводческих зданий за основу принимаются нормы температуры внутреннего воздуха, средняя температура наружного воздуха для проектирования отопления за наиболее холодную пятидневку, тепло-, влаговыделения животных и т.д. Эти показатели приведены в специальных нормах для проектирования систем обогрева животноводческих зданий. При строительстве животноводческих зданий термическое сопротивление наружных ограждений принимается исходя из условий не выпадения конденсата на внутренних поверхностях наружных ограждений зданий. Выбор и строительство животноводческих зданий, систем их энергоснабжения на основе существующих методик и нормативов является весьма затратным и неприемлемым в современных условиях. Это вызвано необходимостью ввода больших энергетических мощностей для обогрева животноводческих зданий, недопустимо высокими по современным меркам расходами топлива и энергии для создания требуемого температурно-влажностного режима в животноводческих зданиях. Существует еще одна важная особенность, делающая эксплуатацию систем обогрева животноводческих зданий весьма затратной и неэффективной. Суть ее состоит в том, что годовой график по продолжительности стояния температур наружного воздуха носит явно выраженный пиковый характер, что приводит к неэффективному использованию основных средств энергетики в животноводстве. Кроме того, энергетическая и экономическая эффективность использования отопительных установок снижаются и потому, что расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления наступает не ежегодно, а один раз в 4–5 лет. В результате энергетические мощности, тепловые и электрические сети недоиспользуются, снижается расход энергии на обогрев, растет себестоимость единицы потребленной тепловой энергии за счет роста условно-постоянных затрат, снижается число часов использования установленной мощности оборудования — один из важнейших показателей эффективности использования основных средств в энергетике. В конечном счете, это приводит к увеличению эксплуатационных издержек на производство животноводческой продукции, а значит и снижение получаемой прибыли, других финансовых показателей. Расчеты показывают, что мощностью отопительно-вентиляционной установки телятника (коровника) уменьшенной в два раза по сравнению с требуемой по условиям действующей методики выбора систем обогрева, можно покрыть порядка 85 % годового энергопотребления. По действующим нормам выбор тепловой мощности отопительных установок производится исходя из построения теплового баланса животноводческого здания. При этом для расчета тепловых потерь зданий используются такие показатели, как нормируемая температура внутреннего воздуха, нормы влаговыделения животных, температура наруж-

ного воздуха для проектирования отопления (температура наиболее холодной пятидневки). При таком подходе к выбору систем энергоснабжения в помещениях создаются температурные условия, при которых достигается максимальная продуктивность животных при минимальных расходах кормов. Однако основным его недостатком является то, что если в недавнем прошлом при относительно дешевых энергоносителях, слабой кормовой базе, остром дефиците кормов он был вполне приемлем, то в нынешних условиях он является высокочрезвычайно затратным в энергетическом плане, не учитывает существенно изменившиеся экономические условия на рынке энергоносителей. В условиях предстоящего дальнейшего роста цен на энергоносители очень важно найти новые подходы к выбору, строительству и эксплуатации отопительно-вентиляционных систем животноводческих зданий.

Основным звеном биотехнических систем (БТС) являются животные. Поэтому разработка современных методологических подходов к решению проблем энергообеспечения животноводческих зданий должна базироваться на фундаментальных законах и принципах функционирования живых организмов. Новые методологические подходы к вопросам энергоснабжения должны достоверно отражать сложнейшие, нелинейно протекающие и неразрывно связанные между собой биоэнергетические процессы, увеличение потока свободной энергии и энтропии при удалении системы от равновесного состояния, в зависимости от потока оперативной энергии от источника энергоснабжения, потоков овевающей энергии в элементы наружных ограждающих конструкций и т.д. Направление смещения равновесия открытой термодинамической системы с сопряженными процессами, а значит и поведение экономической структуры по отношению к внешним воздействиям предопределено термодинамическими законами. При этом очень важно учитывать фундаментальные законы и принципы функционирования живых организмов.

Применительно к зоотехническим системам существует несколько направлений противодействия росту ценового давления ТЭР на энергетическую составляющую себестоимости конечной продукции. Важнейшими из них на современном этапе являются: снижение мощности отопительных систем ($P_{эк}$), повышение термического сопротивления наружных стен ($R_{нс}$) и покрытий (R_n) зданий за счет применения высокоэффективных утеплителей, снижение воздухообмена в помещении, изменение способов содержания животных, отбор животных с физическим типом терморегуляции, использование животных с большей массой и продуктивностью и т.п. Наиболее простым и очевидным является первый фактор — снижение мощности отопительных систем. Испытывая нарастающие сложности с пополнением оборотных средств, вызванные ростом цен на ТЭР, инфляцией, многие руководители хозяйств в первую очередь обратили внимание именно на снижение, и даже полное отключение систем обогрева животноводческих помещений с целью экономии затрат на энергоснабжение. Однако за внешней простотой таких мер за пределами внимания руководителей хозяйств и специалистов оказались серьезные последствия такого решения, вызванные существенным изменением обмена веществ, и в частности интенсификацией энергетического обмена, изменением его соотношения с пластическим обменом. Конечно, отключение систем обогрева помещений позволяет экономить расходы топлива на обогрев помещений. Вместе с тем, какова цена такого отключения в условиях рынка — это непростой вопрос, который требует самого серьезного и всестороннего исследования.

Как известно, в животноводческих помещениях происходит непрерывный обмен энергии между живыми организмами, элементами здания и системами энергоснабжения. В такой системе живые организмы и среда их обитания образуют единое и неразрывное целое, на которое воздействует не только внешняя среда, но и системы обеспечения микроклимата. Малейшие изменения параметров среды обитания животных, например, температуры воздуха в помещении мгновенно фиксируются организмом с помощью рецепторов и обуславливают вполне определенное изменение его обмена веществ, в том числе пластического и энергетического обмена. В связи с этим анализ энергетических потоков в столь сложных и специфических системах должен опираться на комплексных методах исследования. Опираясь на них, морфологическое описание энергетической модели БТС можно представить следующим образом. Тепловая энергия наружного воздуха оказывает воздействие на наружные ограждающие конструкции животноводческого здания как непосредственно на поверхности, обращенные во внешнюю среду, так и на внут-

рение поверхности из-за существования воздухообмена, теплопроводности. По этой же причине эта энергия оказывает воздействие на среду обитания животных. С другой стороны, энергия наружного воздуха, претерпев преобразование в технических системах обеспечения микроклимата (например, подогрев воздуха в калориферах), также оказывает воздействие на среду обитания животных. В свою очередь животные, выделяя тепловую энергию в результате протекания экзотермических реакций в организме, взаимодействуют с внутренней воздушной средой, которая участвует в энергетическом обмене с ограждающими конструкциями животноводческого здания. При этом снижение температуры окружающей среды ниже критических значений обуславливает увеличение теплопродукции и в зависимости от вида животных, их возраста, типа терморегуляции меняется соотношение между теплоприращением организма и чистой энергией. Их источниками являются корма. Отсюда для проведения оптимизационных расчетов в качестве важнейших факторов можно принять мощность отопительных установок ($P_{эу}$), термическое сопротивление наружных стен ($R_{н.с}$) и покрытий ($R_{п}$). Известно, что мощность, используемая на обогрев животноводческих зданий, равна разности потерь теплоты через наружные ограждения и тепловыделений животных.

Оптимизация энергообеспечения БТС должна обеспечить в конечном счете снижение себестоимости животноводческой продукции, в том числе топливной составляющей затрат на теплоснабжение. Отсюда возникает проблема разработки вариантов проектирования, строительства и эксплуатации БТС, выявления экономически выгодного соотношения факторов в современных условиях. В качестве критерия эффективности инвестиций можно принять приведенные рыночные затраты ($Z_{эо}$). Поскольку целевая функция содержит выражения не линейные относительно искомой мощности отопительной установки (ущербы от дополнительных расходов кормов, снижения привесов), то имеем задачу нелинейного программирования. В общем виде ее можно сформулировать так: найти значения неизвестных $P_{эу,i}$, $R_{н.с,j}$, $R_{п,k}$, которые минимизируют функцию трех переменных

$$Z_{эо} = f(P_{эу,i}, R_{н.с,j}, R_{п,k}) \longrightarrow \min,$$

удовлетворяя при этом условиям

$$\begin{aligned} 0 &\leq P_{эу,i} \leq P_{эу,н} \\ R_{п,k} &\leq R_{н.с,j} \leq R_{н.с,∞} \\ R_{пн} &\leq R_{п,k} \leq R_{п,∞} \end{aligned}$$

где $P_{эу,н}$ — мощность отопительной установки, рассчитанная в соответствии с требованиями норм технологического проектирования, кВт; $R_{пн}$ — термическое сопротивление наружной стены, рассчитанное из условия невыпадения конденсата на внутренней поверхности наружной стены, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C} / \text{ккал}$; $R_{пн}$ — термическое сопротивление покрытия по типовому проекту здания, принятое равным $1,47 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C} / \text{ккал}$ для зданий крупного рогатого скота.

Корректно решить оптимизационную задачу подобного типа можно исключительно, опираясь на полидисциплинарный подход. Это объясняется диалектической связью методологии полидисциплинарного подхода и самого понятия диссипативности. Дело в том, что рассмотрение животных и экономики зоотехнических систем в качестве диссипативных предполагает не просто установление изменившихся термодинамических параметров при их смещении в другое равновесное состояние. Очень важно при этом выявить являющиеся их логическим следствием изменившиеся потоки неэнергетического характера, которые необходимо выделить, количественно измерить и экономически оценить. Среди них в первую очередь следует рассмотреть дополнительный расход кормов на компенсаторное теплообразование, снижение продуктивности животных, рост заболеваемости животных, дополнительный износ ограждающих конструкций здания, выход из строя систем инженерного обеспечения и т.д. Именно они играют ключевую роль в обеспечении устойчивости системы в изменившейся ситуации, в условиях роста энтропии, создают предпосылки увеличения вероятности выигрыша усложняющейся системы в конкурентной борьбе. Таким образом, следствием изменения энергетических характеристик среды обитания и самих живых организмов является появление менее обременительных

для современной экономики материальных, информационных и соответствующих им финансовых потоков, исследование которых является компетенцией совершенно разных по существу дисциплин. Применение в таких случаях монодисциплинарного подхода с его узкой специализацией и ограниченностью рамками одной энергетической дисциплины не в состоянии обеспечить должного научного и практического уровней решения задачи. Напротив, использование полидисциплинарного подхода оказывается весьма плодотворным как с теоретической, так и практической точек зрения. Этот подход имеет внутреннюю связь и с термодинамикой. Как известно, температура является одной из важнейших характеристик любой термодинамической системы, в т.ч. и зоотехнической. Из всех факторов внутренней среды в животноводческих помещениях температура играет доминирующую роль. Уменьшение мощности отопительных установок обуславливает снижение температуры воздуха внутри здания. Одновременно снижается и температура на внутренних поверхностях наружных стен и покрытия при условии, что термическое сопротивление остается неизменным. Аналогичное явление наблюдается и с температурой на поверхности кожи у животных, при этом температура «ядра» организма остается строго неизменной (обеспечивается температурный гомеостазис). Если определение мощности источника теплоты и температуры воздуха в помещении проблема теплотехническая, то термическое сопротивление наружных ограждений, температура на их поверхностях – это уже компетенция строителей (строительная теплотехника). Что касается температуры на поверхности кожи животных, теплопродукции, образования энергоносителя на уровне митохондрий клетки, то этими вопросами занимаются специалисты в области физиологии холодоустойчивости и биоэнергетики. Между тем, эти вопросы имеют чрезвычайно важное методологическое и методическое значение, поскольку только при исчерпывающем понимании этих процессов можно научно обосновать вид корма, который должен исполнять роль замыкающего энергоносителя. Корма, как известно, характеризуются разным содержанием сухого вещества, концентрацией обменной энергии и, что очень важно для оптимизационных расчетов, стоимостью. Таким образом, термодинамические процессы, протекающие в БТС, очень сложны, взаимосвязаны и для их правильного экономического отображения необходимо, привлекать представителей разных дисциплин и профессий. В этом и проявляется тесная связь термодинамики БТС и полидисциплинарности. Предлагаемый подход отражает интегративные процессы, происходящие в современной науке. Их характерной чертой является использование методов, инструментов, знаний и результатов одних дисциплин для решения научных проблем в других смежных дисциплинах. Это особенно важно в условиях рынка, когда обостряется конкуренция за сохранение существующих и ведется упорная борьба за проникновение на новые рынки сбыта продукции. В этих условиях новые методологические подходы к решению энергетических задач оказываются чрезвычайно плодотворными в научном плане и одновременно полезными на практике, поскольку позволяют выявить мощные резервы снижения себестоимости продукции, а значит упрочить позиции в ценовой конкуренции на внешних рынках. Это можно аргументировать результатами проведенных исследований.

В качестве вариантов конструкции наружных стен рассмотрены: керамзитобетонные панели; стены из газосиликатных блоков; трехслойные панели с теплоизоляционным материалом из полистирольного пенопласта. В связи с тем, что в настоящее время в республике практически прекращен выпуск наружных стен из керамзитобетона, в отчете приводится только ограниченное количество вариантов его применения для установления сравнительной эффективности его применения.

Одной из особенностей современного ценообразования в энергетике является серьезный перекоп оптовых цен на энергоносители. Это приводит к тому, что более качественные виды энергоносителей, обладающие высокой потребительной стоимостью и эффективностью использования, имеют более низкую оптовую цену. Последствием такой ценовой политики являются неодинаковые экономические условия хозяйствования предприятий. Например, предприятия, потребляющие в качестве энергоносителя природный газ, имеют серьезные энергетические, экологические и экономические преимущества. Это объясняется тем, что природный газ по калорийности выше, чем, например, каменный уголь. Одновременно стоимость одной тонны условного топлива ниже. При этом котельная, работающая на природном газе, имеет более высокий среднегодовой эксплуатаци-

онный КПД. Отсюда и более высокие экономические преимущества. В связи с этим в работе, учитывая ее перспективный характер, рассмотрены следующие соотношения оптовых цен на энергоносители, сложившиеся в странах Западной Европы: уголь: природный газ: мазут: печное бытовое топливо — 1.00:1.20:1.30:1.93. Учитывая разную потребительскую стоимость рассматриваемых видов топлива, произведен их пересчет в условное топливо в соответствии с их теплотворной способностью.

Были проведены оптимизационные расчеты трех вариантов строительства и эксплуатации телятников на 240 голов. Базовый вариант. Все расчеты выполнены в соответствии с существующими нормами технологического проектировании. То есть в течение всего отопительного сезона мощность отопительной установки выбрана таким образом, чтобы обеспечить нормируемую температуру внутреннего воздуха в телятнике, равной +15°C. Вариант I. Выбор мощности отопительной установки выполняется как и в базовом варианте, т.е. на основе построения теплового баланса здания телятника, но оптимизируются термические сопротивления наружных стен и покрытий. При этом рассматриваются все возможные варианты конструкций наружных стен (газосиликатные блоки или блоки из ячеистого бетона, керамзитобетонные панели, трехслойные панели из эффективного утеплителя) и виды теплоизоляционных материалов отечественного и зарубежного производства. Вариант II. Отличительной особенностью предлагаемого варианта выбора тепловой мощности отопительной установки состоит в том, что здесь производится оптимизация не только термического сопротивления наружных стен и покрытий, но и мощности отопительной установки. Оптимизация тепловой мощности предполагает поиск такой мощности системы обогрева телятника, которая отвечает не зоотехническим требованиям, а требованиям экономической целесообразности.

Расчеты показывают, что в сложившихся экономических условиях для максимального ослабления давления оптовых цен энергетических ресурсов на экономические показатели животноводства республики необходимо значительно увеличить как термическое сопротивление наружных стен, так и совмещенных покрытий. Это экономическое требование касается всех без исключения типов и конструкций наружных стен, а также покрытий. Одновременно следует повысить уровень кормления животных. Это необходимо для компенсаторного теплообразования организма животных с целью поддержания температурного гомеостаза при снижении температуры воздуха в помещении ниже критических значений.

Наконец, как следует из проведенных расчетов, экономически выгодно в создавшихся условиях резко уменьшить, а в некоторых случаях (например, здания крупного рогатого скота на выращивании и откорме) и полностью отказаться от обогрева животноводческих зданий. Это позволит высвободить используемые ими невозобновляемые источники энергии и заменить их ежегодно воспроизводимыми кормами. Одновременно будет достигнут и экологический эффект.

Рост затрат на строительство более энергоэкономных зданий, повышение уровня энергетического кормления животных позволят на порядок снизить мощность отопительных установок, объемы энергопотребления животноводческих зданий, а главное существенно снижаются затраты на энергоснабжение, а вместе с ними и общие издержки на производство животноводческой продукции. Такая продукция будет менее энергоемкой и одновременно будет отличаться более высокой конкурентоспособностью на внешних рынках.

Таким образом, предложенный полидисциплинарный подход, базирующийся на фундаментальных законах термодинамики, физиологии холодоустойчивости животных и биоэнергетики, позволяет вполне аргументировано предложить изменение в экономико-энергетической политике развития животноводства республики в новых условиях. Суть ее состоит в том, что в перспективном развитии животноводческой отрасли республики акцент должен быть сделан на максимальном снижении использования импортных дорогих, невозобновляемых энергоносителей и, наоборот, всемерном использовании отечественных сырьевых ресурсов для строительства энергоэффективных животноводческих зданий, наращивания производства кормов (т.е. ежегодно возобновляемых источников энергии) для решения возникающих в связи с этим биоэнергетических проблем. Исследования показывают, что такие объективные предпосылки в Беларуси имеются.