

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФГБОУ ВПО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

М.М. БЕЗЗУБЦЕВА, В.С. ВОЛКОВ, В.В. ЗУБКОВ

**ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ТЕПЛОВЫХ
И МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
В СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ
ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОДУКЦИИ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2013

УДК 621.311(07)
ББК 40.76

Составители: М.М. Беззубцева, В.С. Волков, В.В. Зубков

Рецензенты: доктор технических наук, профессор, профессор РАЕ С.А. Ракутько; кандидат технических наук, доцент, профессор РАЕ З.Ш. Юлдашев

М.М. Беззубцева, В.С. Волков, В.В. Зубков

А24: Прикладная теория тепловых и массообменных процессов в системном анализе энергоемкости продукции. – СПб.: СПбГАУ, 2013. – 131 с.

В учебном пособии рассмотрены фундаментальные законы, положенные в основу формирования, протекания, интенсификации и повышения энергоэффективности тепломассообменных процессов АПК. Особое внимание уделено основам системного анализа, методологии выявления основных факторов, определяющих энергоемкость продукции в потребительских энергосистемах. Учебное пособие составлено в соответствии с рабочими программами дисциплины «Прикладная теория тепловых и массообменных процессов в системном анализе энергоемкости продукции» и предназначено для магистрантов, обучающихся по направлению «Агроинженерия» (профиль «Электротехнологии и электрооборудование в с.х.»). Учебное пособие может быть использовано студентами, аспирантами, научными сотрудниками и инженерами, работающими в различных областях АПК.

УДК 621.311(07)
ББК 40.76

© М.М.Беззубцева,
В.С. Волков
В.В. Зубков

ПРЕДИСЛОВИЕ

Специфичность агропромышленной потребительской энергетики требует введения самостоятельного научно-прикладного понятия эффективности энергоиспользования на предприятиях отрасли, разработки специальных методов системного научного анализа и внедрения превентивных мер по снижению энергоемкости продукции. Материал, изложенный в учебном пособии, позволяет заложить будущим ученым основы знаний для более глубокого и систематизированного понимания специфики агропромышленной потребительской энергетики, продолжить самостоятельную работу по развитию указанных направлений.

Модуль «Прикладная теория тепловых и массообменных процессов в системном анализе энергоемкости продукции» является апробированным авторским курсом Беззубцевой М.М, органично интегрированным в общий образовательный процесс подготовки магистров по направлению 110800.68 - «Агроинженерия» и профилю «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве».

Целью учебного пособия «Прикладная теория тепловых и массообменных процессов в системном анализе энергоемкости продукции» является:

- формирование профессиональных компетенций магистров (агроинженеров) в области систематизированных знаний закономерностей тепломассообмена в установках и системах по

производству и распределению энергоносителей в потребительских энергосистемах (ПЭС) агропромышленного комплекса (АПК);

- развитие навыков и умения творческого использования прикладной теории тепломассообменных процессов при решении практических задач оптимизации энергоемкости выпускаемой продукции и повышения энергоэффективности производства.

АПК характеризуется весьма большим числом разнообразных производств, различными условиями протекания технологических процессов и многообразием производимой продукции. Вместе с тем технологические процессы представляют собой комбинацию сравнительно небольшого числа типовых процессов, лидирующую роль среди них занимают тепловые и массообменные процессы. Эти процессы реализованы в электротехническом оборудовании различных конструктивных модификаций. Закономерности их протекания описываются типовыми законами, что значительно упрощает расчет и анализ энергетических параметров (энергоемкости продукции, резерва энергосбережения и т.д.).

Учебное пособие состоит из введения и пяти глав: методология системного анализа потребительских энергосистем предприятий АПК; прикладная теория теплообменных процессов; прикладная теория массообменных процессов; законы равновесия, равновесное состояние, направление протекания и движущая сила процессов тепломассообмена; методика определения энергоемкости продукции в потребительских энергетических системах АПК.

Задачами первой главы является ознакомление магистрантов с методологией системного анализа тепломассообменных процессов, аппаратов и установок в потребительских энергосистемах сельскохозяйственных производств, а также формирование навыков применения энергосберегающих принципов и схем организации процессов, аппаратов и установок при оптимизации энергоемкости продукции, проектировании и энергетической

модернизации. Изложены принципы блочно–иерархического моделирования процессов ПЭС.

Следующие три главы объединяет общая методологическая основа структуры изложения материала. Представлен аналитический обзор фундаментальных и прикладных теоретических исследований тепломассообменных процессов, аппаратов и установок ПЭС. Рассмотрены закономерности тепломассообмена в установках и системах по производству и распределению энергоносителей.

В пятой главе представлена методика определения энергоемкости продукции в потребительских энергетических системах АПК и методика оценки энергоэффективности при интенсификации электротехнологических процессов сельскохозяйственного производства. Проанализирован энергоэкологический индекс воздействия ПЭС на окружающую среду.

Структура учебного пособия позволяет концентрировать внимание магистрантов на проблемных и перспективных вопросах потребительских энергосистем АПК.

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочими программами дисциплины «Прикладная теория тепловых и массообменных процессов в системном анализе энергоемкости продукции» и предназначено для магистрантов, обучающихся по направлению «Агроинженерия» и профилю «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве».

Учебное пособие может быть использовано в очном, заочном и дистанционном обучении магистрантов. Представляет интерес для бакалавров, студентов, аспирантов, научных сотрудников, агроинженеров и специалистов, работающих в различных областях АПК.

Глава 1. МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ЭНЕРГОСИСТЕМ (ПЭС)

Научная, исследовательская и практическая деятельность проводится на базе методов (приемов или способов действия), методик (совокупности методов и приемов проведения исследований) и методологий (совокупности методов, правил распределения и назначения методов, а также шагов и их последовательности).

1.1 СИСТЕМНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ

В настоящее время используют такие понятия как «системный анализ», «системный подход», «теория систем», «принцип системности» и др.

Наиболее общим понятием, которое обозначает все возможные проявления систем, является «системность». Структуру системности целесообразно рассматривать в трех аспектах: системная теория, системный подход и системный метод.

Системная теория (теория систем) реализует объясняющую и систематизирующую функции: дает строгое научное знание о мире систем; объясняет происхождение, устройство, функционирование и развитие систем различной природы.

Системный подход следует рассматривать как некоторый методологический подход к действительности, представляющий собой некоторую общность принципов, системное мировоззрение.

Подход к системному изучению потребительских энергосистем (ПЭС)— это совокупность приемов и способов воздействия на объект. Принцип – это основное, исходное положение теории, наиболее общее правило деятельности, которое обеспечивает его правильность, но не гарантирует однозначности решения.

Подход — это некоторая обобщенная система представлений о том, как должна выполняться та или иная деятельность (но не детальный алгоритм действия), а принцип деятельности — множество некоторых обобщенных приемов и правил.

Системный подход — это методология научного познания и практической деятельности, а также объяснительный принцип, в основе которых лежит рассмотрение объекта как системы.

Системный подход заключается в отказе от односторонне аналитических, линейно–причинных методов исследования. Основной акцент при его применении делается на анализе целостных свойств объекта, выявлении его различных связей и структуры, особенностей функционирования и развития ПЭС. Системный подход представляется достаточно универсальным подходом при анализе, исследовании, проектировании и управлении ПЭС. Назначение системного подхода заключается в том, что он направляет деятельность агроинженера-энергетика на системное видение действительности. Он заставляет рассматривать ПЭС с системных позиций, точнее — с позиций ее системного устройства.

Таким образом, системный подход, будучи принципом познания, выполняет ориентационную и мировоззренческую функции.

Системный метод реализует познавательную и методологическую функции. Он выступает как некоторая интегральная совокупность относительно простых методов и приемов познания, а также преобразования действительности.

Конечная цель любой системной деятельности заключается в выработке решений, как на стадии проектирования ПЭС, так и при ее управлении. В этом контексте системный анализ можно считать сплавом методологии общей теории систем, системного подхода и системных методов обоснования и принятия решений.

1.2. ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ И СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

Центральное место в исследовании ПЭС занимают два противоположных подхода: анализ и синтез.

Анализ предусматривает процесс разделения целого на части. Он весьма полезен в том случае, если требуется выяснить, из каких частей (элементов, подсистем) состоит ПЭС. Посредством анализа приобретаются знания. Однако при этом нельзя понять свойства системы в целом.

Задача синтеза — построение целого из частей. Посредством синтеза достигается понимание.

В исследовании любой проблемы можно указать несколько главных этапов:

- постановка цели исследования;
- выделение проблемы (выделение системы): выделить главное, существенное, отбросив малозначимое, несущественное;
- описание: выразить на едином языке (уровне формализации) разнородные по своей природе явления и факторы;
- установление критериев: определить, что значит «хорошо» и «плохо» для оценивания полученной информации и сравнения альтернатив;
- идеализация (концептуальное моделирование): ввести рациональную идеализацию проблемы, упростить ее до допустимого предела;
- декомпозиция (анализ): разделить целое на части, не теряя свойств целого;
- композиция (синтез): объединить части в целое, не теряя свойств частей;
- решение: найти решение проблемы.

В отличие от традиционного подхода, при котором проблема решается в строгой последовательности вышеприведенных этапов (или в другом порядке), системный подход состоит в многосвязности процесса решения: этапы

рассматриваются совместно, во взаимосвязи и диалектическом единстве. При этом возможен переход к любому этапу, в том числе и возврат к постановке цели исследования.

Главным признаком системного подхода является наличие доминирующей роли сложного, а не простого, целого, а не составляющих элементов. Если при традиционном подходе к исследованию мысль движется от простого к сложному, от частей — к целому, от элементов — к системе, то в системном подходе, наоборот, мысль движется от сложного к простому, от целого к составным частям, от ПЭС к анализу ее элементов. При этом эффективность системного подхода тем выше, чем к более сложной ПЭС он применяется.

1.3. СИСТЕМНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В настоящее время устоявшихся технологий системного анализа ПЭС в практике нет. Системный анализ ПЭС представляет собой слабосвязанную совокупность приемов и методов неформального и формального характера. Ситуация усугубляется тем, что, несмотря на полувековую историю развития системных идей, нет однозначности в понимании самого системного анализа.

В настоящее время существуют следующие варианты системного анализа в энергетической сфере АПК:

1. Отождествление технологии системного анализа с технологией научного исследования. При этом для самого системного анализа в этой технологии практически не находится места.
2. Сведение системного анализа к системному конструированию. По сути, системно-аналитическая деятельность отождествляется с системотехнической деятельностью.
3. Очень узкое понимание системного анализа, сведение его к одной из его составляющих, например к структурно-функциональному анализу.

4. Отождествление системного анализа с системным подходом в аналитической деятельности.
5. Понимание системного анализа как исследования системных закономерностей.

В узком смысле под системным анализом довольно часто понимают совокупность математических методов исследования систем. Сведение системного анализа к совокупности методологических средств, которые используются для подготовки, обоснования и осуществления решений по сложным проблемам.

Таким образом, то, что называют в настоящее время системным анализом в энергетической сфере АПК, представляет собой недостаточно интегрированный массив методов и приемов системной деятельности.

1.4. ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ

При анализе и проектировании действующих ПЭС могут интересовать разные аспекты: от внутреннего устройства системы до организации управления в ней. В связи с этим условно выделяют следующие подходы к анализу и проектированию:

- системно-элементный;
- системно-структурный;
- системно-функциональный;
- системно-коммуникативный;
- системно-управленческий;
- системно-информационный.

Системно-элементный подход. Непременной принадлежностью систем являются их компоненты, части, именно то, из чего образовано целое и без чего оно невозможно.

Системно-элементный подход отвечает на вопрос, из чего (каких элементов) образована система. Этот подход иногда называли "перечислением" системы. Его вначале пытались применить для исследования сложных систем. Однако первые же попытки применить такой подход к исследованию систем управления энергопредприятиями и организациями показали, что «перечислить» сложную энергетическую систему практически невозможно.

Системно-структурный подход. Компоненты системы представляют не набор случайных бессвязных объектов. Они интегрированы системой и являются компонентами именно данной системы.

Системно-структурный подход направлен на выявление компонентного состава системы и связей между ними, обеспечивающих целенаправленное функционирование.

При структурном исследовании предметом исследований, как правило, являются состав, структура, конфигурация, топология и т. п.

Системно-функциональный подход. Цель выступает в системе как один из важных системообразующих факторов. Но цель требует действий, направленных на ее достижение, которые есть не что иное, как ее функции. Функции по отношению к цели выступают как способы ее достижения. Системно-функциональный подход направлен на рассмотрение системы с точки зрения ее поведения в среде для достижения цели функционирования ПЭС – снижение энергоемкости продукции.

При функциональном исследовании рассматриваются: динамические характеристики, устойчивость, живучесть, энергоэффективность, т. е. все то, что при неизменной структуре системы зависит от свойств ее элементов и их отношений.

Системно-коммуникативный подход. Каждая система всегда является элементом (подсистемой) другой, более высокого уровня. Сама система, в свою очередь, образована из подсистем более низкого уровня. Иначе говоря, система связана множеством отношений (коммуникаций) с самыми различными

системными и несистемными образованиями. Системно-коммуникативный подход направлен на изучение системы с точки зрения ее отношений с другими, внешними по отношению к ней, системами.

Системно-управленческий подход. Система постоянно испытывает на себе возмущающие воздействия. Это - прежде всего внутренние возмущения, являющиеся результатом внутренней противоречивости любой системы. Это и внешние возмущения, которые далеко не всегда благоприятны: недостаток ресурсов, жесткие ограничения и т. д. Между тем система живет, функционирует, развивается. Значит, наряду со специфическим набором компонентов, внутренней организацией (структурой) и т. д., есть и другие системообразующие, системосохраняющие факторы. Эти факторы обеспечения устойчивости жизнедеятельности системы называют управлением. Системно-управленческий подход направлен на изучение системы с точки зрения обеспечения ее целенаправленного функционирования в условиях внутренних и внешних возмущений.

Системно-информационный подход. Управление в системе невозможно без передачи, получения, хранения и обработки информации. Информация — это способ связи компонентов системы друг с другом, каждого из компонентов с системой в целом, а системы в целом — со средой. В силу сказанного, нельзя раскрыть сущность системности без изучения ее информационного аспекта.

Системно-информационный подход направлен на изучение системы с точки зрения передачи, получения, хранения и обработки данных внутри системы и в связи со средой.

1.5 РАЗРАБОТКА МЕТОДИК СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Конечная цель системного анализа — оказать помощь в понимании и решении имеющейся проблемы, что сводится к поиску и выбору варианта решения проблемы. Результатом будет выбранная альтернатива либо в виде