

ТЕОРИЯ СИСТЕМ – МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

А.А. БАГАЕВ, А.И. БАГАЕВ

Обоснованию эффективности применения электрической энергии в тепловых процессах АПК посвящено значительное количество работ, например [1-3].

Одним из основных недостатков подобных исследований, проведенных в конце 80-х – начале 90-х гг., является то, что не учитывался характер и значимость для отрасли производств, для которых новая техника предназначалась, хотя производителями сельскохозяйственной продукции являются именно животные и растения, а не машины. Поэтому, эффективность новой техники определяется не только мерой ее совершенства, но и состоянием биообъектов и конъюнктуры рынка.

Кроме того, использование техники в разных производствах приносит различные эффекты, в силу чего ее предпочтительность зависит не только от локального эффекта, приносимого конкретной машиной по сравнению с базовой, но и от “веса” этого эффекта в общих расходах производства, а также от “веса” этого производства в экономике отрасли. При этом в первую очередь технику необходимо разрабатывать для таких производств, которые наиболее значимы для отрасли.

Системными исследованиями технико-экономических проблем электромеханизации животноводства, проводимыми ВИЭСХ [4,5], на основе обработки большого объема статистической информации теоретически обоснованы и разработаны упрощенные экономико-математические модели разных животноводческих производств, которые позволяют рассматривать систему в целом, опираясь только на укрупненные показатели: данные о годовом объеме товарной продукции, ценах на продукцию, сложившемся уровне рентабельности, стоимости новой техники и ожидаемых эффектах в натуральном исчислении.

Установлено, что, несмотря на множество факторов и их взаимосвязей, влияющих на экономику производства, главными из них в животноводстве являются: потенциальная продуктивность животных, стоимость их кормления, затраты труда, удельные капиталовложения и амортизационные отчисления.

При этом “вес” каждого из этих факторов не-равнозначен (таблица 1).

Таблица 1

Показатели, которые снижаются при использовании техники	Коэффициенты $k_{пр}$ приведения для					
	говя-дины	сви-нины	бара-нины	моло-ха	яиц	шер-сти
Потери готовой продукции	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Затраты:						
корма	0,50	0,52	0,35	0,33	0,55	0,33
труда	0,24	0,21	0,34	0,36	0,20	0,34
на амортизацию и текущий ремонт	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08
электроэнергию	0,01	0,01	—	0,02	0,02	—
топливо	0,00	0,02	—	0,02	0,02	—

То есть, чтобы оценить полезность техники с позиций системного подхода, предлагается установить, сможет ли эта техника существенно улучшить хотя бы один из четырех указанных факторов. Если нет, то без дальнейшей детализации расчетов такую технику нужно отклонить, если да, то расчет приоритетности необходимо продолжить. Все остальные факторы при кажущейся значимости либо не влияют на экономику производства, либо их нельзя улучшить средствами технизации.

Следует отметить, что энергетическая составляющая расходов и в животноводстве, и в растениеводстве (кроме теплиц) не превышает 1...5 %. Например, расходы на электроэнергию при производстве молока составляют лишь 2 % от его себестоимости [6]. Поэтому техника, направленная на сбережение энергии, не может существенно улучшить экономику производства в целом даже при значительном сокращении расходов энергоресурсов. Акцентирование внимания только на указанных выше четырех факторах снижает объем исходной информации и резко упрощает реализацию системного подхода.

Объективная оценка полезности техники возможна только при рассмотрении всего производства как единой товаропроизводя-

щей биотехнической системы, в которой техника является не самоцелью, а только вспомогательным средством, т.е. необходим системный подход.

Одним из основных положений системного подхода является выявление всех альтернативных путей достижения поставленной цели. Например, для поддержания потенциальной продуктивности животных (снижение потерь продукции) следует рассматривать все возможные варианты, например оптимизацию микроклимата [7].

Поддержание оптимальных параметров микроклимата является весьма важным условием хорошего самочувствия животных и птицы, а также степени использования ими кормов. В зимний период при нездоровом микроклимате использование корма животными понижается на 10–20 % [8], а их продуктивность при экстремальных параметрах микроклимата – в среднем на 20 % [9]. То есть условия окружающей среды расцениваются наравне с кормами и племенными качествами животных. Установлено, что продуктивность животных на 70–80 % зависит от условий кормления и содержания и лишь на 20–30 % – от унаследованных качеств [9]. За рубежом считается, что в экономическом отношении добавочные издержки на улучшение микроклимата нередко оправдывают себя больше, чем дополнительные расходы на механизацию и повышение качества кормов. Таким образом, параметры микроклимата животноводческих помещений становятся производственным фактором, прямо влияющим на продуктивность животных, стоимость и расход кормов.

Именно поэтому задача разработки эффективных технических средств создания оптимального микроклимата в животноводческих помещениях должна стать приоритетной.

Основным нормируемым для всех сельскохозяйственных объектов производственного и коммунально-бытового назначения параметром микроклимата является температура, регулирование которой является объективной потребностью, особенно в зимний период.

В структуре энергопотребления животноводческих объектов вес отопления составляет 15–20 % [10].

Системам отопления (СО) присущи следующие особенности.

Первой особенностью СО как системы является функционирование, направленное на достижение определенной цели. Большое

количество взаимосвязанных элементов взаимодействует между собой, выполняя определенные частные задачи, служащие общей цели функционирования системы.

Второй особенностью СО является сложность выполняемой ею функции, позволяющая рассматривать систему как совокупность ряда подсистем. В свою очередь, каждая подсистема может быть расчленена на элементы. Такое разделение дает возможность установить иерархическую структуру системы.

Третья особенность СО – наличие управления, сущность которого состоит в таком целенаправленном воздействии на ее подсистемы и элементы, которое обеспечивает достижение оптимальных условий функционирования системы, т.е. достижение заданных целей при минимальных затратах или наибольшей эффективности при заданных затратах.

Четвертая особенность СО проявляется в наличии взаимодействия с окружающей средой и функционирования ее в условиях взаимодействия случайных факторов и неопределенности. Принятие решения в этом случае осуществляется в условиях неполной определенности или неопределенности.

Пятой особенностью СО является то, что процесс функционирования и обеспечение выполнения системой определенных задач возможны при условии наличия процесса обмена информацией между всеми подсистемами и элементами системы.

Однако до сих пор при решении оптимизационных задач систем микроклимата вообще и систем отопления объектов сельского хозяйства различного назначения в частности основные положения системного подхода не получили полного отражения.

Совокупность положений, требующих обязательного рассмотрения при реализации системного подхода, известна и изложена в работах [7,11], которые могут служить методологической основой при исследовании систем обеспечения нормируемых параметров воздуха в различных объектах:

непротиворечивое формулирование цели;

выявление всех факторов и взаимосвязей, влияющих на достижение поставленной цели и очерчивание границ системы;

установление всех альтернативных путей для достижения цели и оценка затрат ресурсов для каждой альтернативы;

разработка экономико-математической или другой модели – целевой функции, отра-

жающей в очерченных границах связи между целями, альтернативами и потребностями в ресурсах;

обоснование критерия для оценки качества принимаемых решений;

проверка адекватности модели и реальной системы.

Рассмотрим эти положения подробнее.

Цель. Конечной целью является выбор оптимального варианта функционирования СО сельскохозяйственных помещений, позволяющего получить максимум рентабельности производства при минимуме затрат энергетических, материальных и трудовых ресурсов, поскольку в условиях рынка доминирующая цель состоит именно в максимизации фондоотдачи средств, инвестированных в производство.

Альтернатива. В качестве альтернативных целесообразно рассмотреть два варианта:

1. Создание идеальной СО с.х. помещений, обеспечивающей максимально высокую точность поддержания температурных режимов в с.х. помещениях.
2. Создание СО, обеспечивающей заданный уровень точности при минимальных затратах или при заданных материальных средствах максимально возможную точность.

Создание идеальных систем, обладающих 100 % точностью поддержания нормируемых температурных параметров микроклимата и, следовательно, требующих значительных материальных затрат, следует признать нереальным.

Система, характеризующаяся высокой точностью (пусть даже менее 100 %), может обеспечить научно обоснованную допустимую точность регулирования. Поэтому выбор альтернативы, предполагающей создание системы с максимально возможной точностью при заданных ограничениях энергетических и материальных затрат, представляется правильным.

Границы и ограничения. СО рассматривается как самостоятельный объект изучения и оптимизации, но с учетом необходимого обмена информацией со смежными и внешними системами и внутри нее – между подсистемами.

Выбранная структура систем должна четко очертить границы исследуемой системы и способствовать выделению (структуризации) таких подсистем, которые по своим

размерам доступны для исследований и однородны по описанию.

Как общей структуре систем компенсации, так и подсистемам СО должны быть присущи свойства целостности: изменения, возникшие в какой-то из их частей, сказываются как на других частях, так и на всей их совокупности.

Для построения математической модели необходимо сформулировать исходную основу на базе систематизации и обобщения разрозненных сведений об основных признаках системного анализа. Для этого необходимо:

систематизировать взаимосвязь между системами, назначение которых заключается в поддержании нормируемых параметров воздушной среды в различных объектах, т.е. для СО должно быть определено место в общей структуре других систем;

проанализировать исходные условия, найти форму их обобщения с целью классификации определяющих условий функционирования системы;

выявить целесообразную классификацию СО, способствующую целенаправленному выбору конкурирующих вариантов систем;

определить принципы декомпозиции систем, исходя из анализа их совокупности как единого целого;

классифицировать оптимизационные задачи, возникающие в практике исследований и проектирования.

В самом общем виде требования к воздушной среде в сельскохозяйственных помещениях различных групп животных и типа их содержания регламентируются отраслевыми нормами технологического проектирования (ОНТП): для КРС – ОНТП 1-77, для свинарников – ОНТП 2-85, для содержания овец – ОНТП 5-85, для птицеводческих – ОНТП 4-85.

Следует отметить, что систему отопления в животноводческих помещениях применяют лишь в тех случаях, когда тепловыделений от животных и птицы недостаточно для компенсации потерь тепла через ограждающие конструкции, а также для нагрева приточного и инфильтрующегося воздуха и для испарения влаги со смоченной и открытой водной поверхности. При этом, как правило, применяют воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией. На практике более важным параметром микроклимата в животноводческих помещениях считается относительная влажность воздуха, для регулирования которой могут

быть использованы конденсационные осушители воздуха.

Для свиноводческих помещений помимо температуры и влажности воздуха также нормируется концентрация в воздухе вредных газов, а в птичниках еще и запыленность.

Комплексом метеорологических параметров нормируется состояние воздушной среды и для культивационных сооружений, межхозяйственных предприятий, объектов общепроизводственного назначения и коммунально-бытового сектора.

В зависимости от функциональных особенностей помещения в нем возникают возмущения параметров воздушной среды, которые требуют компенсации рациональными средствами до уровня нормируемых значений. В силу этого, в самом общем виде на рисунке 1 показана схема взаимосвязи возмущающих факторов и систем их компенсации.

Все возмущения подразделяются на внутренние и внешние. Внутренние определяются жизнедеятельностью людей, животных, птицы, растений и технологическими процессами и являются известными, но часто неуправляемыми.

Внешние возмущения проявляются только через ограждающие конструкции и зависят от конструктивно-планировочных решений помещения.

Внутренние и внешние возмущения являются нагрузкой по отношению к системам компенсации. Более подробную информацию о системах компенсации можно найти в [11]. Из рисунка 1 видно, что для каждого конкретного случая теоретически должна существовать определенная комбинация систем, которой будет соответствовать экстремальное значение критерия оптимизации.

Системы компенсации тесно взаимодействуют с внешними системами тепло-, холодо-, водо- и электроснабжения, которые с целью установления их логических границ разделены на внутриобъектные и внеобъектные. Следует подчеркнуть, что системы поддержания нормируемых параметров воздуха в помещении при проектировании *определяются в процессе оптимизации, а не назначаются*. В общем случае это может быть комбинация нескольких систем, например традиционной топливной и электрической.

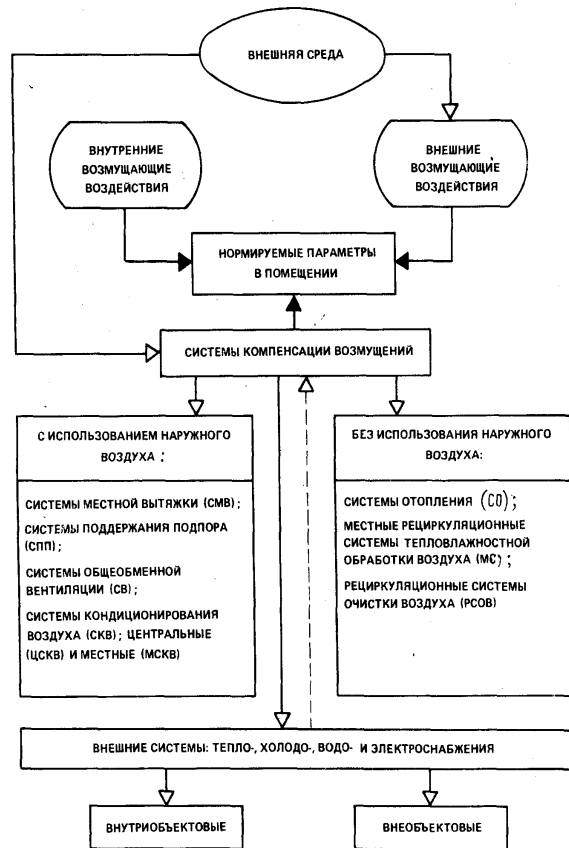


Рисунок 1 – Иерархическая структура систем компенсации возмущений параметров воздушной среды в помещении [11].

Для принятия решений по системам необходимо иметь комплекс исходных данных определенного состава. Общая иерархическая структура исходных данных, являющаяся результатом обобщения исследований в области систем создания нормируемых параметров воздуха, показана на рисунке 2. Для создания системы из всей совокупности исходных данных требуется выделить наиболее важные и представить их в виде расчетной информации.

Наиболее важными являются информация о наружном климате, о метеопараметрах в помещении, о тепловыделениях в помещении, о расходе приточного и наружного воздуха.

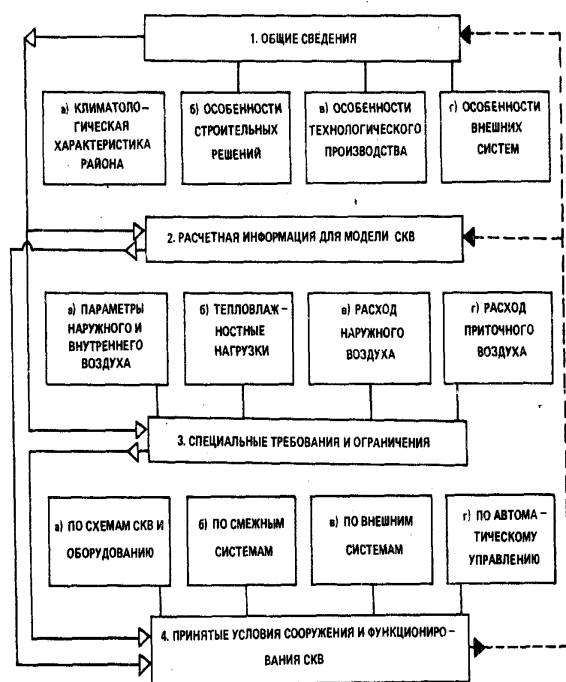


Рисунок 2 – Иерархическая структура исходных условий для постановки оптимизационной задачи [11].

Обобщением расчетной информации о наиболее существенных факторах в виде исходных схем являются построения на i-d-диаграмме. Общий вид исходной схемы представляет собой конкретное расположение на диаграмме управляющих переменных: точек, линий или многоугольников и позволяет выявить требуемые процессы обработки воздуха.

Систематизация сведений об исходных схемах позволяет, в свою очередь, выделить классы нагрузок по таким признакам, которые существенно влияют на технологические схемы систем и выбор режимов их функционирования, т.е. класс нагрузки определяется положением управляющих точек на диаграмме.

Положение управляющих точек определяется изменением внешних и внутренних возмущений, поскольку они влияют на расходы тепла, воды и воздуха. Поэтому для выяснения самых общих особенностей функционирования систем требуется анализ режимов при данных параметрах наружного воздуха и различных классах тепловлажностной нагрузки, что будет способствовать выявлению характерных режимов

работы. Установлено [9], что для зоны Сибири при температурах наружного воздуха ниже 0 °С основным содержанием режима работы системы микроклимата животноводческих помещений является регулируемый подогрев воздуха и регулирование воздухообмена.

Системный подход требует не только обоснованного выделения СО в иерархической структуре ее существования, но и декомпозиции ее на подсистемы.

Основной является подсистема нагрева воздуха, в состав которой в общем случае входят технические средства нагрева воздуха, насосы, трубопроводы и другие устройства, обеспечивающие транспортировку теплоносителя (вода, пар, воздух) от теплогенерирующего или теплообменного оборудования до места присоединения к сетям систем теплоснабжения.

Существенный недостаток широко распространенных топливных котельных - недостаточная гибкость, следствием чего является невозможность точно обеспечивать заданный технологический режим, "перетопы" и "недотопы", перерасход энергоматериальных ресурсов.

Альтернативой является природный газ (если есть магистральный газопровод) и такой гибкий энергоноситель, как электрическая энергия.

В качестве подсистемы необходимо рассматривать и системы автоматического управления, оптимальное решение которых возможно только в процессе оптимизации СО в целом. Это требование является следствием того, что обеспечить взаимосвязанные процессы, изменения термодинамических и расходных параметров без использования САУ практически невозможно.

Требования к технологическим решениям САУ формируются на основе анализа расчетных схем термодинамической модели и характеристик оборудования.

Моделирование. При проектировании СО необходим учет сведений о количественных и качественных закономерностях функционирования системы в целом и отдельных ее элементов в зависимости от характера изменения многочисленных факторов.

Отличительной особенностью модели является то, что она может подвергаться таким преобразованиям в нужном направлении, которые невозможны при непосредственном исследовании оригинала.

При моделировании важно, чтобы ясные в своей основе идеи не затенялись загромождающими подробностями.

Модели могут быть идеальные и многофакторные.

Идеальная модель позволяет выявить те закономерности, которые исходят из принципиальных свойств функционирования системы, без многочисленных внешних шумов. В многофакторной – учитываются также изменения функционирования, которые связаны с любым фактором, отображающим как варьирование исходных условий, так и свойств любого элемента и принятых ограничений.

Идеальная модель отображает допустимое состояние системы, удовлетворяющее тем условиям-ограничениям, которые в основном касаются лишь процессов обработки воздуха. Многофакторная модель учитывает все допустимые решения системы, которые удовлетворяют заданным ограничениям.

Модель может быть детерминированной по условиям взаимосвязи входов и выходов для самой системы. Но условия на входе в систему так же, как и факторы, возмущающие ее поведение, в большинстве случаев в рамках рассматриваемой проблемы должны отражать вероятностный характер. Влияние стохастического характера исходной информации на конечный результат может учитываться для детерминированной модели путем использования понятия зоны неопределенности оптимального решения, оценки критичности полученного результата при изменении данного фактора в пределах его вероятностных значений.

Традиционным для анализа процессов обработки воздуха и выявления оптимальных режимов является использование i-d-диаграмм. Эта модель называется термодинамической, поскольку в ней в качестве определяющих факторов используются термодинамические параметры внутреннего и наружного воздуха. Основой термодинамической модели является ее расчетная схема, построенная в свою очередь на базе исходной. Обоснованное построение на i-d-диаграмме отдельных процессов лежит в основе эффективных мер по экономии энергетических ресурсов.

Критерии. Принципиальной особенностью термодинамической модели является то, что для оценки СО используется комплекс технико-экономических показателей, в котором приоритетная роль принадлежит техно-

логическим параметрам, которые полностью отражают особенности функционирования системы. Однако технологическими параметрами не исчерпывается состав комплекса технико-экономических критериев.

Для оптимизации систем поддержания нормируемых параметров воздуха в помещениях предложено использовать четыре группы показателей: функционально технологические, конструктивно-компоновочные, эксплуатационно-энергетические, экономические, общая иерархическая структура обмена информацией между которыми показана на рисунке 3.

Функциональные показатели характеризуют степень выполнения системой заданных функций, т.е. степень обеспечения нормируемых параметров воздушной среды. Без количественной оценки заданной обеспеченности требуемых параметров все другие показатели не имеют смысла.

Технологические показатели представляют собой значения потребляемой теплоты, воздуха, воды, которые необходимы в системе для выполнения заданных функций и адекватны технологическим параметрам.

Функциональные и технологические показатели взаимосвязаны.

Конструктивно-компоновочные показатели включают расход металла, занимаемые площади и другие виды материальных затрат.

Эксплуатационно-энергетические показатели включают энергетическую оценку системы, условия эксплуатации, ремонтпригодность, сведения о расходе оплачиваемой теплоты: электроэнергии и топлива. Показатели этой группы могут быть выражены через коэффициент использования топлива КПИ.

Экономические показатели выражают показатели трех предыдущих групп в денежном исчислении.

Состав экономических показателей может меняться во времени.

В условиях рынка приведенные затраты утратили свою критичность, а исчерпывающим критерием, обеспечивающим системную оценку полезности разрабатываемой для сельского хозяйства техники, предлагается [6,7] считать рентабельность производства.

Технологические показатели систем не адекватны потреблению тепловой и электрической энергии и никак не выражают материальные затраты, но они являются исходными для всех других показателей.

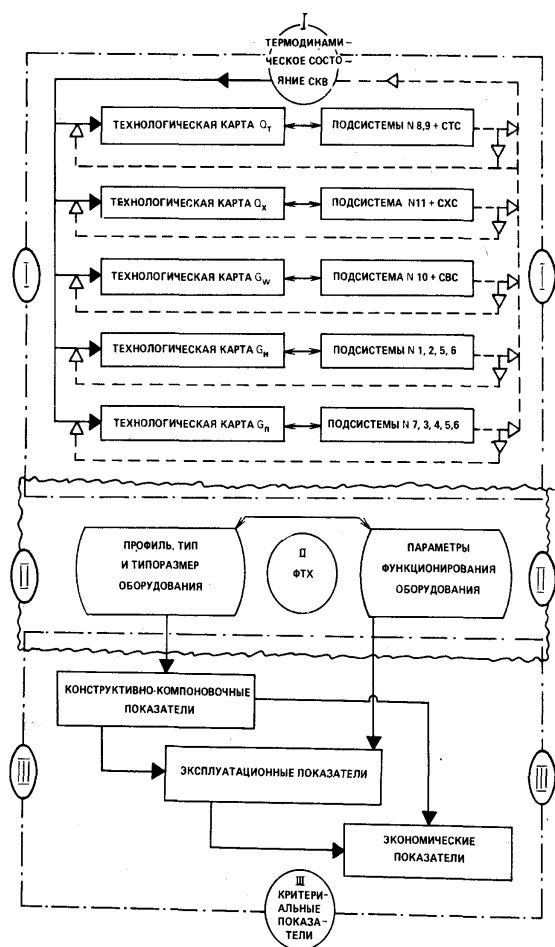


Рисунок 3 – Иерархическая структура обмена информацией между показателями отдельных подсистем и систем в целом: I-I контур технологических параметров подсистем; II-II- контур функционально-технических характеристик элементов подсистем; III-III — контур критериальных показателей СО [11].

Связь между технологическими показателями с конструктивно-компоновочными, эксплуатационными и экономическими показателями проявляется через функционально-технические характеристики (ФТХ) подсистем. ФТХ содержат две группы сведений. Первая содержит сведения о типе и типоразмере оборудования подсистем и в результате позволяет рассчитать конструктивно-компоновочные показатели и капитальные затраты на подсистему. Наличие рабочих параметров функционирования оборудования дает возможность вычисления эксплуатационных показателей и переменной составляющей эксплуатационных затрат.

Вторую группу сведений о ФТХ составляют термодинамические параметры взаимодействующих сред и расходные параметры, например, расходы теплоносителя и воздуха. При этом не учитываются факторы, связанные с характеристиками оборудования, поскольку они могут быть пока неизвестны.

Обе группы упомянутых сведений взаимосвязаны и оказывают влияние друг на друга.

Таким образом, основными критериями являются функционально-технологические показатели, характеризующие степень выполнения системой заданных функций по поддержанию нормируемых параметров воздушной среды, и экономические, приобретающие в условиях рынка первостепенное значение, один из которых можно выбрать в качестве доминирующего, а другой считать ограничением.

Алгоритм поиска оптимального решения СО. Математическая формулировка задачи оптимизации СО может выглядеть так: найти максимум экономической эффективности (рентабельности) при условии, что уровень технической эффективности системы, выраженный в ее способности поддерживать нормируемые параметры воздуха в помещении, не будет ниже заданного.

С учетом принятых мотивов оптимизации рассматриваются возможные альтернативные варианты решения СО, которые могут обеспечить требуемые параметры воздушной среды в помещении. Схема алгоритма поиска оптимального решения СО представлена на рисунке 4 и содержит 10 групп операций, результатом которых является принятие решения.

Далее следует детально рассмотреть подсистемы с целью нахождения таких вариантов их решения при которых критериальные показатели обеспечивают экстремальные значения их суммы для системы в целом.

Выбор решений подсистем и их оценка должны осуществляться в соответствии со следующими положениями: каждая подсистема может рассчитываться самостоятельно, но с учетом обратных связей с другими подсистемами; влияние функционально-технологических характеристик подсистемы на технико-экономические показатели других подсистем проявляются через воздействие этой подсистемы на диаграммы функционирования других систем; при вычислении показателей СО суммируются автономные показатели, полностью определяющие вклад рас-

смаатриваемой подсистемы в одноименные показатели системы в целом.

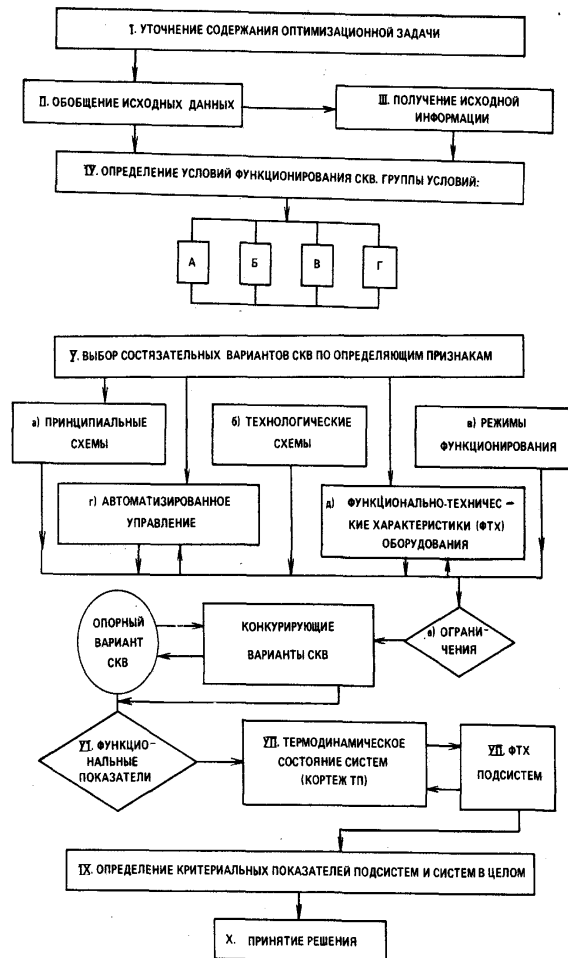


Рисунок 4 – Структура алгоритма поиска оптимального решения СО [11].

Структура алгоритма поиска наилучшего решения подсистемы показана на рисунке 5.

Таким образом в рамках общей теории систем сформулированы и кратко рассмотрены основные этапы построения рациональных систем отопления для животноводческих помещений:

- выявлены отрасли сельскохозяйственного производства для приоритетного внедрения новой техники;
- сформулированы основные положения системного анализа больших систем;

- определены цели, для которых создается СО, рассмотрены альтернативы, изучены условия предполагаемого функционирования системы, установлены ограничения;

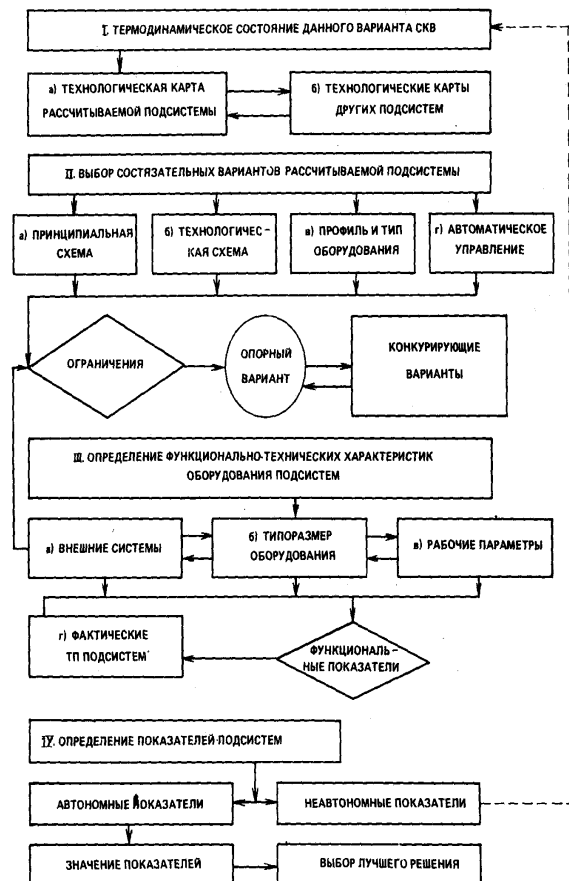


Рисунок 5 – Структура алгоритма, поиска решения подсистем для оптимальных СО [11].

- разработана структурная схема системы, определен состав ее подсистем, необходимых для ее построения;

- определены общесистемные показатели функционирования системы отопления, ее параметры и характеристики;

- сформулированы принципы и алгоритм оптимизации СО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расстригин В.Н. Система технических средств применения электрической энергии в тепловых процессах сельскохозяйственного производства / Автореф. на соиск. уч. ст. д.т.н. – Челябинск, 1989. – 45 с.
2. Баранов Л.А. Комплекс технических средств для электротеплоснабжения сельскохозяйственного производства (на примере Казахстана) / Автореф. на соиск. уч. ст. д.т.н. – Челябинск, 1993. – 77 с.
3. Милова Р.В., Диаковская Н.Г., Бык Ф.Л. Оценка эффективности электротеплоснабжения отдельных сельскохозяйственных объектов и способов их ранжировки // Электрификация сельскохозяйственного производства: Сб. науч. тр. – Новосибирск, СО ВАСХНИЛ, 1983. – С. 6-10.
4. Коршунов А.П. Методика обоснования прикладных научных разработок в области сельской электрификации // Техника в сельском хозяйстве. – 1994. – №2.
5. Коршунов А.П. Особенности оценки эффективности сельской электрификации // Техника в сельском хозяйстве. – 1986. – №5.
6. Коршунов А.П. Методические основы определения приоритетности разработки новой техники // Техника в сельском хозяйстве. – 1996. – №4.
7. Коршунов А.П. Системный подход к оценке эффективности электромеханизации сельского хозяйства // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – №3.
8. Смиршевский А.Б., Гельфенбейн А.П. Технологические основы автоматизации сельскохозяйственного производства. – М.: Колос, 1966. – 448 с.
9. Электрификация сельского хозяйства Сибири и Дальнего Востока: Методич. рекомендации. – Новосибирск, СО ВАСХНИЛ, СибИМЭ, 1979. – 120 с.
10. Кива А.А., Рабштына В.М., Сотников В.И., Станчевский В.К. Резервы экономии энергоресурсов в животноводстве // Обзор.информ. – М.: Госагропром СССР, ВАСХНИЛ, ВНИИТЭСХ, 1988. – 48 с.
11. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1990. – 300 с.