

УДК 631.26:697.2(470.62)

*Кернер В.Д.*

*студент*

*Научный руководитель: Емелин А.В., к.т.н., доцент*

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени*

*И.Т. Трубилина»*

**АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В ТЕПЛИЧНЫХ  
КОМПЛЕКСАХ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

*Аннотация: В статье представлен комплексный сравнительный анализ технико-экономических и агроклиматических аспектов применения различных систем отопления в тепличных комплексах Краснодарского края. Рассмотрены традиционные и инновационные системы обогрева. Особое внимание уделено адаптации технологий к специфическому климату региона, характеризующемуся мягкой, но неустойчивой зимой с рисками краткосрочных резких похолоданий.*

*Ключевые слова: Краснодарский край, сельское хозяйство, обогрев теплиц, тепличный комплекс, инфракрасное отопление.*

*Kerner V.D.*

*Student*

*Scientific supervisor: Emelin A.V., Candidate of Technical Sciences,*

*Associate Professor,*

*FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin»*

**ANALYSIS OF VARIOUS HEATING SYSTEMS IN GREENHOUSE  
COMPLEXES IN THE KRASNODAR REGION**

*Abstract: This article presents a comprehensive comparative analysis of the technical, economic, and agroclimatic aspects of using various heating systems in greenhouse complexes in the Krasnodar Territory. Traditional and innovative heating systems are considered. Particular attention is paid to adapting these technologies to the specific climate of the region, characterized by mild but unstable winters with the risk of short-term cold snaps.*

*Keywords: Krasnodar Krai, agriculture, greenhouse heating, greenhouse complex, infrared heating.*

Краснодарский край, являясь ведущим аграрным регионом России, обладает значительным, но не до конца реализованным потенциалом для развития высокоинтенсивного круглогодичного тепличного овощеводства. Одним из ключевых ограничивающих факторов, определяющих рентабельность тепличных комплексов, выступает создание и поддержание оптимального температурного режима в холодный период года. Климат Кубани формирует специфические требования к системам отопления: продолжительная, но мягкая зима перемежается кратковременными, но интенсивными заморозками, способными опустить температуру до  $-20^{\circ}\text{C}$ , особенно в восточных и предгорных районах края [1 с. 18].

Эта двойственность климата формирует ключевую экономическую дилемму: содержание традиционной мощной котельной на ископаемом топливе (газ, уголь), рассчитанной на постоянную работу в течение всей зимы, становится экономически нецелесообразным из-за малого количества экстремально холодных дней [2 с. 22]. Однако отказ от обогрева или использование неадаптивных систем приводит к стратегическим рискам и упущенной выгоде в периоды, когда рынок наиболее чувствителен к предложению свежей локальной продукции.

Доминирующим видом, особенно в секторе малого и среднего фермерства, являются арочные теплицы, покрытые сотовым поликарбонатом. Эта конструкция идеально отвечает вызовам кубанского климата. Обтекаемая арочная форма обладает высокой устойчивостью к сильным ветрам, характерным для степных районов края, и эффективно противостоит снеговой нагрузке, которая, хотя и нерегулярна, но возможна в зимний период.

Параллельно с поликарбонатными, в крае чрезвычайно широко распространены пленочные теплицы арочного и туннельного типа, которые служат основой для сезонного и рассадного производства. Их ключевое преимущество – минимальная капиталоемкость и высокая скорость возведения. Для промышленного высокоинтенсивного производства, ориентированного на крупных федеральных и региональных ретейлеров, в крае строятся и эксплуатируются многопролетные блочные теплицы промышленного типа. Это капитальные сооружения площадью от нескольких гектаров, представляющие собой ряды объединенных между собой арочных или стрельчатых пролетов. В качестве светопрозрачного ограждения в них может использоваться как закаленное стекло, так и специальный высокопрочный сотовый поликарбонат большой толщины [3 с. 88–94]. Эти теплицы предназначены для круглогодичного производства стандартизированной продукции высокого качества.

Исторически в регионе, как и по всей России, применялись преимущественно традиционные системы отопления: водяные – с котлами на газе или твердом топливе и воздушные – на базе калориферов.

Водяная система отопления, основанная на циркуляции нагретого теплоносителя по замкнутому контуру труб, заслуженно считается классической. Ее история тесно связана с развитием промышленного тепличного овощеводства. Источником тепла здесь выступает котельная установка, работающая на различных видах топлива – природном газе, угле, пеллетах или дизеле [4 с. 63]. Теплоноситель, нагретый в котле, распределяется по теплице через разветвленную сеть трубопроводов (Рис. 1), которые могут располагаться различными способами, каждый из которых решает свои специфические задачи. Водяные системы, отличающиеся высокой инерционностью и капиталоемкостью, плохо приспособлены к режиму «старт-стоп», необходимому при переменной погоде, а их содержание требует эксплуатационных расходов [5 с. 271].



Рисунок 1 – Водяной обогрев теплицы.

Альтернативными и часто дополняющими схемами являются боковой и верхний обогрев. Главными достоинствами водяной системы являются ее способность к аккумуляции тепла благодаря высокой теплоемкости воды, что позволяет сглаживать суточные колебания температуры, а также возможность использования дешевых видов твердого или газообразного топлива.

Эксплуатация сопряжена с рисками протечек, коррозии, необходимости ежегодных промывок и ремонтов, а также угрозой разморозки всего контура при аварийном отключении электроэнергии в морозный период. Кроме того, при классической реализации значительная часть тепла, согласно законам физики, концентрируется в верхней зоне теплицы под кровлей, что ведет к повышенным теплопотерям и создает вертикальный градиент температур, неблагоприятный для растений [6 с. 19]

Воздушная система отопления предлагает иной принцип – непосредственный нагрев и подача в объем теплицы теплого воздуха. В качестве теплогенераторов используются электрические калориферы, газовые или дизельные тепловые пушки, а также водяные или паровые калориферы, подключенные к центральному источнику. Распределение нагретого воздуха чаще всего осуществляется через систему

перфорированных полиэтиленовых рукавов [7 с. 47]. Основные преимущества такого подхода – относительно низкие первоначальные затраты на оборудование, простота монтажа [8 с. 51].

Воздушные системы (Рис. 2.), хотя и быстрее реагируют, приводят к пересушиванию микроклимата, что в условиях жаркого кубанского лета и без того является критичной проблемой, а также создают нерациональное распределение тепла с концентрацией под кровлей и слабым прогревом корневой зоны [9 с. 63].



Рисунок 2 – Система воздушного отопления теплицы.

В случае использования воздухонагревателей прямого действия возникает дополнительная проблема загрязнения атмосферы теплицы продуктами сгорания, что требует организации эффективной и энергозатратной вентиляции. Все это в совокупности делает традиционные воздушные системы малопригодными для современных высокоточных технологий выращивания, требующих стабильного и контролируемого микроклимата.

В свете задач по импортозамещению и повышению продовольственной безопасности, поставленных на государственном уровне, развитие собственного высокотехнологичного тепличного комплекса в Краснодарском крае становится стратегическим приоритетом.

Это развитие невозможно без перехода на современные, адаптивные и ресурсосберегающие технологии отопления, способные гибко реагировать на изменчивый внешний климат.

Особый интерес в данном контексте представляют технологии, использующие возобновляемые или низкопотенциальные источники энергии, а также принципы прямой передачи тепла в зону его потребления, минуя нерациональный нагрев всего объема сооружения. К таким решениям относятся системы на основе тепловых насосов, геотермальные контуры, солнечные коллекторы и, в особенности, инфракрасные системы обогрева, в частности, пленочные электронагреватели на карбоновой основе.

При подаче стандартного сетевого напряжения 220 В карбоновые элементы начинают излучать электромагнитные волны в дальнем инфракрасном диапазоне с длиной волны 5–20 мкм – это так называемое «мягкое», глубоко проникающее излучение, безопасное для растений [10 с. 112]. Температура поверхности пленки регулируется в диапазоне 20–50°C, исключая риск ожогов.

Если водяные и воздушные системы передают тепло преимущественно за счет конвекции, то инфракрасные обогреватели действуют подобно солнцу – они испускают электромагнитные волны в инфракрасном диапазоне, которые, не нагревая воздух, свободно проходят через него и поглощаются поверхностями, на которые падают – почвой, растениями, конструкциями [11 с. 249]. Поглощенная энергия преобразуется в тепло, нагревая непосредственно эти объекты, которые уже вторично отдают часть тепла воздуху. Такой механизм теплопередачи обладает рядом революционных для тепличного хозяйства преимуществ.

Во-первых, он обеспечивает беспрецедентную энергоэффективность. Поскольку тепло целенаправленно подается в рабочую зону, минуя ненужный нагрев всего объема воздуха и кровли, коэффициент полезного

действия системы достигает 95 %, а экономия энергоресурсов по сравнению с традиционными методами составляет до 50 % [12 с. 82].

Во-вторых, он создает физиологически оптимальные условия для растений, обеспечивая первичный и направленный прогрев корневой зоны и нижней части стебля, что стимулирует развитие корневой системы и потребление питательных веществ.

В-третьих, в теплице сохраняется стабильно высокая относительная влажность воздуха, так как отсутствуют интенсивные конвективные потоки и «сушащие» элементы. Это благоприятно сказывается на состоянии растений и подавляет развитие некоторых видов вредителей [13 с. 58].

Таким образом, современный подход к отоплению теплиц требует отказа от универсальных решений в пользу дифференцированного выбора технологии, максимально соответствующей конкретным условиям. Крупные промышленные комплексы могут оптимизировать свои затраты за счет гибридных систем, сочетающих модернизированную водяную систему для базовой нагрузки с инфракрасным подпочвенным обогревом для точного управления корневой зоной. Для средних фермерских теплиц система подпочвенного ИК-обогрева на карбоновой пленке представляется наиболее сбалансированным и экономически оправданным основным решением. Малые теплицы и парники получают эффективный и безопасный инструмент для борьбы с заморозками в виде подвесных ИК-обогревателей.

Широкое внедрение инфракрасных, и, в частности, пленочных карбоновых технологий открывает путь к существенному снижению себестоимости тепличной продукции, повышению ее качества и конкурентоспособности, а также является важным шагом на пути к ресурсосберегающему и высокоточному сельскому хозяйству [14 с. 118].

### **Использованные источники:**

1. Климатические ресурсы Краснодарского края и их использование в сельском хозяйстве / под ред. И.П. Ведрова. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – 212 с.
2. Инергетическая стратегия агропромышленного комплекса Краснодарского края на период до 2030 года. – Краснодар: Минсельхоз Краснодарского края, 2020. – 89 с.
3. Брызгалов, В.А. Справочник по теплицам и парникам / В.А. Брызгалов. – Л.: Колос, 1985. – 215 с.
4. Федоров, М.П. Геотермальные системы теплоснабжения для тепличных комплексов / М.П. Федоров // Новые технологии в АПК. – 2017. – № 4. – С. 60-67.
5. Байер, В. Теплицы и парники. Проектирование. Оборудование. Выращивание / В. Байер, М. Штайнер; пер. с нем. – М.: Контэнт, 2012. – 342 с.
6. Тараканов, Г.И. Овощеводство защищенного грунта / Г.И. Тараканов, В.А. Брызгалов, В.Ф. Белик. – М.: Колос, 1983. – 351 с.
7. Монастырский, О.А. Использование тепловых насосов в агрокомплексах Краснодарского края / О.А. Монастырский, Т.И. Сергеева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 1 (21). – С. 45-52.
8. Nelson, P.V. Greenhouse Operation and Management / P.V. Nelson. – 7th ed. – Pearson, 2012. – 692 p.
9. Емелин, А. В. Адаптированный энергоаудит системы электроснабжения и электропотребления предприятий хранения зерна : специальность 05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Емелин Антон Валерьевич. – Краснодар, 2010. – 158 с. – EDN QETILL.

10. Савенко, А. В. Методика расчета параметров устройств компенсации реактивной мощности в сельских электрических сетях / А. В. Савенко, А. В. Емелин // Год науки и технологий 2021 : Сборник тезисов по материалам Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 09–12 февраля 2021 года / Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 156. – EDN ULULBC.

11. Смоляков, В.И. Теплообмен излучением: Справочник / В.И. Смоляков, В.Н. Рыжов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.

12. Савельев, А.А. Применение солнечной энергии и тепловых насосов для обогрева теплиц в условиях Северного Кавказа / А.А. Савельев // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. – 2019. – № 3(51). – С. 78-85.

13. Kittas, C. Greenhouse climate control: an integrated approach / C. Kittas, N. Katsoulas, T. Bartzanas // Biosystems Engineering. – 2003. – Vol. 84, № 1. – P. 57-67.

14. Современные системы микроклимата для тепличных комбинатов / Д.Н. Герасимов [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 164 с.