**Панченко Сергей Викторович**
Кандидат технических наук,
преподаватель Донского технико-технологического колледжа г. Зерноград, Россия
panchenkosergey@mail.ru

**Рукин Вячеслав Александрович**
Студент магистратуры Азово-Черноморского инженерного института –
филиала ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград, Россия
rukin_va@magnit.ru

**Демченко Мария Станиславовна**
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетики и теплоэнергетика»
Азово-Черноморского инженерного института –
филиала ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград, Россия
24Marija04@mail.ru

## Оптимизация энергозатрат в теплицах на примере ООО «Тепличный комплекс “Зеленая линия”»

**Аннотация.** Современные теплицы сталкиваются с высокими энергозатратами, особенно на отопление и досветку растений. ООО «Тепличный комплекс «Зеленая линия» успешно применяет энергосберегающие технологии, включая автоматизацию теплозащитных экранов и систем досветки. Эти меры позволили сократить расходы на энергию и улучшить микроклимат в теплицах. Рассматриваются технические характеристики используемых экранов и методы управления ими для достижения экономии потребляемой энергии.
**Ключевые слова:** энергосбережение, тепличные комплексы, отопление, досветка растений, энергоэффективность.

**Panchenko Sergey V.**
**Rukin Vyacheslav A.**
**Demchenko Maria S.**

## Optimization of energy consumption in greenhouses by example Greenhouse complex "Green Line" LLC

**Abstract.** Modern greenhouses face high energy costs, especially for heating and additional lighting of plants. Greenhouse complex "Green Line" LLC successfully applies energy-saving technologies, including automation of heat shields and lighting systems. These measures have made it possible to reduce energy costs and improve the microclimate in greenhouses. The technical characteristics of the screens used and their control methods for achieving energy savings are considered.
**Key words:** energy saving, greenhouse complexes, heating, additional illumination of plants, energy efficiency.

Современное сельское хозяйство сталкивается с необходимостью повышения эффективности производства при одновременном снижении затрат на энергоресурсы. Тепличные комплексы, как один из наиболее энергоемких сегментов агропромышленного комплекса, требуют особого внимания к вопросам энергосбережения. Основные затраты энергии в теплицах приходятся на отопление и досветку растений, что делает актуальным поиск решений для оптимизации этих процессов [1].

В данной статье рассматривается опыт ООО «Тепличный комплекс «Зеленая линия», расположенном в Тихорецком районе Краснодарского края по снижению затрат на отопление и электроэнергию за счет рационального управления теплозащитными

экранами и системами досветки. Цель исследования заключается в разработке и внедрении энергосберегающих мероприятий, направленных на снижение затрат на отопление при выращивании растений.

Энергосбережение в тепличных комплексах является одной из ключевых задач для повышения экономической эффективности производства. Теплицы потребляют значительное количество энергии для поддержания оптимального микроклимата, включая отопление, освещение и вентиляцию. В условиях роста тарифов на электроэнергию и газ, особенно в часы пиковой нагрузки, необходимо внедрять энергосберегающие технологии.

Одним из таких решений является оптимизация работы теплозащитных экранов и систем досветки.

Теплозащитные экраны позволяют снизить теплопотери в ночное время, а рациональное использование досветки позволяет минимизировать затраты на электроэнергию. Совмещение графиков работы этих систем может значительно повысить энергоэффективность тепличного комплекса.

ООО «Тепличный комплекс «Зеленая линия» – это современное предприятие, специализирующееся на выращивании овощных и декоративных культур. Комплекс оснащен передовыми технологиями, включая автоматизированные системы управления микроклиматом, отоплением и освещением.

Отопление в теплице осуществляется от собственной газовой котельной, которая также поставляет углекислый газ для улучшения фотосинтеза. В зимний период для досветки растений используются натриевые лампы мощностью 1000 Вт, работающие в двух режимах: на 50 % и на 100 % мощности.

Теплозащитные экраны играют важную роль в энергосбережении тепличного комплекса. Основной целью использования экранов является регулирование внутренней тепловой энергии, освещенности и влажности в теплице [2]. Например, в холодное время года экраны помогают удерживать теплоту внутри теплицы, что позволяет снизить потребление энергии на отопление. В жаркое время года экраны могут затемнять теплицу, уменьшая прямое солнечное излучение и снижая температуру внутри.

Кроме того, экраны также могут помогать в контроле влажности и обеспечении оптимального уровня освещенности внутри теплицы. Полный контроль этих параметров позволяет создать оптимальные условия для роста и развития растений, а также снижает риск заболеваний и повреждений культур.

На предприятие используются энергосберегающие экраны LUXOUS 1547 D F. Эти экраны не только сохраняют теплоту, но и равномерно распределяют световые лучи. Благодаря этому свет проникает к растениям под различными углами, защищая верхушки от перегрева и обеспечивая освещение нижних ярусов. Поддержание стабильной температуры внутри теплицы помогает предотвратить образование конденсата на растениях и снижает вероятность возникновения грибковых инфекций [3]. Экраны производятся из огнеупорных материалов, что повышает пожаробезопасность объекта. Технические параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические параметры энергосберегающего экрана LUXOUS 1547 D F

| Назначение | | энергосбережение, светорассеивание |
|---|---|---|
| Уровень затенения при рассеянном свете | Протокол NEN 2675:2018 | 30 % |
| | По шару Ульбрихта | 24 % |
| Уровень затенения при прямом свете | Протокол NEN 2675:2018 | 19 % |
| | По шару Ульбрихта | 15 % |
| Пропускание УФ лучей | По шару Ульбрихта | 17 % |
| Энергосбережение | По методу Svensson | 47 % |
| Материал | | Полиэстер 100 % |
| Ширина полосок | | 4 мм |
| Вес | | 51 г/м$^2$ |

Уровень затенения – это показатель, который используется для оценки степени поглощения света тканью или материалом, который измеряется по разным стандартам. По протоколу NEN 2675:2018 уровень затенения измеряется как способность ткани блокировать прохождение света через неё. Чем выше значение уровня затенения, тем меньше свет проходит сквозь ткань, что делает её более непрозрачной.

Шар Ульбрихта – это инструмент, используемый для измерения оптических свойств материалов, особенно отражательной способности поверхностей [4]. Однако, в контексте измерения уровня затенения, этот метод чаще всего применяется для оценки прозрачности или мутности жидкостей. Для тканей такой подход может использоваться реже, поскольку шар Ульбрихта больше подходит для измерений прозрачных сред.

Метод Svensson также известен как метод двойного интегрального шара. Этот метод предназначен для измерения коэффициента пропускания света тканями или материалами. В отличие от шара Ульбрихта, который фокусируется на отражательных свойствах, метод Svensson оценивает, сколько света проходит через материал, что позволяет определить его прозрачность или степень затенения.

Таким образом, уровень затенения в каждом из перечисленных подходов определяется по-разному, но общая цель всех этих методов – оценка способности материала блокировать или пропускать свет.

На предприятии положение экранов регулируется в зависимости от температуры и влажности внутри помещения, а также от внешних погодных условий. В зимний период экраны закрываются для сохранения теплоты внутри теплицы. Это позволяет снизить нагрузку на систему отопления и уменьшить расход газа. В летний период экраны используются для защиты растений от перегрева. Они закрываются в дневное время, чтобы уменьшить поступление солнечных лучей, и открываются ночью для охлаждения. Управление экранами автоматизировано и синхронизировано с системой отопления. Это позволяет минимизировать теплопотери и поддерживать оптимальный микроклимат для растений.

Досветка растений является важным элементом выращивания культур в условиях недостаточной естественной освещенности. Известно, что для светолюбивых культур (огурец, томат) обильное досвечивание позволяет повысить урожай в 1,7–2,2 раза, например, для огурца с 40 кг/м$^2$ до 85 кг/м$^2$ [5]. В ООО «Тепличный комплекс «Зеленая линия» используется двухрежимная система досветки, которая позволяет гибко управлять освещением в зависимости от потребностей растений. При недостаточной освещенности досветка работает на 100 %-й мощности, при умеренной потребности в освещении она работает на 50 % своей мощности.

В зимний период досветка включается с 23:00 до 16:30. Это позволяет избежать пиковых тарифов на электроэнергию (с 17:00 до 22:00). В летний период (с 1 июня по 30 августа) досветка не используется, что значительно снижает энергопотребление.

При применении досветки растений в тепличных блоках следует учитывать необходимость обеспечения периода темноты («отдыха») [6]. Данный этап является важным компонентом физиологического цикла развития тепличных культур ввиду ряда факторов, обусловленных их биологической спецификой и необходимостью оптимизации технологических процессов культивирования. В природных экосистемах такие циклы регулируются естественным чередованием светлого и темного периодов суток (фотопериодом). В условиях теплицы, где режим освещения контролируется искусственными средствами, важно воссоздавать аналогичные природные ритмы. Периоды отсутствия освещения способствуют поддержанию правильного фотопериодизма у растений, минимизируют стрессовые воздействия и оптимизируют метаболизм.

На предприятии состояние «отдых» предусмотрено с 17:00 до 23:00. В это время досветка отключается, что позволяет снизить затраты на электроэнергию и обеспечить растениям необходимый период покоя.

Совмещение графиков работы теплозащитных экранов и досветки позволяет значительно снизить затраты на электроэнергию и отопление. Отключение досветки в пиковые часы (тариф на электроэнергию в это время составляет 30 рублей за кВт·ч) и использование ее в ночное время (тариф – 3,6 рубля за кВт·ч) дает значительную экономию. В летний период отказ от досветки позволяет снизить энергопотребление на 20…30 %. Закрытие теплозащитных экранов в ночное время снижает теплопотери на 15…20 %.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что оптимизация работы теплозащитных экранов и систем досветки позволяет значительно снизить энергопотребление в тепличном комплексе. Использование досветки в ночное время и отказ от ее работы в часы пиковой нагрузки обеспечивает экономию на потребляемой электроэнергии. Закрытие теплозащитных экранов в ночное время способствует сохранению теплоты и снижению затрат на отопление.

**Литература и источники**

1. Кафиев И.Р., Нугуманов Р.Р., Габдуллин Т.Р. Математическое моделирование температурного режима в теплице с аккумулированием тепла // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 6(104). – С. 181-186.

2. Ельмурзаев А.А., Джамалуева А.А., Умарова М.Х., Мадаева А.Д., Джунаидов А.Х. Пути повышения энергоэффективности современных тепличных комбинатов Чеченской Республики // Заметки ученого. – 2020. – № 8. – С. 37-43.

3. Никитина С.В. Способы снижения потерь теплоты в оранжереях // Цифровизация: новые тренды и опыт внедрения: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. – Уфа: Омега сайнс, 2024. – С. 35-39.

4. Головкова К.Д., Агапов А.В., Королев Е.Ю. Контроль светового потока тепловых источников света // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 30. – С. 844-849.

5. Царина С.Б., Бакиров С.М., Домнышев С.В. Анализ результатов пусковых испытаний системы облучения растений тепличных хозяйств // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: мат. I национ. науч.-практ. конф. – Саратов: Саратовский гос. ун-т генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 362-367.

6. Ситчихин М.А., Адакин Р.Д., Соцкая И.М. Разработка программы для автоматизированного управления освещением для фермерских теплиц // Актуальные вопросы развития науки и технологий: сб. ст. молодых учёных. – Караваево: КГСХА, 2024. – С. 982-992.