

Светодиоды.

В борьбе за тепличный рынок

➔ Как известно, наибольшую долю всех энергозатрат в теплицах составляют расходы на поддержание микроклимата. Для сокращения таких затрат авторы статьи предлагают альтернативный способ снижения вертикального градиента температуры воздуха в теплице по патенту №2689063 [1] с использованием LED-светильников, выполняющих эту функцию в дополнение к основной функции — боковому облучению сельскохозяйственных растений. Результатом внедрения этой технологии станет весомое повышение экономической целесообразности применения светодиодных светильников в теплицах.



Цель статьи — внести свой вклад в копилку инновационных преимуществ светодиодных светильников в их длительной и трудной борьбе за тепличный рынок.

Наиболее важная составляющая микроклимата — поддержание оптимального температурного режима. И это необходимо в связи с внешней средой, постоянно меняющейся в зависимости от времени суток, периода года, погодных условий и т. п. Кроме того, микроклимат характеризуется совокупностью таких параметров воздуха, как необходимая кратность воздухообмена, влажность и содержание CO₂. Следует особо отметить, что минимизация величины вертикального градиента температуры воздуха в теплице, как части температурного режима, является одной из основных задач любой системы климат-контроля.

Наибольшая доля всех энергозатрат на поддержание микроклимата приходится на обеспечение температурного режима.

Способы и проблемы поддержания микроклимата в теплицах разных поколений — от I до наиболее современных теплиц V поколения — рассматриваются в ряде источников, например в статье [2], и кратко излагаются ниже.

В теплицах III поколения (ангарных) и теплицах IV поколения (блочных) в летний и весенний периоды отсутствуют необходимые ресурсы для снижения температуры, и поэтому для поддержания требуемого микроклимата приходится периодически открывать форточки в кровле, со всеми возникающими при этом негативными последствиями. В районах с высокой температурой в летний период года в таких теплицах производство низкорентабельно, а зачастую и просто невозможно.

Самые современные «полузакрытые» теплицы V поколения с технологиями микроклимата, выполненные по системе Ultra Clima, Modul Air и другим, обеспечивают круглогодичное выращивание сельскохозяйственной продукции. Технология Ultra Clima описана в статье [3].

В теплицах V поколения система поддержания микроклимата имеет в своем составе помещение, которое можно назвать зоной воздухоподготовки. В любой период времени суток и года и в любом режиме работы системы подготовленный в этой зоне воздух подается в подлотковое пространство, то есть в рабочую зону

теплицы с параметрами, необходимыми в конкретный момент времени.

По мнению авторов настоящей статьи, к недостаткам теплицы V поколения с системой Ultra Clima (и ее аналогами), можно отнести:

1. Светильники верхнего облучения с лампами HPS выделяют большое количество тепловой энергии, и зона ее конвекции сосредоточена непосредственно в верхней части растений и над ними. В этой же зоне аккумулируется тепловая энергия других источников тепла. В силу этого недостатка под кровлей теплицы возникает чрезмерно высокая температура воздуха и, как следствие, особенно в зимний период, — большие потери тепла. Для уменьшения этих потерь система климат-контроля снижает вертикальный градиент температуры воздуха в теплице путем его циркуляции, которая, однако, не обеспечивает эффективное по всей площади теплицы вертикальное перемешивание воздуха, что вынуждает компенсировать этот недостаток увеличением интенсивности и продолжительности циркуляции воздуха.
2. Недостаточная равномерность температурного поля как по горизонтали, так и по вертикали теплицы, вследствие того что гидравлическое сопротивление пути циркуляции воздуха зависит от расстояния между любым из участков вертикального пути циркуляции воздуха и «зоной воздухоподготовки». Причем интенсивность вертикального перемещения воздуха (особенно в летний период) уменьшается с ростом этого расстояния. В результате появляются застойные воздушные зоны, где не соблюдается необходимая кратность воздухообмена, а также влажность и содержание CO₂.
3. Требуется вентиляторы большой мощности для перемещения:
 - а) в зимний и в осенне-весенний периоды — больших масс горячего воздуха из верхней зоны теплицы в ее нижнюю зону;
 - б) в летний период — больших масс охлажденного воздуха при их подаче в нижнюю зону теплицы.
4. Необходимо затрачивать много времени на снижение вертикального градиента температуры воздуха из-за недостаточного интенсивного и неравномерного

по площади теплицы вертикального перемещения воздуха. Этот недостаток особенно проявляется в летний период при подаче в нижнюю зону теплицы охлажденного воздуха, который из-за более высокой плотности стелется в ее нижней части.

Результат перечисленных недостатков — большие затраты энергии на обеспечение температурного режима.

В статье [2] дается оценка двух вариантов теплиц:

- «полностью закрытой» теплицы с технологией CODA,
- «полузакрытой» теплицы V поколения с технологией Ultra Clima.

Авторы «полностью закрытой» теплицы, отмечая очевидные преимущества теплиц V поколения в сравнении с блочными теплицами IV поколения, также указывают на недостатки и проблемы, которые не решаются в теплицах V поколения.

Для устранения этих недостатков и проблем оппоненты теплиц V поколения предлагают вариант «полностью закрытой» теплицы по патенту № 2549087 [4]. В качестве базы для модернизации они принимают «ангарную» теплицу III поколения.

Однако предлагаемое ими решение наряду с положительными результатами регулирования микроклимата имеет ряд серьезных недостатков, которые, по видимому, не приведут к использованию данного решения в крупных тепличных комплексах. Скорее всего, областью применения этого решения могут стать средние и крупные фермерские теплицы.

Авторы настоящей статьи предлагают альтернативный способ снижения вертикального градиента температуры воздуха в теплицах V поколения, полностью или частично устраняющий вышеуказанные недостатки аналогов.

Суть предлагаемого решения заключается в том, что вентиляционную установку системы климат-контроля дополняют устройствами вертикальной конвекции воздуха, размещенными по рядам растений равномерно на всей площади теплицы. В качестве такого устройства используют вертикально установленный внутри куста растений LED-светильник бокового облучения по патенту на изобретение № 2699013 [5]. Такая установка бокового облучения, кроме своего основного назначения, выполняет дополнительную функцию — вертикальное перемешивание

воздуха по всей площади теплицы, то есть во всем ее объеме.

Технический результат предлагаемого решения заключается в снижении вертикального градиента температуры воздуха до заданной величины, в период работы облучательной установки, за меньший промежуток времени и без дополнительных затрат электроэнергии.

Результат достигается благодаря тому, что напор для перемещения воздушных масс, создаваемый вентиляторами системы климат-контроля, дополняют напором светильников облучательной установки, обеспечивающим вертикальное перемешивание воздушных масс.

Предлагаемый способ используют в теплицах V поколения с системой Ultra Clima (или ее аналогами), которая в сочетании с предлагаемым решением образует качественно новую «систему климат-контроль +», обладающую более широкими возможностями регулирования температурного режима и положительно влияющую на другие параметры микроклимата, а именно на повышение кратности воздухообмена, равномерность влажности и содержания CO₂ по всей площади теплицы.

За счет более интенсивного вертикального и равномерного по площади теплицы перемешивания воздушных масс это приведет к возможности понижения производительности основной вентиляционной установки, сокращению промежутка времени, необходимого для достижения требуемой величины вертикального градиента температуры воздуха и, значит, к уменьшению суммарных энергозатрат на поддержание микроклимата в теплице в целом.

Второй результат, получаемый при использовании предлагаемого решения, — расширение диапазона температур внешней среды, при котором «система климат-контроль +» способна обеспечить заданные параметры микроклимата.

Третий результат — вследствие значительного увеличения кратности воздухообмена, повышения равномерности влажности и содержания CO₂ для растений будут созданы более комфортные условия, что приведет к снижению их заболеваемости и росту урожайности.

Кроме того, предлагаемое решение можно применять в теплицах III и IV поколений (в средней полосе и более северных широтах РФ) в качестве системы самостоятельного улучшения микроклимата, в первую очередь

обеспечивающей эффективное снижение вертикального градиента температуры воздуха в теплице.

Для бокового облучения внутри куста растений предпочтительна конструкция предлагаемого светильника с поперечным сечением в виде равностороннего треугольника.

Устройство такого светильника поясняется на рис. 1.

Вертикальное размещение светильника обеспечивает наибольшую эффективность конвективного теплообмена корпуса радиатора с окружающим воздухом и создает эффект вертикальной пассивной вентиляции внутри теплицы. Суть эффекта в том, что каждый светильник, отдавая свое тепло окружающему воздуху (как внутри, так и снаружи светильника), создает разрежение воздуха ниже светильника, за счет которого более холодный воздух

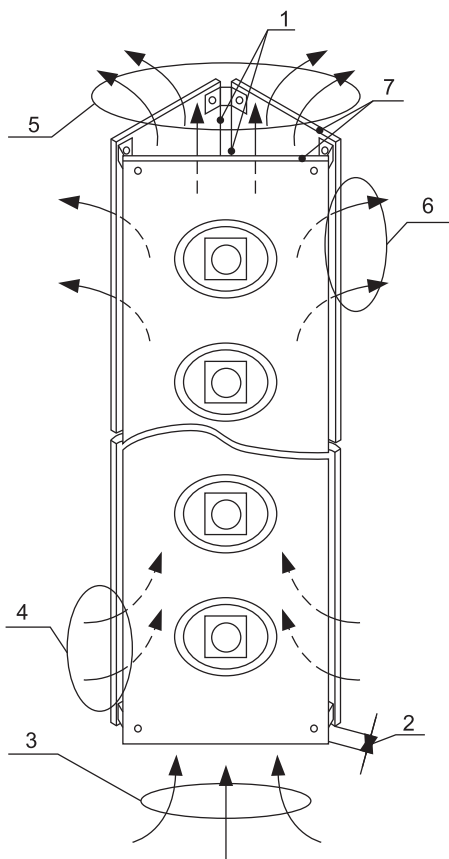


Рис. 1. Конструктивная схема светильника и схема воздушных потоков внутри и снаружи LED-светильника: 1 — продольные края профилей корпуса светильника; 2 — воздушные зазоры; 3 и 4 — входящие холодные воздушные потоки, 5 и 6 — выходящие нагретые воздушные потоки. С более подробным описанием светильника можно ознакомиться в статье [6]

из нижней зоны теплицы перемещается вдоль светильника в ее верхнюю зону. Такая установка вертикальной пассивной вентиляции характеризуется следующим: на 1 га теплицы понадобится порядка 4–6 тыс. светильников, при длине светильника 2,5 м высота зоны его конвекции составит 4–6 м. Вследствие низкой величины гидравлического сопротивления движению воздуха, вокруг каждого светильника в отдельности возникнет второй, малый контур вентиляции, по которому нагретый светильником воздух перемещается до кровли теплицы, затем часть воздуха опускается в ее нижнюю зону, замыкая малый контур. Другая часть нагретого воздуха под кровлей движется по большому контуру вентиляции в сторону основной вентиляционной установки. Перемещение воздуха по малому контуру происходит постоянно, вне зависимости от того, работает или нет основная вентиляционная система. Результатом такой схемы движения воздуха станет интенсивное вертикальное перемешивание воздуха во всем объеме теплицы. При этом исключается возможность возникновения застойных явлений воздуха и, значит, большая равномерность влажности и содержания CO₂ по всей теплице. Таким образом, в сравнении с системой Ultra Clima «система климат-контроль +» осуществляется снижение вертикального градиента температуры воздуха за меньший промежуток времени и обладает большими регуляторными возможностями.

К особенностям предлагаемого способа следует отнести и то, что он предусматривает перераспределение сверху вниз по высоте теплицы части суммарной световой и тепловой энергии всей облучательной установки в пользу LED-светильников бокового облучения внутри куста растений. При этом тепловая мощность LED-светильника бокового облучения распределена вдоль его длины. Такое перемещение части тепловой энергии всей облучательной установки ближе к нижней зоне теплицы, во-первых, приближает источник тепла к растениям, что в отдельных случаях может заменить в теплице ростовую трубу, а во-вторых, в несколько раз увеличивает высоту зоны естественной конвекции воздуха возле светильников и она простирается от нижнего края светильника бокового облучения, то есть от уровня 1–1,2 м над полом теплицы, до кровли. В результате ускоряется вертикальная конвекция воздуха равномерно по всему объему теплицы.

Облучательная установка в период своей работы выполняет функцию вертикального перемешивания воздуха в любое время года следующим образом.

В летнее время, при солнечном освещении и при температуре воздуха в теплице выше оптимально необходимой, для снижения температуры система климат-контроля с помощью основной вентиляционной установки подает из «зоны воздухоподготовки» в нижнюю зону теплицы охлажденный воздух, при этом происходит перемещение больших объемов воздушных масс, что требует немалых затрат электроэнергии. При включении в работу облучательной установки происходит скачкообразное увеличение количества тепловой энергии, выделяемой в теплице, но одновременно светильники бокового облучения начинают выполнять функцию вертикальной пассивной вентиляции по перемещению подаваемых охлажденных воздушных масс из нижней зоны теплицы к ее верхней зоне.

В зимнее время основная вентиляционная установка подает из «зоны воздухоподготовки» в нижнюю зону теплицы подогретый воздух, а облучательная установка, выполняя функцию вертикального перемешивания воздуха, обеспечивает:

- снижение температуры воздуха под кровлей теплицы, тем самым уменьшая теплопотери;
- снижение вертикального градиента температуры с меньшими энергозатратами.

Аналогично LED-светильники бокового облучения выполняют функцию снижения вертикального градиента температуры воздуха в теплице и в осенне-весенний период.

Следует отметить, что величина вертикального воздушного напора, создаваемого облучательной установкой, зависит не от внешних факторов, таких как время суток, время года, погодные условия, а только от разности между температурой корпуса радиатора светильника и температурой окружающего его воздуха. Поскольку система климат-контроля поддерживает заданную температуру, например +25 °С на высоте 3,5 м у верхнего торца светильника, то указанная разность температур, а следовательно, и вертикальный воздушный напор светильника будут величинами постоянными.

Экспериментально подтверждено: если на уровне верхнего торца светильника температура окружающего воздуха составляет +25...+28 °С, то температура верхнего торца корпуса светильника не превышает

+42...+45 °С соответственно, что является комфортной температурой для растений.

Выводы

1. Перераспределение большей доли световой и тепловой энергий облучательной установки внутрь куста растений положительно влияет на урожайность и значительно улучшает естественную конвекцию воздуха в теплице.
2. Облучательная установка бокового облучения, являясь составной частью «системы климат-контроль+», в период своей работы обеспечивает:
 - интенсивное снижение вертикального градиента температуры в теплице;
 - эффективное вертикальное перемешивание воздушных масс равномерно по всему объему теплицы вне зависимости от того, работает или нет основная вентиляционная установка;
 - исключает возможность образования застойных зон воздуха, тем самым увеличивает по вертикали и горизонтали теплицы равномерность температуры, влажности и содержания CO₂, что положительно влияет на снижение заболеваемости растений и рост урожайности.
3. Создаваемый установкой бокового облучения вертикальный воздушный напор не зависит от внешних условий, окружающих теплицу, и режима работы

системы Ultra Clima, является практически постоянной величиной, так как определяется только разностью между температурой корпуса светильника и температурой окружающего его воздуха.

4. В период работы установка бокового облучения снижает энергозатраты на поддержание микроклимата в теплице в любое время суток, в любой период года и при любых погодных условиях.
5. При использовании «системы климат-контроль+» объем снижения энергозатрат на поддержание микроклимата напрямую зависит от продолжительности работы установки бокового облучения, и поэтому ее эффективность будет возрастать при использовании в северных широтах.
6. Основной областью применения предлагаемого решения являются теплицы V поколения, оснащенные системой Ultra Clima (или ее аналогами).
7. Предлагаемое решение может применяться (в средней полосе и более северных широтах РФ) в «ангарных» теплицах III поколения и в блочных теплицах IV поколения типа Venlo как самостоятельная система микроклимата, значительно улучшающая его параметры.
8. Необходима экспериментальная проверка и количественная оценка результатов, подтверждающая эффективность предлагаемого решения в условиях промышленной теплицы.

В заключение авторы обращаются к потенциальным инвесторам, владельцам и руководителям тепличных хозяйств, а также ко всем заинтересованным лицам с предложением оказать помощь в проведении такого эксперимента. ●

Литература

1. Дроздов Д. Г., Манатейкин Г. А. Способ снижения вертикального градиента температуры в сооружении защищенного грунта. Патент № 2689063, МПК A01G 9/24. Заявлено 20.02.2018.
2. Гиш Р. А., Карпенко Е. Н. Модернизация и совершенствование управления параметрами микроклимата — основа теплиц V поколения // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 123.
3. Соколов И. С. Технологии 5-го поколения промышленных теплиц // Теплицы России. 2015. № 1.
4. Шишкин П.В., Олейников В.Н. Теплица и способ поддержания и регулирования микроклимата в ней. Патент № 2549087.
5. Дроздов Д. Г., Манатейкин Г. А. Светодиодный светильник и способ освещения сельскохозяйственной культуры. Патент на изобретение № 2699013, МПК F21S 4/00, заявл. 27.10.2017.
6. Дроздов Д.Г., Манатейкин Г.А. Светодиоды. Тернистый путь в теплицу // Полупроводниковая светотехника. 2019. № 4.