

Н.С. Дабылова¹, К.С. Чакеева¹

¹ *Алматинский Технологический Университет, г. Алматы, Республика Казахстан*

ОБЗОР ПО МИКРОКЛИМАТУ И ПРИМЕНЕНИЮ ТЕПЛИЦ: ПАРАМЕТРЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ТЕПЛОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТОМ

Аннотация. Этот документ содержит обновленный обзор литературы о тепличных системах и помогает определить наиболее предпочтительные характеристики теплицы для различных климатических условий и условий эксплуатации. Широко обсуждались данные о соответствующих свойствах облицовочных материалов и сравнения нескольких облицовочных материалов. Представлен процесс выбора формы и ориентации теплицы для различных климатических условий, а также проведены сравнения между несколькими формами и ориентациями. В этой статье также рассматриваются существующие тепловые модели и инструменты моделирования, используемые для оптимизации тепловых условий эксплуатации теплицы. Кроме того, представлены многие недавние исследования, в которых теплицы объединяются с несколькими системами для обеспечения благоприятного микроклимата для сельскохозяйственных культур в условиях экстремального, тропического и субтропического климата. Наконец, также обсуждаются другие области применения, такие как тепличные сушилки и опреснение морской воды в теплицах.

Ключевые слова: Параметры конструкции теплицы, тепловое моделирование и моделирование теплиц, технологии управления микроклиматом теплиц, применение в теплицах, укрывные материалы для теплиц, теплица в экстремальных условиях

N.S. Dabylova¹, K.S. Chakeeva¹

¹ *Almaty Technological University, Almaty, The Republic of Kazakhstan*

REVIEW ON GREENHOUSE MICROCLIMATE AND APPLICATION: DESIGN PARAMETERS, THERMAL MODELING AND SIMULATION, CLIMATE CONTROLLING TECHNOLOGIES

Abstract. This paper provides an updated literature review about greenhouse systems and helps to identify the most preferable characteristics of a greenhouse for diverse climates and operating conditions. Data on appropriate properties of the covering materials and comparisons of several cladding materials were extensively discussed. The selection process of the greenhouse shape and orientation for different climates is presented, and comparisons between several shapes and orientations are made. This paper also examines the existing thermal models and simulation tools used to optimize the thermal operating conditions of the greenhouse. Furthermore, many recent studies are presented where greenhouses are combined with several systems to provide a favorable microclimate for crops, under extreme, tropical and subtropical climates. Finally, other applications such as greenhouse dryers and seawater greenhouse desalination are also discussed.

Keywords: greenhouse design parameters, greenhouse thermal modeling and simulation, greenhouse microclimate controlling technologies, greenhouse application, greenhouse covering materials, greenhouse in extreme environments.

Введение.

Теплица - это сооружение, которое использует солнечное излучение для создания благоприятного микроклимата для роста растений. Он изготовлен из прозрачной среды для падающего коротковолнового излучения. Тепличная система должна защищать растения от воздействия внешней среды, чтобы способствовать росту сельскохозяйственных культур и повышению производительности и качества. Компонентами, участвующими в проектировании теплицы, являются: материал облицовки, форма и ориентация, а также техническое оборудование, необходимое для управления микроклиматом внутри теплицы.

Работая при оптимальной температуре на каждой стадии выращивания, теплица может легко получать более высокий урожай вне вегетационного периода. Для этой цели необходимо использовать подходящий метод нагрева или охлаждения. [1]. Более высокие температуры внутреннего воздуха необходимы для максимального роста растений в холодную погоду, что может быть достигнуто путем поддержания парникового эффекта или использования любой соответствующей технологии обогрева. Напротив, в относительно жарком климате парниковый эффект требуется исключительно в течение короткого периода, который составляет от двух до трех месяцев, в то время как в остальные месяцы требуются другие подходящие системы охлаждения.

Тепличные системы имеют несколько применений, таких как: растениеводство, сушка урожая, аквакультура, соляризация почвы и птицеводство. Около 115 стран используют сельскохозяйственные теплицы для коммерческого производства овощей. Исторически сложилось так, что процесс сушки широко использовался многими народами и цивилизациями для защиты и сохранения продуктов питания как можно дольше. [2,3]

Этот широко известный метод основан на естественном нагревании продукта с целью удаления влаги. Этот метод предлагает многочисленные преимущества, такие как обеспечение простой конструкции с низкой стоимостью. Технология сушки в солнечных теплицах - это решение, которое позволяет производить овощи и фрукты в гигиеничных и здоровых условиях с практически нулевыми затратами энергии. Кроме того, технология солнечной сушки используется для сушки сельскохозяйственных продуктов, морских продуктов и лекарственных растений.

Механические характеристики покровных материалов

Покрытие теплицы должно быть тщательно подобрано, чтобы выдерживать нагрузки, обусловленные различными условиями окружающей среды. Как механические характеристики, так и физические свойства имеют решающее значение для общей производительности, а также для определения наиболее подходящих требований в отношении конструктивной формы теплицы. Механическое поведение материалов для теплиц зависит от химического состава, наличия добавок, технологии обработки и условий эксплуатации. Кроме того, старение и деградация материалов покрытия снижают их механические характеристики. [8,9]

Укрывные материалы и микроклимат внутри теплицы

Несколько исследований показали, что материалы покрытия влияют на внутренние условия окружающей среды, такие как температура, относительная влажность и дефицит давления пара.

Прирост тепла внутри теплицы зависит главным образом от пропускания укрывного материала. Общий коэффициент теплопередачи сильно влияет на стоимость производства отапливаемых теплиц разработан альтернативный материал, который обладает способностью снижать потребности в энергии на отопление / охлаждение и регулировать излучение и тепло, проникающее в теплицу.

Естественная вентиляция

Естественная вентиляция представляет собой воздухообмен, который происходит через отверстия теплицы из-за влияния перепадов давления и температуры между внешней и внутренней частью теплицы. Охлаждающий эффект естественной вентиляции и скорость вентиляции можно оценить с помощью простой и точной модели.

Естественная вентиляция является ключевым процессом, который широко используется для контроля микроклимата в теплицах. Естественная вентиляция - это энергосберегающий процесс, который используется благодаря своей простоте, небольшим требованиям к техническому обслуживанию и низкой стоимости.

Этот метод приводит к обмену энергией и массой между внутренней теплицей и окружающей средой. Это пассивная конструкция, которая требует простого оборудования и меньших затрат энергии по сравнению с активной вентиляцией.

Исследователи проанализировали поведение внутреннего климата в односкатных естественно вентилируемых теплицах разных размеров. Они пришли к выводу, что естественная вентиляция может снизить влажность и температуру воздуха внутри помещения с 96% до 84% и 28,9–25,8 °С соответственно. Это означает, что эта техника обладает способностью поддерживать подходящую среду для роста овощей.

Они оценили эффективность вентиляции однопролетных коммерческих теплиц в соответствии с характеристиками ветра на мелиорированных прибрежных землях. Характеристики внешнего ветра показали большое влияние на естественную вентиляцию теплиц, а также соотношение площади боковых вентиляционных отверстий к объему теплицы. Также показали, что при увеличении скорости ветра и изменении направления ветра от 0° до 90° скорость вентиляции увеличивается.

Тепловое моделирование и моделирование теплицы

Тепловое моделирование и имитационное моделирование используются для понимания влияния различных параметров, влияющих на потребность в охлаждении / обогреве в теплицах, и для получения оптимальных условий эксплуатации для каждого случая.

Математическое моделирование теплицы

Математическая модель должна быть способна точно прогнозировать тепловое поведение теплицы с учетом всех задействованных параметров, включая геометрические характеристики, ориентацию и форму, а также климатические условия.

В нескольких исследованиях была смоделирована теплица путем разделения ее на зоны. Шарма и др. исследовали влияние многочисленных параметров: скорости инфильтрации, теплоемкости растений и относительной влажности на урожай и температуру воздуха. Они разделили теплицу горизонтально на четыре зоны. Предполагается, что теплопередача между различными зонами является однонаправленной. Из этого исследования был сделан вывод, что разница температур между различными зонами незначительна.

Несколько моделей включали коэффициент фракции северной стены. Это зависит от времени, угла солнечной высоты и угла солнечного азимута. Этот коэффициент был использован в одномерной переходной тепловой модели с добавлением подмоделей солнечной радиации и вентиляции. Такая модель была разработана Сетхи для определения температуры воздуха внутри теплицы. Эта модель была проверена (среднеквадратичное отклонение ошибки 3,26%) для парника с четным пролетом в климатических условиях Индии. [4-6]

Одной из основных трудностей при тепловом моделировании теплиц является наличие растений. В литературе упоминалось, что сельскохозяйственные культуры играют значительную роль в микроклимате теплицы. Растения сокращают значительное количество энергии в теплице за счет явления испарения. Кроме того, благодаря этому процессу растения производят насыщенный водяной пар. В энергетическом анализе теплиц явление испарения представляет собой тепло испарения, которое рассматривается как теплоотвод.

Эвапотранспирация представляет собой испарение из почвы теплицы и транспирацию сельскохозяйственных культур, и это приводит к большим потерям энергии в теплице. Испарение воды из почвы очень сложно смоделировать, и в большинстве исследований считается, что оно включено в эвапотранспирацию сельскохозяйственных культур, где вода испаряется через устьица листьев растений. Явление эвапотранспирации ответственно за снижение температуры урожая.

Конвекция и теплопроводность являются основными процессами теплопередачи, происходящими в солнечной теплице. Вентиляция и инфильтрация представляют собой основной конвекционный поток в теплице, а теплообмен между полом и почвой под ним представляет собой потери тепла на проводимость. Кроме того, излучение является основным источником энергии в теплице, однако пропускающая способность покрытия длинноволнового диапазона излучения ответственна за ночные потери тепла.

Вычислительная гидродинамика

В исследованиях по моделированию теплиц в последние годы широко используется метод вычислительной гидродинамики. Этот метод является точным и позволяет изучать воздушный поток и распределение температуры. Для моделей парникового потока, характеризующихся трехмерными условиями, невозможно найти аналитическое решение для полей давления и скорости и других переносимых количеств.

Кампен (2004) использовали вычислительное моделирование гидродинамики для изучения пригодности теплицы в условиях тропиков и низменностей Индонезии. Моделирование было выполнено путем дискретизации пространства и времени и решения уравнений сохранения и энергии дискретизированных частей для получения соответствующих величин, таких как температурное поле. [12]

Фатнасси и др. (2015) смоделировали, используя метод вычислительной гидродинамики, распределение солнечной радиации, температуру воздуха, динамические поля и водяной пар в асимметричных теплицах и теплицах Венло. Это моделирование учитывает характеристики навеса, взаимодействие между растениями и воздушным потоком. [7]

Вычислительное гидродинамическое моделирование показало возможность планирования профиля орошения, что дает возможность использовать меньшее потребление воды. Это было продемонстрировано Али и др. (2018), они применили 2D переходную вычислительную модель гидродинамики и использовали определяемые пользователем функции в Fluent, чтобы учитывать взаимодействие культур с климатом в помещении теплицы. Они рассматривали растение как пористую зону и использовали конкретный термин источника для учета транспирации урожая и ощутимой теплопередачи. Они также применили специальную подмодель, основанную на водном балансе между транспирацией и орошением, для определения содержания воды в субстрате.

Теплица и экстремальные условия

Теплицы не могут полностью удовлетворить свои потребности в отоплении в холодном климате, используя только солнечное излучение. Эта проблема решается путем добавления некоторых источников тепла для снабжения теплицы в критических. Несколько исследований были направлены на изучение теплиц в холодном климатическом режиме, чтобы увеличить выгоду от солнечной энергии. Кроме того, как упоминалось ранее, оптимизация экспозиции важна для сбора как можно большего количества солнечной энергии.

Из-за экстремального климата в высокогорных районах Непала сбор свежих овощей очень затруднен более половины года. Общины, которые там живут, страдают от хронического и острого недоедания. Солнечная тепличная система показала хорошее решение в этой ситуации, вегетационный период был значительно продлен.

В Уайтхорсе, Канада, эксплуатировалась теплица с использованием изолированной северной крыши и стен, теплопоглощающей массы, вестибюлей для уменьшения проникновения холода из окружающей среды и ночной изоляционной облицовки. Это демонстрирует, что теплицы способны обеспечить вегетационный период в регионе, где температура часто опускается ниже нуля.

Неглубокий солнечный пруд может быть использован для улавливания и хранения солнечной энергии в теплице в условиях холодного климата. Неглубокий солнечный пруд выделяет тепло, которое затем используется для обогрева теплицы в течение дня. Кроме того, тепло, накопленное в дневное время, может быть использовано для обогрева теплицы ночью. С точки зрения затрат, использование неглубокого солнечного пруда имеет преимущество, заключающееся в том, что не требуется дополнительного накопления тепла, в дополнение к дешевым материалам, необходимым для его строительства.

Жаркие и засушливые районы существуют во многих регионах мира. На Аравийском полуострове температура окружающего воздуха летом обычно превышает 45°C при низкой относительной влажности. Поэтому следует избегать принудительной или естественной вентиляции. Отчеты показывают, что использование микро-ирригационных систем может ре-

шить некоторые проблемы, возникающие в таких районах, как Кувейт, Абу-Даби, Иорданская долина, Ирак и Калифорния.

Охлаждающие теплицы необходимы для спасения растений от пустынного климата. Летом в Ираке температура окружающего воздуха может достигать около 50 °С, что делает солнечную теплицу нецелесообразной в этот период. Aljubury и Ridha (2017) попытались исправить эту ситуацию, предложив систему, состоящую из одного теплообменника косвенного испарительного охлаждения и трех прокладок в качестве прямого испарительного охлаждения с использованием грунтовых вод. [10]

Эта система охлаждения доказала свою эффективность, снизив температуру воздуха и увеличив его влажность, чтобы достичь требуемых климатических условий для сельского хозяйства.

Доступные технологии обогрева и охлаждения теплиц

Подходящая система отопления или охлаждения должна быть объединена с теплицей, чтобы покрыть ее требуемую энергию и поддерживать подходящий микроклимат для растения на каждом этапе. Это также позволит получить более высокий урожай вне сезона выращивания. На самом деле, как указывалось ранее, парниковый эффект не может быть достаточным для всех месяцев года.

Внутренний климат теплицы должен постоянно находиться в оптимальных условиях для лучшего роста сельскохозяйственных культур. Необходимо контролировать многие параметры, такие как температура и влажность воздуха. С этой целью несколько исследователей предложили и оценили системы, добавленные к солнечным теплицам.

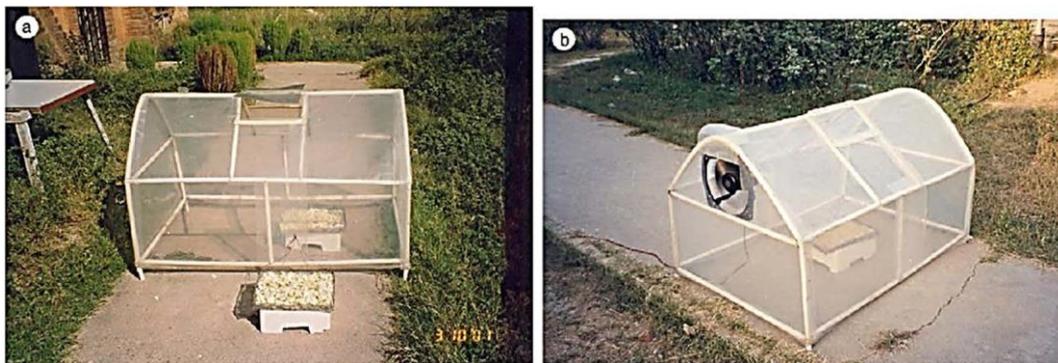
Ветряные башни могут быть использованы для улучшения естественной вентиляции солнечных теплиц и обеспечения более высоких скоростей вентиляционного потока. Ветряные башни работают на основе движущей силы (разности давлений между наветренной и подветренной сторонами) конструкции. Наветренная сторона характеризуется положительным давлением, которое направляет воздух в конструкцию, на с другой стороны, отрицательное давление с подветренной стороны выводит воздух наружу.

Сушилки для теплиц

Солнечная энергия используется во всем мире для различных процессов сушки, таких как сушка зерновых, фруктов, мяса, овощей и рыбы. Использование солнечной сушки очень практично, главным образом потому, что продукты сушатся быстрее и полезнее в контролируемой среде, которая с меньшей вероятностью загрязняется. Кроме того, сушка продуктов при оптимальной температуре и за короткое время позволяет им сохранять свою пищевую ценность, например, витамин С. Наконец, это дешево, так как он использует только солнечную энергию в течение всего года, которая легко доступна, особенно летом. Таким образом, для сушки продуктов не требуется никакого топлива.

Солнечная сушка урожая подразумевает последовательное испарение и перенос влаги солнечным тепловым излучением. Следовательно, очевидно, что этот способ сушки продукта с помощью солнечной энергии считается сложным способом, который включает в себя одновременный нагрев и массообмен. Ряд исследователей упоминали экспериментальные и теоретические исследования по сушке урожая на солнце.

Тепличная сушка в активном режиме имеет лучшую эффективность, чем в пассивном режиме; для продукта с высоким содержанием влаги лучше использовать принудительную конвекцию; было установлено, что тепличная солнечная сушка лучше, чем сушка на открытом солнце, с точки зрения качества высушенного продукта. Хорошая производительность системы сушки в теплице тесно связана с ее соответствующей конструкцией. При проектировании также должны учитываться различные регулирующие параметры. Режим естественной конвекции имеет более низкий коэффициент массопередачи, чем сушка на открытом солнце, и он имеет половинное значение по сравнению с режимом принудительной конвекции.



22. (а) Теплица и открытая солнечная сушилка с естественной конвекцией. (б) Тепличная сушилка с принудительной конвекцией

Вывод

В настоящем документе представлен обновленный обзор литературы о тепличных системах. Результаты опроса изложены следующим образом:

- Пленки из полиэтилена низкой плотности (ПВД) являются наиболее распространенными используемыми материалами из-за их хороших механических и оптических свойств, а также их экономически конкурентоспособной цены.
- Тепличные системы могут быть оснащены несколькими солнечными или накопительными системами для обеспечения благоприятного микроклимата для различных тип посевов.
- Представлены другие области применения, такие как тепличные сушилки и опреснение морской воды в теплицах. Солнечные сушилки для теплиц имеют более высокую эффективность в активном режиме по сравнению с пассивным режимом. Для опреснения морской воды в теплицах добытую воду можно использовать для орошения сельскохозяйственных угодий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буадила, С., Лазаар, М., Скоури, С., Кооли, С., Фархат, А. Оценка тепличного климата с помощью нового солнечного воздухонагревателя с упакованным слоем в ночное время в Тунисе. *Обзоры возобновляемой устойчивой энергетики*, 2014 №35, С. 31-41.
2. Чаухан, П.С., Кумар, А. Анализ производительности сушилки для теплиц с использованием изолированной северной стены в режиме естественной конвекции. *Энергетический отчет.*, 2016, №2, С. 107-116.
3. Чаухан, П.С., Кумар, А., Гупта, Б., 2017. Обзор тепловых моделей для тепличных сушилок. *Обзоры возобновляемой устойчивой энергетики*, 2017, №75, С.548-558.
4. Сетхи, В.П. О выборе формы и ориентации теплицы: тепловое моделирование и экспериментальная проверка. *Энергия решения*, 2009. №83 (1), С. 21-38.
5. Сетхи, В.П., Шарма, С.К. Обзор и оценка технологий обогрева для применения в сельскохозяйственных теплицах по всему миру. *Энергия решения*, 2008 №82 (9), С. 832-859.
6. Сетхи, В.П., Сумати, К., Ли, К., Пал Д.С. Аспекты теплового моделирования управления микроклиматом солнечной теплицы: обзор технологий отопления. *Энергия решения*, 2003 №96, С. 56-82.
7. Фатнасси Х., Понсе К., Баззано М.М., Брюн Р., Бертин Н. Численное моделирование микроклимата фотоэлектрической теплицы. *Энергия решения.*, 2015, № 120, С. 575-584.
8. Абдель-Гани, А.М., Аль-Хелал, И.М. Использование солнечной энергии теплицей: общие положения. *Энергия обновления*, 2011. №36 (1), С. 189-196.
9. Абдель-Гани, А.М., Аль-Хелал, И.М., Аль-Захрани, С.М., Алсадон, А.А., Али, И.М., Эллейти, Р.М. Покровные материалы, включающие методы предотвращения радиации для решения проблем охлаждения парниковых газов в засушливых регионах: обзор. *Научный мир*. 2012, С. 1-11.

10. Альджубери, И.М.А., Шридхар, Х.Д.А. Усовершенствование системы испарительного охлаждения в теплице с использованием геотермальной энергии. Возобновляемые источники энергии. 2017, №111, С. 321-331.
11. Чакир, У., Шахин, Э. Использование солнечных теплиц в холодном климате и оценка оптимального типа в зависимости от размера, расположения и местоположения: тематическое исследование. Компьютер. Электронный сельскохозяйственный журнал, 2015, С.245-257.
12. Кампен, Дж.Б. Конструкция теплицы с применением CFD для условий Индонезии. В: Международная конференция по устойчивым тепличным системам-Greensys, 2004, стр. 419-424.

REFERENCES

1. Bouadila, S., Lazaar, M., Skouri, S., Kooli, S., Farhat, A. Assessment of the greenhouse climate with a new packed-bed solar air heater at night, in Tunisia. Renewable Sustainable Energy Reviews, 2014, №35, pp. 31–41.
2. Chauhan, P.S., Kumar, A. Performance analysis of greenhouse dryer by using insulated north-wall under natural convection mode. Energy Rep., 2016, № 2, pp.107–116.
3. Chauhan, P.S., Kumar, A., Gupta, B. A review on thermal models for greenhouse dryers. Renew. Sustain. Energy Rev., 2017, № 75, pp.548–558.
4. Sethi, V.P. On the selection of shape and orientation of a greenhouse: thermal modeling and experimental validation. Sol. Energy, 2009, №83 (1), pp.21–38.
5. Sethi, V.P., Sharma, S.K. Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. Sol. Energy, 2008 №82 (9), pp.832–859.
6. Sethi, V.P., Sumathy, K., Lee, C., Pal, D.S. Thermal modeling aspects of solar greenhouse microclimate control: a review on heating technologies. Sol. Energy, 2003, №96, pp.56–82.
7. Fatnassi, H., Poncet, C., Bazzano, M.M., Brun, R., Bertin, N. A numerical simulation of the photovoltaic greenhouse microclimate. Solution Energy., 2015, №120, pp. 575–584.
8. Abdel-Ghany, A.M., Al-Helal, I.M. Solar energy utilization by a greenhouse: general relations. Renew. Energy, 2011, №36 (1), pp.189–196.
9. Abdel-Ghany, A.M., Al-Helal, I.M., Al zahrani, S.M., Alsadon, A.A., Ali, I.M., Elleithy, R.M. Covering materials incorporating radiation-preventing techniques to meet greenhouse cooling challenges in arid regions: a review. Sci. World J. 2012, pp.1–11.
10. Aljubury, I.M.A., Sridhar, H.D.A. Enhancement of evaporative cooling system in a greenhouse using geothermal energy. Renewable Energy, 2017, №111, pp.321–331.
11. Çakır, U., Şahin, E. Using solar greenhouses in cold climates and evaluating optimum type according to sizing, position and location: a case study. Computer. Electron. Agric., 2015, № 117, 245–257.
12. Campen, J.B. Greenhouse design applying CFD for Indonesian conditions. In: International Conference on Sustainable Greenhouse Systems-Greensys, 2004, pp. 419–424.

Информация об авторах

Дабылова Назгуль Сериковна – магистрант по специальности «Автоматизация и управление» АО «Алматинский технологический университет», Факультет инжиниринга и информационных технологий, Алматы, 050017, Республика Казахстан, nazgul.aryn@mail.ru,

Чакеева Карлыгаш Сайлаубековна - директор КЛК, кандидат технических наук, заведующая кафедрой "Маркетинг и логистика" Университет «Туран», Алматы, 050013, Республика Казахстан, chakeeva_karla@mail.ru

Authors

Dabylova Nazgul Serikovna, Master's student in the specialty "Automation and Control" JSC "Almaty Technological University", Faculty of Engineering and Information Technology, Almaty, 050017, Republic of Kazakhstan, nazgul.aryn@mail.ru

Chakeeva Karlygash Saylaubekovna, Director of KLK, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department "Marketing and Logistics" University "Turan", Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, chakeeva_karla@mail.ru

Для цитирования

Дабылова Н.С., Чакеева К.С. Обзор по микроклимату и применению теплиц: параметры проектирования, тепловое моделирование и моделирование, технологии управления климатом // «Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами»: электрон. науч. журн. – 2022. – №2(14). – С.19-26 – DOI:10.26731/2658-3704.2022.2(14).19-26 – Режим доступа: <http://ismm-irgups.ru/toma/214-2022>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 24.06.2022)

For citations

Dabylova N.S., Chakeeva K.S. Review on greenhouse microclimate and application: design parameters, thermal modeling and simulation, climate controlling technologies // *Informacionnye tehnologii i matematicheskoe modelirovanie v upravlenii slozhnymi sistemami: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Information technology and mathematical modeling in the management of complex systems: electronic scientific journal], 2022. No. 2(14). P. 19-26. DOI:10.26731/2658-3704.2022.2(14).19-26 [Accessed 24/06/22]