

УДК 631.544.4:620.9

АВТОНОМНАЯ ТЕПЛИЦА, ФУНКЦИОНИРУЮЩАЯ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСАХ© 2020 г. *И.В. Юдаев, М.Ю. Попов, Р.В. Попова*

Круглогодичные и всесезонные потребности рынка овощных культур в Российской Федерации пока еще в основном формируются за счет доставки на прилавки зарубежной зеленой продукции, что не отвечает требованиям продовольственной безопасности страны. Поэтому сегодня наблюдается особый интерес и интенсивное развитие не только крупного тепличного бизнеса, но и малых форм хозяйствования, для которых необходимы технические и технологические решения соответствующих форматов и габаритов. Исходя из этого, возникает необходимость создания малогабаритных сооружений для всесезонного производства растительной продукции и удовлетворения запросов потребителей в насыщении российского рынка зеленой продукцией. Отечественные продукты превосходят зарубежную продукцию из Египта, Турции, Узбекистана и других стран по витаминному набору, времени транспортировки от объекта выращивания до потребителя, а также более низкой цене. Разработка автономной теплицы, функционирующей на возобновляемых местных источниках энергии, полностью удовлетворяет требованиям регионального товарооборота «произвел – убрал – реализовал» с малыми затратами на выращивание и логистику. Разработка такого рода сооружения малой культивационной нагрузки требует соблюдения таких важных правил производственной деятельности, как: энергосбережение, благодаря оптимизации параметров потребления энергии за счет применения современных технических решений; автономное энергоснабжение с применением местных возобновляемых энергоносителей; максимально возможная автоматизация технологических операций и режимов энергообеспечения теплицы; «умное» управление теплицей с применением системы компьютерного мониторинга за биологическими объектами; максимально обоснованное снижение стоимости благодаря отсутствию капитальных и других затрат в процессе эксплуатации теплицы. Проектируемая теплица отвечает всем необходимым требованиям и позволяет снизить зависимость производства зеленой овощной продукции от централизованного энергоснабжения, выращивать ее всесезонно, обеспечивая ею круглогодично прилавки рынков и магазинов в ЮФО и соседних регионах.

Ключевые слова: малоэнергос затратная теплица, возобновляемые энергоресурсы, замещение импорта, малое фермерское производство, здоровая зеленая продукция.

AUTONOMOUS GREENHOUSE RUNNING ON RENEWABLE ENERGY RESOURCES© 2020 *I.V. Yudaev, M.Yu. Popov, R.V. Popova*

Year-round and all-season needs of the vegetable market in the Russian Federation are still mainly formed by the delivery of foreign green products to the shelves. This situation does not meet the country's food safety requirements. Therefore, today, special interest and intensive development is observed not only in large greenhouse businesses, but also in small business forms, for which technical and technological solutions of appropriate formats and dimensions are necessary. Based on this, there is a need to create small-sized facilities for year-round production of plant products and to satisfy consumers' demand for saturating the Russian market with green products. Domestic products are superior to foreign products from Egypt, Turkey, Uzbekistan and other countries in vitamin selection, transportation time from the object of cultivation to the consumer, as well as a lower price. The development of an autonomous greenhouse running on renewable local energy sources fully meet with the requirements of the regional «produced-harvested-sold» commodity circulation with low expenses for growing and logistics. The development a construction of a small cultivation load requires the observance of such important rules of production activity as: energy saving, due to the optimization of energy consumption parameters through the use of modern technical solutions; autonomous energy supply using local, renewable energy sources; the maximum possible automation of technological operations and energy supply regimes of the greenhouse; «smart» greenhouse management using a computer monitoring system for biological objects; the most reasonable cost reduction due to the lack of capital and other costs during the operation of the greenhouse. The designed greenhouse meets all the necessary requirements and allows to reduce the dependence of green vegetable production on centralized energy supply, to grow production all year-round, providing with year-round markets and shops in the Southern Federal District and neighboring regions.

Keywords: low-energy greenhouse, renewable energy resources, import substitution, small farm production, healthy green products.

Введение. Несмотря на государственную поддержку и ускоренное развитие тепличного промышленного производства здоровой зеленой продукции в стране, сегодня количество потребляемых овощей на душу населения России меньше физиологически обоснованных и установленных норм. По рекомендации Минздрава потребление в год овощной

продукции должно составлять 140 кг, в то время как по данным Росстата ежегодно каждый россиянин не доедает только здоровой зеленой продукции около 30 кг [1]. Это, по заявлению врачей, приводит к снижению иммунитета – так, при дефиците только витамина С мы чаще простужаемся, тяжелее бодем, ухудшается физическая и умственная активность. По

предварительной оценке ассоциации «Теплицы России», урожай культур, выращенных в защищенном грунте, в 2018 году стал наилучшим за всю историю российского агробизнеса и составил около 1,1 млн т, об этом же заявляет компания «Технологии Роста». Согласно Росстату, в 2018 году сель-хозорганизации собрали 922 тыс. т тепличных овощей, с учетом КФХ урожай был еще больше – на уровне 975 тыс. т [2]. По данным Минсельхоза на 26 сентября 2019 г., валовой сбор овощей в защищенном грунте составил 713,6 тыс. т, что на 21,1% больше, чем к аналогичной дате предыдущего года. В том числе урожай огурцов достиг 450 тыс. т (прирост к 2018 г. + 12,8%), томатов – 243,7 тыс. т (+35,3%), прочих овощей – 11,2 тыс. т (+19,1%) [3].

Но не только крупные хозяйства обеспечивают круглогодичную, всесезонную «овощную» независимость страны. Так, в общий вклад в овощной урожай России вносят малые и средние тепличные хозяйства и комбинаты, которые занимают под возделываемые культуры как достаточно большие, так и небольшие площади, обеспечивая выращенной продукцией местные, региональные прилавки и рынки сбыта [4].

На данный момент отсутствуют готовые комплексные технические и технологические решения, позволяющие эффективно выращивать зеленую продукцию как в условиях ведения малого бизнеса при централизованном энергоснабжении, так и в энергетически автономном режиме. Кроме этого следует отметить, что и комплексная автоматизация процессов в сооружениях защищенного грунта зачастую пока еще не отвечает запросам

полного автоматического цикла выращивания растениеводческой продукции. Поэтому любые исследования и технологические проекты, направленные на повышение эффективности производства продукции в культивационных сооружениях малых форм, снижение энергопотребления и улучшение условий труда являются актуальными задачами, требующими разнообразных решений с различными вариантами технологических и технических предложений.

Цель статьи – проанализировать существующие технологии, технические решения в культивационных сооружениях малых форм и обосновать структурное построение автономной теплицы, функционирующей на возобновляемых энергоресурсах.

Анализ существующих технических и конструктивных решений. Теплица – специальное (культивационное) сооружение с покрытием из светопропускающего материала для сезонного или круглогодичного выращивания овощных культур и рассады. Теплица – это, прежде всего, объект, зависимый от обеспеченности энергией, среди которых основным является поток лучистой энергии Солнца. Эти вегетационные сооружения также называют закрытыми грунтовыми или культивационными, которые функционируют при минимальном влиянии внешней окружающей среды на рост и развитие выращиваемых растительных объектов. Это позволяет скорректировать биологические ритмы растений для наибольшей эффективности получения от них зеленой массы, плодов или ягод [5, 6].



Рисунок 1 – Конструкционные виды теплиц

арочной теплицам и детально рассмотрим их достоинства и недостатки, поскольку именно эти виды конструкций наиболее распространены в ЮФО (таблица 1). Форма культивационного сооружения выбирается исходя из ориентации на местности, места размещения и условий эксплуатации теплицы (см. рисунок 1). Из перечисленных на рисунке 1 отдадим предпочтение двускатной и

арочной теплицам и детально рассмотрим их достоинства и недостатки, поскольку именно эти виды конструкций наиболее распространены в ЮФО (таблица 1).

Таблица 1 – Анализ наиболее распространённых из существующих конструкций культивационных сооружений

Арочная конструкция	
Достоинства	Недостатки
Прочность конструкции – способна выдержать значительные снеговые нагрузки	Используется не весь объём внутритепличного пространства
Герметичность конструкции, удобство монтажа покрывного материала, отсутствие дополнительных стыков и швов при монтаже	Неудобство посадки растения вблизи примыкания стенок к почвенной поверхности
Возможность посадки высокорослых культур	Дополнительное укрепление каркаса при высоте конструкции более 2 метров
Сводчатая форма позволяет равномерно проникать солнечному свету	Влияние на конструкцию ветровых нагрузок, так как возможна ее деформация
Образовавшийся конденсат не капает на растения, а стекает по стенкам	
Более равномерный обогрев внутритепличного пространства	
Удобство монтажа фрамуг проветривания как вверху теплицы, так и внизу	
Двухскатная конструкция	
Используется весь полезный внутренний объём теплицы	Дополнительное утяжеление конструкции за счет использования более усиленной крыши и стен
Возможна постройка любой высоты стенок, высота конька регулируется в зависимости от снеговой нагрузки	Высокая зависимость прочности конструкции от снеговой и ветровой нагрузки
Удобство и легкость монтажа конструкции, а также форточек на крыше и по стенкам	Зачастую необходим фундамент для конструкции
При равных размерах теплицы по периметру имеется больший объём внутреннего воздушного пространства	Увеличение потерь тепла в угловых зонах

В качестве основного энергозатратного процесса, искусственно организуемого в сооружениях такого рода, является поддержание температурно-влажностного режима воздушной среды и почвы. Поэтому следует проанализировать свойства, достоинства и недостатки покрывного материала теплиц, в качестве которого в основном применяют стекло, поликарбонат монолитный, поликарбонат сотовый и полиэтиленовую пленку [7] (таблица 2).

Проанализировав все свойства покрывных материалов, можно отметить, что сотовый поликарбонат в отличие от монолитного поликарбоната, полиэтиленовой пленки, стекла имеет хорошие характеристики по светопрозрачности и теплопроводности, обладает небольшим весом, выдерживает механические нагрузки и с его использованием

можно создавать различные конфигурации несущих конструкций. Исходя из всего этого сегодня именно его используют для обустройства теплиц, вегетариев, культивационных сооружений малых форм для частного сектора и небольших крестьянско-фермерских хозяйств [7]. Благодаря своим теплоизоляционным свойствам и простоте монтажа, а также соотношению цена/качество сотовый поликарбонат интенсивно используется в хозяйствах и на предприятиях ЮФО.

Дополнительными показателями выбора вида культивационного сооружения могут также служить оценка его взаимодействия с централизованной системой энергоснабжения, долговечность использования и технико-экономические показатели. Анализ и используемые виды оценки применимости теплиц представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Анализ достоинств и недостатков наиболее распространённых вариантов покрывного материала, используемого в теплицах

	Плюсы	Минусы
Поликарбонат сотовый	Небольшой вес материала – 1,3–17,4 кг/м ²	Низкая абразивная устойчивость – 2,1 Дж
	Хорошая светопроницаемость – 78%	Разрушение под воздействием УФ-излучения
	Возможность изгибаться при монтаже	Наличие деформации при воздействии высоких или низких температур
	Химическая устойчивость	Повышенная отражающая способность
	Хорошие теплоизоляционные свойства. Коэффициенты теплопроводности 0,14–0,2 Вт/м·К и теплопередачи – 3,9 Вт/м ² ·°С. Диапазон температур при эксплуатации –45... +120 °С	Загрязняемость внутренних каналов при эксплуатации
	Преломление солнечных лучей позволяет получить рассеянный свет	Необходимость использования дополнительной специальной монтажной арматуры
	Парниковый эффект	
	Оптимальное соотношение цена/качество	
	Срок службы – не менее 10 лет	
Поликарбонат монолитный	Небольшой вес материала – 2,4–14,4 кг/м ²	Высокий коэффициент линейного расширения при изменении температурного режима
	Отличная светопроницаемость – 96%	Разрушение под воздействием УФ-излучения
	Возможность изгибаться при монтаже	Более высокая стоимость
	Жесткость конструкции из материала, прошедшего горячую формовку	Наличие технологических особенностей при монтаже
	Хорошие теплоизоляционные свойства. Коэффициенты: теплопроводности – 0,72–1,0 Вт/м·К и теплопередачи – 5,09 Вт/м ² ·°С. Диапазон температур при эксплуатации –45...+120 °С	Необходимость использования дополнительной специальной монтажной арматуры
	Химическая устойчивость	Повышенная отражающая способность
	Парниковый эффект	
	Срок службы – не менее 10 лет	
Полиэтиленовая пленка	Легкость монтажа пленочного покрывного материала	Пленочная теплица недолговечна – монтаж и демонтаж каждый год. Максимальный срок службы – 5 лет
	Хорошая светопроницаемость – до 90%, степень прозрачности – 79–93%	Низкая прочность, несмотря на армирование
	Коэффициенты: теплопроводности – 0,25–0,3 Вт/м·К при плотности 916 кг/м ³ и теплопередачи – 0,5–1,18 Вт/м ² ·°С	Зависимость от ветровой и снеговой нагрузки
	Возможность легкого демонтажа в зимний период	Поддается воздействию УФ-излучения
	Парниковый эффект	
	Низкая цена материала	
Стекло	Довольно длительный срок эксплуатации – до 50 лет	Создание очень прочного фундаментного основания и крепкой каркасной конструкции, вес материала – 10 кг/м ²
	Отличная светопроницаемость – до 98%, степень прозрачности – 89–92%	Является очень хрупким материалом, который подвержен растрескиванию и разбивается при падении. Предел прочности – от 500 до 2000 МПа
	Обладает стабильно высоким показателем теплоизоляции. Коэффициенты: теплопроводности – 0,72–1,0 Вт/м·К и теплопередачи – 5,8 Вт/м ² ·°С. Диапазон температур при эксплуатации –70...+250 °С	Конструкции требуется мощный фундамент, а каркас занимает значительное место
	Стекла легко чистятся от загрязнений и не подвергаются порче с течением времени	Быстро прогревается под воздействием солнечных лучей, что требует обустройства качественной вентиляции
	Разбитые стёкла легко подлежат замене	Теплица из стекла может быть выполнена исключительно в форме двухскатного домика

Таблица 3 – Степень энергозависимости теплиц и их эксплуатационная оценка

Культивационное сооружение	Степень энергозависимости	Использование в осенне-зимний период	Долговечность покрывного материала	Затраты и срок окупаемости
Пленочные теплицы	Зависимая от централизованного энергоснабжения. Основной энергетический поток тепла и света получает от солнца	Не используется. Использование лишь 5–6 месяцев в году	Срок службы 1–2 года	Незначительные затраты; окупается в первый год; существенные трудовые затраты
Поликарбонатные теплицы	Зависимая от централизованного энергоснабжения. Досвечивание и полив электрифицированы. Основной энергетический поток тепла и света получает от солнца	Использование 7–8 месяцев в году	Срок службы 10 лет	Затраты средние; окупается в течение двух лет
Поликарбонатные теплицы с применением ВИЭ	Частично зависимая от централизованного энергоснабжения. Основной энергетический поток тепла и света получает от солнца	Использование 7–8 месяцев в году	Срок службы 10 лет	Затраты средние; окупается в течение двух с половиной лет
Солнечные вегетарии	Зависимая от централизованного энергоснабжения, дополнительно предусмотрена система отопления. Основной энергетический поток тепла и света получает от солнца	Используется круглогодично	Срок службы 10–12 лет	Затраты высокие; окупается в течение пяти лет

Предлагаемое решение и его обоснование. Малый бизнес и индивидуальные предприниматели заинтересованы во всесезонном производстве и реализации овощной зеленой продукции рядом с местом ее выращивания, и, следовательно, их интерес распространяется и на создание круглогодичной, автономной, малоэнергозатратной теплицы или комплекса теплиц, функционирующих на основе местных, возобновляемых энергоресурсов. Технологической особенностью разрабатываемого культивационного сооружения и инновационным подходом при таком решении является автономность, независимость от централизованного энергообеспечения и существенное снижение затрат энергии за счет внедрения энергосберегающих решений, использования возобновляемых энергоресурсов, реализации концепции умного управления процессами и операциями.

Поиск готовых решений и уже реализованных отдельных компонентов, а также изучение существующих аналогов выявил некоторые их недостатки, а именно – обязательное наличие системы централизованного энергоснабжения; в большинстве случаев их функционирование возможно только в теплый период года, очень часто используется автоматизация только отдельных технологических операций; отсутствуют системы резервирования и аккумулирования энергии.

Исправить обозначенные пробелы и недостатки можно, используя местные возобновляемые первичные энергоносители, такие как низкопотенциальная энергия земли и энергия солнца.

Отсутствие на рынке такого рода культивационных сооружений позволило спроектировать и разработать конструкцию автономной теплицы, обосновать функциональную структуру системы

автоматизации, предложить спецификацию требуемых материалов и оборудования, оценить затраты энергии на технологические операции, обеспечив их электрической и тепловой энергией, а также разработать 3D-модель теплицы и размещаемого в ней оборудования.

На схеме (см. рисунок 2) показано расположение технологического оборудования и представлены энергетические потоки, согласованное использование которых необходимо в зимне-осенний период для обогрева теплицы и организации досвечивания растений, а в весенне-летний период – для охлаждения воздушного пространства внутри помещений теплицы и дополнительного

освещения. Массивное темное тело в основании теплицы позволяет накапливать и сохранять тепловую энергию не только внутри теплицы, но и не дает промерзнуть грунту возле нее. Тепловой баланс можно поддерживать при помощи автоматической системы управления для теплиц пятого поколения «МикроКлиф». Влажность воздуха и почвы контролируется при помощи датчиков влажности, сигнал с которых оцифровывается и поступает в управляющий орган при помощи GPS-трекера. Подача воздуха внутрь помещения происходит в летний период через систему «МикроКлиф», а в зимний – через вентиляторы, встроенные в корпус теплицы, с контролем включения, осуществляемый через управляющий орган [5, 6, 8].

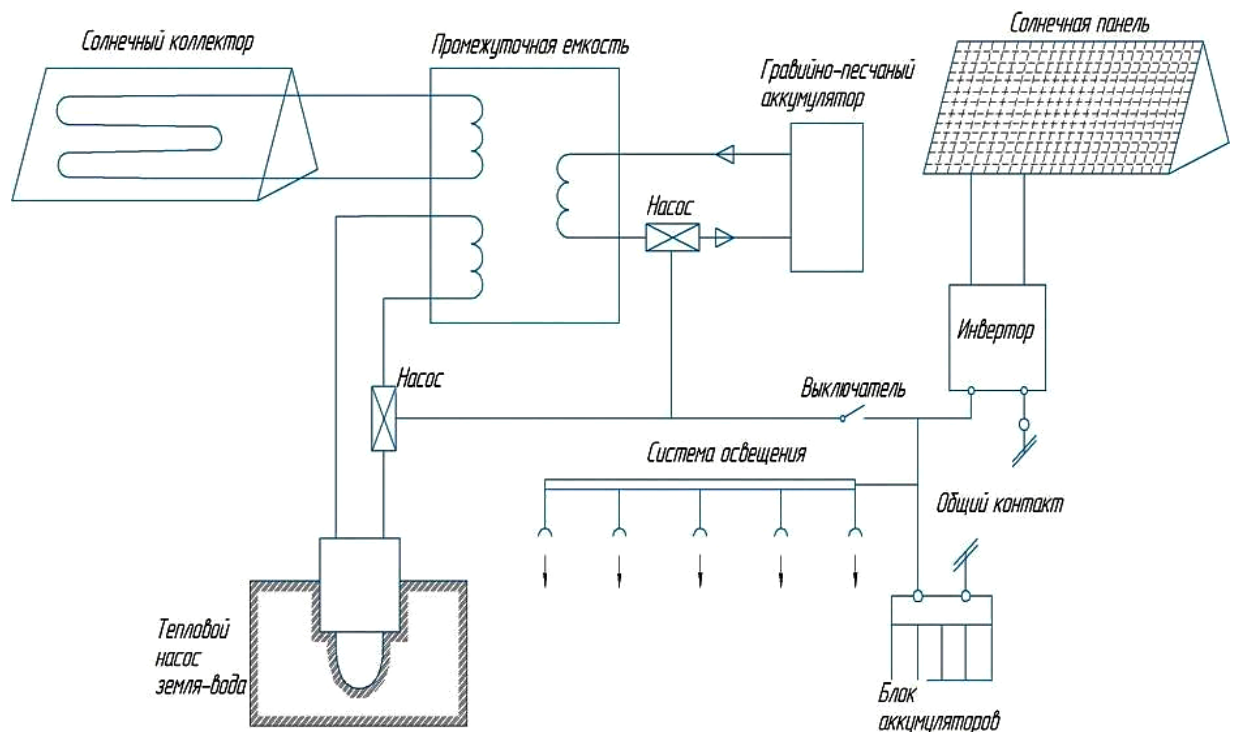


Рисунок 2 – Структурная схема автономной теплицы, функционирующей на местных возобновляемых источниках энергии



Рисунок 3 – 3D-модель комбинированного применения возобновляемых энергоносителей для полностью энергонезависимой теплицы

В сельской местности ЮФО в большинстве случаев эксплуатируются устаревшие линии электропередачи, которые не всегда способны осуществить бесперебойную подачу энергии к теплицам, да и в некоторых районах до сих пор отсутствует центральное энергоснабжение, а местные жители применяют дизельные генераторы для домашних бытовых приборов. Для эффективной работы современного технологического оборудования в проектируемых теплицах необходимо применять электроэнергию без перебоев и с требуемыми параметрами качества.

Преимущество представленного конструкторского решения в том, что монтаж тепличного комплекса предполагается на удаленных территориях Ростовской области и ЮФО, в условиях отсутствия централизованного энергоснабжения, в туристско-рекреационных зонах, природных заповедниках и местах отдыха, не нанося урона и вреда окружающей

среде. Использование альтернативных источников энергии прогнозирует с течением временем снижение себестоимости производимой продукции. Следующим позитивным фактом является возможность организации системы удаленного мониторинга за режимами как в самом тепличном комплексе, так и за режимами работы энергетического оборудования [9]. Предлагаемый тепличный комплекс проектируется согласно требованиям СП 107.13330.2012 Теплицы и парники. Актуализированная редакция СНиП 2.10.04-85 (с Изменением № 1).

К данной теплице можно применить понятие и «умная теплица», так как управление процессами в теплице может осуществляться с помощью мобильного телефона или персонального компьютера удаленно, а применение системы timelapse позволяет наглядно отследить динамику роста растений и изменения параметров сред выращивания.

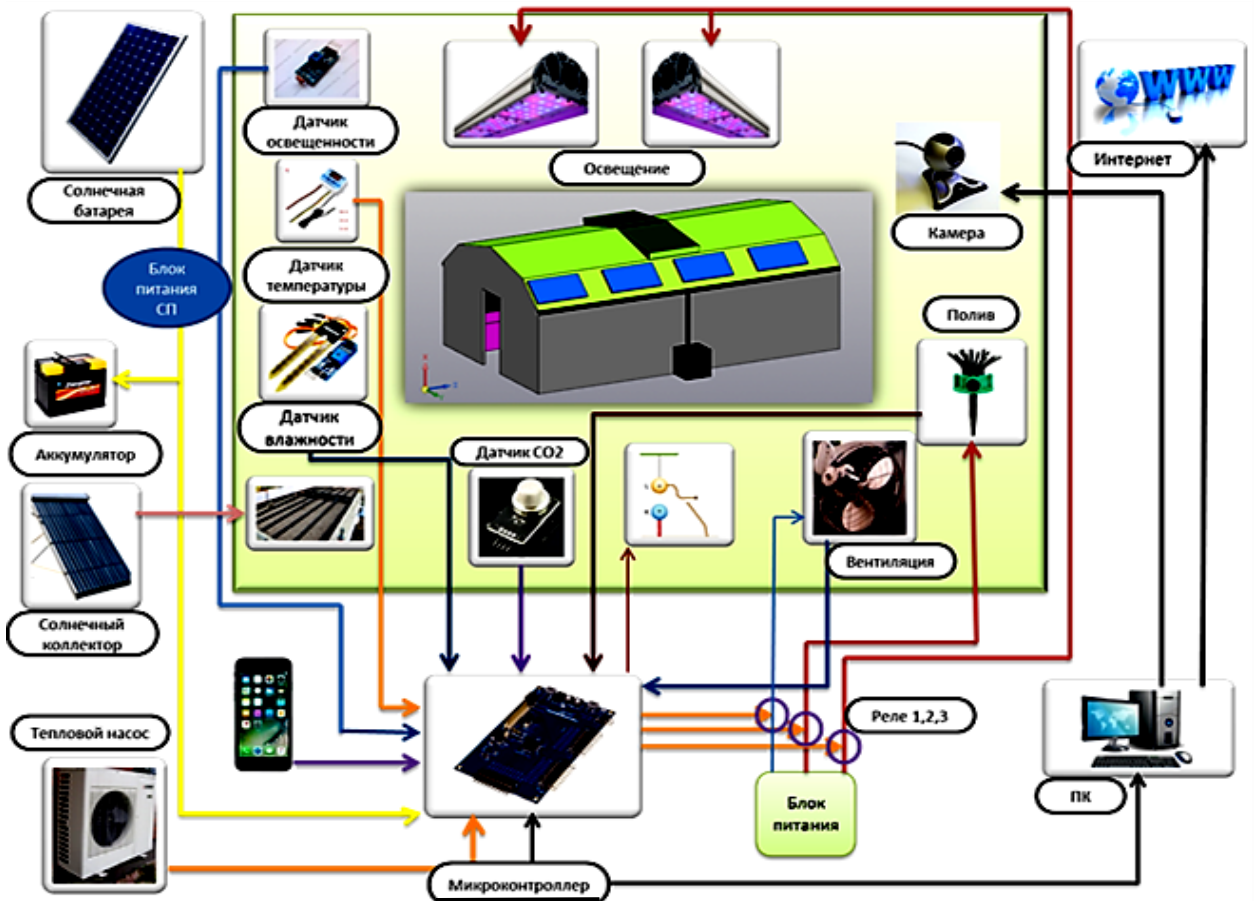


Рисунок 4 – Схема применения и работы оборудования с использованием цифровых технологий для управления техническими процессами

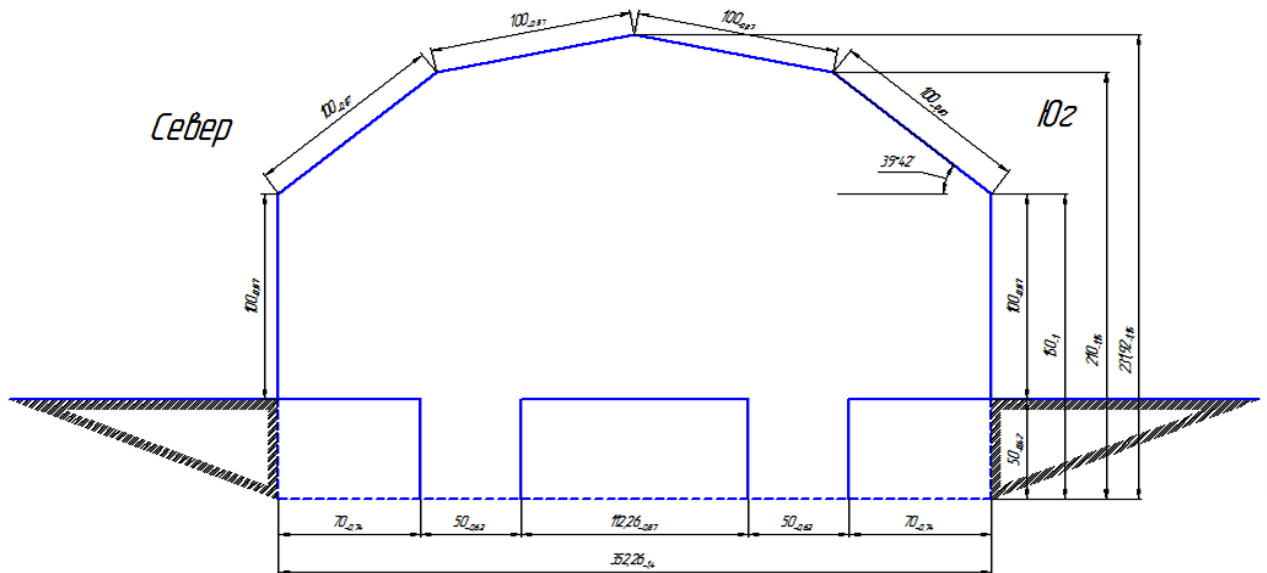


Рисунок 5 – Круглогодичная малогабаритная блочная теплица, разработанная с учетом климатических и технологических особенностей

Преимущества автономно функционирующей теплицы, спроектированной для ЮФО:

- 1) предложенная конструкция теплицы энергоэффективнее существующих аналогов;
- 2) цифровизированы все технологические операции;

3) экологичность производства;
4) энергонезависимость от внешнего энергоснабжения;

5) материально-финансовая доступность для небольших предприятий или подсобных и фермерских хозяйств.

Идея разработки автономной малоэнергозатратной теплицы на основе альтернативных источников не имеет подобных технологических решений, так как применение возобновляемых энергоносителей не приводит к загрязнению экологической среды региона. Тепличный комплекс представлен из двух помещений:

технического помещения и зоны выращивания. В проектируемой теплице предусматривается применение солнечной энергии для генерации электрического тока и его резервирования для последующего выполнения технологических операций. Также солнечная энергия применяется для водяного обогрева почвы при помощи солнечного коллектора [10]. Солнечное излучение непостоянно, поэтому в отсутствие солнечной радиации тепловые потери компенсируются за счет функционирования теплового насоса «земля – вода» – для обогрева почвы, а для досвечивания растений и организации их полива в качестве источника электрической энергии применяют блок электрохимических аккумуляторов. Для наибольшего теплоэнергетического эффекта под почвой планируется разместить песчано-гравийный аккумулятор, который способен накапливать дневное тепло и отдавать его, поддерживая необходимую температуру в ночное время суток.

Конструктивная особенность теплицы заключается в адаптивной конструкции ската крыши под солнечную панель, оптимальный средний угол наклона солнечной панели равен 39° [11]. Конструкция полностью адаптирована под климатические условия Ростовской области.

Для технико-экономической оценки рассчитан мини-бизнес-план по выращиванию зеленых овощных культур в горшечно-лоточном исполнении в блочном тепличном комплексе. Срок окупаемости одного блочного комплекса – 1,5 года. Предлагаемый блочный комплекс быстро окупается, он легко монтируется, не требует централизованного энергоснабжения. Финальным завершением проекта может стать экологически чистое зеленое кафе, где

посетители могут наблюдать за приготовлением здоровой пищи и выбирать ингредиенты блюд самостоятельно, практически на «грядках».

Вывод. Тепличная отрасль в России развивается интенсивно, но на данный момент импорт зарубежной зеленой продукции составляет около 70%, что не отвечает требованиям «овощной безопасности» страны. Внутренний сбор овощей и зелени экологичнее, чем привезенная продукция из-за рубежа. Поэтому предлагаемая конструкция позволяет решить целый ряд обозначенных проблем и снизить себестоимость готовой продукции. Применение тепличного комплекса экономически обосновано мини-бизнес-планом, где просчитан срок окупаемости и приведены все затраты.

Литература

1. Груздева, В.В. Некоторые аспекты потребления продуктов питания в регионе / В.В. Груздева, А.Н. Игошин // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 9 (76). – С. 110–118.
2. Максимова, Е. Урожай тепличных овощей может стать рекордным [Электронный ресурс] / Е. Максимова // Агроинвестор [Сайт]. – 2018. – № 1. Режим доступа: https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/30533-urozhay-teplichnykh-ovoshchey-mozhet-stat-rekordnym/?utm_source=email_agro-editorial&utm_medium=email&utm_campaign=16-issue-2018-10-06&utm_content=title_9.
3. Состояние и перспективы развития овощеводства закрытого грунта в Российской Федерации / А.С. Дорохов, И.А. Старостин, Н.О. Чилингарян, А.А. Дорохов // Аграрная Россия. – 2019. – № 10. – С. 45–48.
4. Гужвина, Н.А. Анализ и перспективы развития производства овощей защищенного грунта в Ростовской области / Н.А. Гужвина, С.А. Гужвин // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1–2. – С. 70–74.
5. Каун, О.Ю. Обоснование параметров микроклимата сооружений защищенного грунта / О.Ю. Каун, И.Н. Озеров // Инновации в сельском хозяйстве. – 2017. – № 3 (24). – С. 49–52.
6. Степанчук, Г.В. Энергоэффективная система облучения в теплице // Г.В. Степанчук, И.В. Юдаев, А.В. Жарков // Вестник аграрной науки Дона. – 2016. – № 1 (33). – С. 5–12.
7. Юдаев, И.В. Изучение светопропускающих свойств сотового поликарбоната – покрывного материала круглогодичных теплиц / И.В. Юдаев // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 120 (06). – С. 239–252.
8. Система автоматического управления микроклиматом малогабаритной теплицы защищенного грунта с применением микроконтроллера / М.С. Волхонов, С.Л. Габалов, С.В. Иванов, И.А. Смирнов, К.А. Джумалиев // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сборник статей 66-й Международной научно-

практической конференции: в 3 т. Костромская ГСХА. – Кострома, 2015. – С. 91–95.

9. Умная теплица. Автоматизация процессов выращивания культур в малогабаритных теплицах / Р.Д. Адакин, М.Л. Борисова, В.П. Дмитренко, О.Г. Несиоловский, И.М. Соцкая // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции в рамках XXII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш». Донской государственный технический университет, Аграрный научный центр «Донской». – Ростов-на-Дону, 2019. – С. 329–332.

10. Spatio-temporal modeling of roof-top photovoltaic panels for improved technical potential assessment and electricity peak load offsetting at the municipal scale / L.R. Camargo, R. Zink, W. Dorner, G. Stoeglehner // *Computers, Environment and Urban Systems*. – 2015. – № 52. – P. 58–69.

11. Даус, Ю.В. Снижение затрат на оплату потребленной электрической энергии за счет утилизации солнечной энергии / И.В. Юдаев, Ю.В. Даус, Г.В. Степанчук // *Гелиотехника*. – 2018. – № 2. – С. 75–80.

References

1. Gruzdeva V.V., Igoshin A.N. Nekotorye aspekty potrebleniya produktov pitaniya v regione [Some aspects of food consumption in the region], *Vestnik NGIEI*, 2017, No 9 (76), pp. 110–118. (In Russian)

2. Maksimova E. Urozhaj teplichnykh ovoshhej mozhet stat' rekordnym [The harvest of greenhouse vegetables can become a record], [Elektronnyj resurs], *Agroinvestor [Sajt]*, 2018, No 1. Rezhim dostupa: https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/30533-urozhaj-teplichnykh-ovoshchey-mozhet-stat-rekordnym/?utm_source=email_agro-editorial&utm_medium=email&utm_campaign=16-issue-2018-10-06&utm_content=title_9.

3. Dorokhov A.S., Starostin I.A., Chilingaryan N.O., Dorokhov A.A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya ovshhevodstva zakrytogo grunta v Rossiyskoy Federatsii [State and prospects of development of vegetable growing of the closed ground in the Russian Federation], *Agrarnaya Rossiya*, 2019, No 10, pp. 45–48. (In Russian)

4. Guzhvina N.A., Guzhvin S.A. Analiz i perspektivy razvitiya proizvodstva ovoshhey zashhishhennogo grunta v Rostovskoy oblasti [Analysis and prospects of development of production of vegetables of the protected soil in the Rostov region], *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, No 1–2, pp. 70–74. (In Russian)

5. Kaun O.Yu., Ozerov I.N. Obosnovanie parametrov mikroklimata sooruzhenij zashhishhennogo grunta [Analysis and prospects of development of production of vegetables of the protected soil in the Rostov region], *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*, 2017, No 3 (24), pp. 49–52. (In Russian)

6. Stepanchuk G.V., Yudaev I.V., Zharkov A.V. Energoeffektivnaya sistema oblucheniya v teplitse [Energy efficient training system in the greenhouse], *Vestnik agrarnoy nauki Dona*, 2016, No 1 (33), pp. 5–12. (In Russian)

7. Yudaev I.V. Izuchenie svetopropuskayushhikh svoystv sotovogo polikarbonata – pokryvnogo materiala kruglogodichnykh teplits [Study of light-transmitting properties of cellular polycarbonate-the cover material of year-round

greenhouses], *Nauchnyy zhurnal KubGAU*, 2016, No 120 (06), pp. 239–252. (In Russian)

8. Volkhonov M.S., Gabalov S.L., Ivanov S.V., Smirnov I.A., Dzhumaliev K.A. Sistema avtomaticheskogo upravleniya mikroklimatom malogabaritnoy teplitsy zashhishhennogo grunta s primeneniem mikrokontrollera [Automatic microclimate control system of a small greenhouse of protected soil with the use of a microcontroller], *Aktualnye problemy nauki v agropromyshlennom komplekse: sbornik statey 66-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 3 t. Kos-tromskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya aka-demiya*, Kostroma, 2015, pp. 91–95. (In Russian)

9. Adakin R.D., Borisova M.L., Dmitrenko V.P., Nesiolovskij O.G., Sotskaya I.M. Umnaya teplitsa. Avtomatizatsiya protsessov vyrashhivaniya kultur v malogabaritnykh teplitsakh [Smart greenhouse. Automation of processes of crop cultivation in small greenhouses], *Sostoyanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: sbornik nauchnykh trudov XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii v ramkakh XXII Agropromyshlennogo foruma yuga Rossii i vystavki «Interaгромаш»*. Donskoy gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet, Agrarnyy nauchnyy tsentr «Donskoi». Rostov-na-Donu, 2019, pp. 329–332. (In Russian)

10. Camargo L.R., Zink R., Dorner W., Stoeglehner G. Spatio-temporal modeling of roof-top photovoltaic panels for improved technical potential assessment and electricity peak load offsetting at the municipal scale. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2015, No 52, pp. 58–69.

11. Daus Yu.V., Yudaev I.V., Stepanchuk G.V. Snizhenie zatrat na oplatu potreblennoy elektricheskoy energii za schet utilizatsii solnechnoy energii [Reduction of expenses for payment of the consumed electric energy at the expense of utilization of solar energy], *Geliotekhnika*, 2018, No 2, pp. 75–80. (In Russian)

Сведения об авторах

Юдаев Игорь Викторович – доктор технических наук, профессор кафедры «Теплоэнергетика и техносферная безопасность», заместитель директора по научной работе, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» в г. Зернограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-902-381-83-39; +7-905-397-64-17. E-mail: etsh1965@mail.ru.

Попов Максим Юрьевич – аспирант первого года обучения кафедры «Теплоэнергетика и техносферная безопасность», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» в г. Зернограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-928-144-64-69. E-mail: 19maxim95@mail.ru.

Попова Регина Владиславовна – магистрант второго года обучения кафедры «Агрономия и селекция сельскохозяйственных культур», Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» в г. Зернограде (Ростовская область, Российская Федерация). Тел.: +7-928-168-68-76.

E-mail: reginayatsk@mail.ru.

Information about the authors

Yudaev Igor Viktorovich – Doctor of Technical Sciences, professor of the Thermal power engineering and techno-sphere safety department, Deputy Director for Research Work, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation). Phone: +7-902-381-83-39; +7-905-397-64-17. E-mail: etsh1965@mail.ru.

Popov Maxim Yurievich – post-graduate student of the Thermal power engineering and technosphere safety department, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation). Phone: +7-928-144-64-69. E-mail: 19maxim95@mail.ru.

Popova Regina Vladislavovna – master student of the Agronomy and selection of agricultural crops department, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd (Rostov region, Russian Federation). Phone: +7-928-168-68-76. E-mail: reginayatsk@mail.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.