

и навесные косилки, ворошилки, грабли, пресс-подборщики, упаковщики сенажной и силосной массы, комплект оборудования для закладки и трамбовки силосной массы с внесением консервантов и обогатительных добавок. В перспективе предусматривается освоить выпуск кормоуборочного навесного комбайна с пропускной способностью 38 — 44 кг/с и мощный самоходный кормоуборочный комплекс с комплектом сменных адаптеров для ускорения темпов уборки кукурузы на силос.

Решается комплекс проблем механизации в животноводстве. Для оснащения молочно-товарных ферм и откормочных комплексов перспективным оборудованием запланировано создание многофункционального роботизированного оборудования для приготовления кормосмесей, для доения коров — доильных установок нового поколения «Елочка», «Параллель» (2х10–2х24), «Карусель» и доильного робота. Для автоматизированного доения коров с охлаждением молока в пастбищных условиях предусматривается разработка передвижной доильной установки УДП-8 и мобильной установки для охлаждения молока УОМ-3. Для охлаждения молока на фермах запланировано создание высокоэффективной установки емкостью более 10 тыс. литров. Для удаления навоза на фермах КРС разрабатывается сепаратор для разделения его на твердую и жидкую фракции и насос-смеситель для перекачивания бесподстильного навоза из навозосборников в навозохранилище с последующим удалением и транспортированием. В свиноводстве предусмотрена разработка системы удаления навоза по трубам, мобильного средства для перевозки свиней, средств автоматизации управления технологическими процессами раздачи кормов, теплоснабжения и микроклимата, а также системы диспетчеризации.

Таким образом, Республика Беларусь характеризуется достаточно высокими показателями продуктивности аграрной отрасли. Создана устойчивая база для ее дальнейшего развития. Основа этого процесса — инновационные технологии, реализуемые посредством высокоэффективных технических средств. Материальные ресурсы, научные разработки и аграрная политика государства позволяют в ближайшей перспективе белорусскому агропромышленному комплексу выйти на уровень развитых европейских стран с учетом индекса потенциала отечественных природных ресурсов.

СИСТЕМО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ТЕПЛИЧНОГО ОВОЩЕВОДСТВА БЕЛАРУСИ

Л.С. Герасимович, академик НАН Беларуси, д.т.н., профессор,

Л.А. Веремейчик, д.с.-х.н., профессор,

С.Л. Богданович, зав. лабораторией, В.А. Павловский, ассистент

Белорусский государственный аграрный технический университет (г. Минск)

В современных условиях социально-экономического развития Республики Беларусь одним из приоритетов государственной аграрной политики является сохранение и совершенствование отрасли тепличного овощеводства, превращение ее в высокотехнологичное производство путем проведения мероприятий научно-технического, организационно-экономического, финансового и технологического направлений.

Согласно Государственной программе возрождения и развития села на 2005–2010 гг. необходимо получить в закрытом грунте не менее 90 тыс. т овощей, что позволит довести их потребление до 9 кг в год на одного жителя республики (в 1,6 раза больше, чем в 2004 году).

Необходимость внедрения наукоемких агротехнологий и современное технико-технологическое перевооружение отечественного тепличного овощеводства продиктовано прежде всего необходимостью повышения урожайности, объемов производства высококачественной овощной продукции и энергоэффективности биопродукционных процессов (БПП).

В последнее десятилетие в республике реконструировано и переведено на импортные малообъемные технологии выращивания овощей 204 га зимних теплиц (94% от их общей площади). Главными преимуществами данных технологий являются снижение удельных энергозатрат на 30–40% в структуре себестоимости производства, в первую очередь за счет технологического эффекта — повышения урожайности овощей в 2–3,5 и более раз. Вместе с этим данные урожайности тепличных комбинатов, полученных в 2008 году, существенно

различаются: от 6,0 кг/кв.м. полезной площади теплицы (в РСКУП «Волковысское») до 50,1 кг/кв. м (на Минском парниково-тепличном комбинате) при средней урожайности по стране — 41,6 кг/кв.м. Такой разброс урожайности тепличных комбинатов обусловлен уровнем совершенства технологий и управления производством.

Главными задачами овощеводства, по-прежнему, являются повышение урожайности и снижение себестоимости продукции, увеличение рентабельности и адаптация тепличного производства к конкурентным рыночным условиям.

Развитие отечественного тепличного овощеводства имеет следующие особенности:

- *агроклиматические*: сравнительно небольшое время активного солнцестояния, что объективно сдерживает рост и урожайность овощных культур;
- *энергоэкономические*: высокая энергоемкость тепличной продукции при все возрастающей стоимости топливно-энергетических ресурсов вплоть до мировых цен, что существенно повышает себестоимость производства овощей;
- *техничко-технологические*: использование почти полностью импортного технологического оборудования и расходных материалов (субстратов, минеральных удобрений и др.), приобретаемых у разных производителей и не сертифицируемых в Беларуси, требующих постоянной адаптации к конкретным условиям отечественных тепличных комбинатов;
- *виды и состояние теплиц*: срок эксплуатации большинства зимних остеклованных теплиц превышает полтора десятка лет: они устарели физически и морально и поэтому сравнительно энергозатратны; весенние пленочные теплицы имеют отсталую технологию выращивания овощей на почвогрунтах и пока не модернизируются. Перевод зимних теплиц на выращивание овощей на новые малообъемные и бессубстратные технологии в Беларуси требует увязки с агроклиматическими условиями Беларуси в конкретных условиях производства тепличных комбинатов и хозяйств, чтобы обеспечить существенное снижение энергоемкости и конкурентоспособность овощеводческой продукции в критические для Беларуси периоды года. Принятая программа строительства новых отечественных теплиц, учитывающих особенности промышленности, строительных и расходных материалов, должна быть максимально импортозамещающей, что также окажет влияние на агротехнологические режимы БПП в современных теплицах;
- *научный потенциал*: следует признать, что в настоящее время немногочисленные научные коллективы исследования в Беларуси не обеспечивают целенаправленное инновационное развитие отечественного тепличного овощеводства.

В этих условиях наиболее оправданна научная методология системно-функционального анализа, требующая комплексного решения задач применительно к системно-сложным объектам труда — биотехническим бизнес-системам. Она включает биологические объекты труда, ценоз растений в теплицах, агроклиматические и антропологические воздействия внешней среды в течение всего цикла производства. Эта методология обеспечивает разработку системы требований к технологическому оборудованию и оптимальным энергоэффективным режимам управления БПП.

Современное тепличное овощеводство — одна из наиболее наукоемких и высокотехнологических отраслей аграрного производства. Эта отрасль является сложной управляемой эргатической (человеко-машинной) биотехнической системой. Стремление к уменьшению неуправляемых параметров в технологии выращивания овощей необходимо для снижения всех издержек производства, повышения урожайности и качества овощей. Это становится главной системной задачей (комплексной целевой функцией) тепличного овощеводства.

Задача энерго- и ресурсосбережения в теплице как сложно-системном объекте управления тесно связана с эффективностью БПП растений как биологических объектов труда.

Техничко-технологические системы тепличного овощеводства достаточно разнообразны. С функциональной точки зрения их задача — обеспечение БПП оптимальным сочетанием параметров внешней среды — освещения, воздуха и питательного раствора.

Современная классификация технологий выращивания овощей (по Ермакову Е.И.) основана на способе питания корнеобитаемой среды. Различают следующие классы этих технологий:

- агрегатопоника — корни растений размещены в твердой фазе (почвогрунт или искусственный субстрат);
- гидропоника — корни растений омываются питательным раствором;
- аэропоника — корни растений размещаются в воздухе и периодически омываются питательным раствором.

Каждая из технологий имеет свои особенности, преимущества и недостатки применительно к конкретным условиям. Вместе с тем, учитывая развитость малообъемных технологий (агрегатопоники) в тепличном овощеводстве Беларуси, особое внимание в работе уделено выращиванию овощей в малообъемной культуре на искусственных субстратах при различных модификациях систем обогрева, освещения и управления БПП.

В тепличном овощеводстве республики оборудовано малообъемными системами капельного полива большинство тепличных комбинатов, где в качестве субстрата используется преимущественно импортная минеральная вата. Перевод отрасли на эту технологию выращивания овощей позволил повысить урожайность овощей в 2–3,5 и более раз за последние 10–15 лет, поэтому технология малообъемной агрегатопоники является важнейшим системообразующим фактором тепличного овощеводства Беларуси.

В тепличном овощеводстве функции ТП реализуются за счет действий, в которых участвуют системные компоненты: предмет труда — ценоз растений овощных культур в теплице; светопроницаемые сооружения защищенного грунта (теплицы), орудия и средства труда — технологическое оборудование капельного полива, отопительно-вентиляционное оборудование; расходные материалы — вода, химические удобрения, искусственные субстраты, насекомые-опылители, энергетические ресурсы — электроэнергия, топливо; обслуживающий персонал, автоматизированные системы управления технологическими процессами (ТП) и др.

Степень участия и уровень использования системных компонентов в процессе реализации функций ТП определяют организационно-технологический уровень всей эргатической (человеко-машинной) системы.

Представление растения как системы открывает целенаправленный системный анализ биопродукционных, технико-технологических и энерго-экономических особенностей тепличного овощеводства.

Управление БПП овощных культур в современном тепличном овощеводстве — одно из активно развивающихся направлений агробиологических и технико-технологических наук. Фундаментальные исследования в этой области связаны с разработкой принципов, созданием и применением регулируемых биопродукционных систем (РБПС).

Составляющими системами РБПС являются агробиоценоз растений и его главные подсистемы: фитоценоз; жизнеобеспечение растений, изменяющиеся в процессе вегетации; информационно-управляющий комплекс (ИУК), обеспечивающий фито- и биомониторинг с аналитической оценкой функционирования системы.

В настоящее время достаточно развиты РБПС тепличного овощеводства первого поколения с теплицами, оснащенными автоматизированными системами управления БПП, такими как: микроклимат в теплицах с добавкой CO_2 ; досвечивание рассады; капельный полив растений в малообъемной культуре; светокультура растений в основном процессе выращивания урожая. Значительная часть параметров, характеризующих условия жизнеобеспечения и развития растений, управляется, а остальные контролируются. При этом используются различные методы растительной диагностики (визуальной, инструментальной, биохимической и др.)

Исследование энергоэффективности БПП выполняется с использованием методологии структурно-функционального имитационного IDEF-моделирования, которое широко используется при анализе и совершенствовании (реинжиниринге) различных бизнес-процессов. Разработана структурно-функциональная IDEF0-модель функционирования энергосистемы агрогородка с тепличным комбинатом и структурно-функциональная модель реинжиниринга бизнес-системы. Использование модели реинжиниринга обеспечивает всесторонний анализ энергоэффективности и синтез модели инновационного развития тепличного овощеводства. Моделирование в нотации DFD входит составным блоком в пакет ПО IDEF-моделирования.

Функционально-стоимостной анализ (ФСА) технологических процессов (ТП) в рамках структурно-функционального IDEF-моделирования — комплексный метод анализа организационно-технологических структур, основной целью которого является выявление и устранение избыточных затрат на реализацию полезных функций этой системы.

В исследовании применены следующие формы ФСА: корректирующая, предназначенная для оценки ранее созданных технико-технических решений; творческая; генерирующая новые энергоэкономичные технико-технологические решения; инверсная, предназначенная для систематизации сфер применения новых разработок на действующих и реконструируемых тепличных комбинатах Беларуси.

В ходе ФСА важна функционально-экономическая диагностика освоенных ТП, выявление дорогостоящих функций и элементов, снижающих уровень качества процесса и вызывающих повышение затрат.

Степень участия и уровень использования системных компонентов в процессе реализации функций ТП определяют организационно-технологический уровень всей эргатической (человеко-машинной) системы.

При выборе объектов ФСА, требующих инновационного воздействия, приоритет получают процессы, имеющие высокую долю затрат (трудовых, материальных и энергетических): приводящие к возникновению брака; снижающие урожайность; вовлекающие большие объемы энергоресурсов, расходных материалов и оборотных средств; приводящие к низкому коэффициенту использования материалов создающие условия экологической опасности; трудоемкие; имеющие низкий уровень механизации и автоматизации.

Таким образом, метод ФСА бизнес-процессов позволяет выявить приоритетный ряд эффективных мероприятий тепличного биофункционального производства. При этом следует учесть, что технологию выращивания овощных культур в малообъемной культуре с иностранным автоматизированным оборудованием капельного полива и поддержания микроклимата в условиях тепличного овощеводства Беларуси можно считать освоенной.

Для выявления конкретной области ФСА проведен предварительный укрупненный выбор зоны анализа бизнес-процессов по затратам для современного тепличного овощеводства республики. В качестве базового варианта наиболее представительна энергосберегающая блочная зимняя теплица площадью 3 га, сооруженная в 2008 году на КУП «Минская овощная фабрика».

Теплица предназначена для круглогодичного выращивания томата, огурца, земляники в продленном культурообороте способом малообъемной агрегатопоники, а также салата — способом проточной гидропоники на органоминеральном субстрате.

Проектом предусмотрено современное прогрессивное, отвечающее принятым стандартам, технико-технологическое обеспечение теплицы, необходимое для интенсивного биофункционального производства овощной продукции. Процессы приготовления питательных растворов, режима полива растений, поддержания микроклимата и другие полностью автоматизированы с выходом информации от локальных микропроцессоров на центральный компьютер.

Основные расчетные показатели сметы проекта следующие:

- выход продукции в год составит: томат — 249,4 т; огурец — 1280 т; салат — 700 тыс. растений; земляника — 11,5 т; редис — 41,1 т.
- процент некондиционной продукции от выращенной — 1–1,5%.
- проектная урожайность: томат — 50 кг/м²; огурец — 80 кг/м² год; салат — 46 кг/м²;
- удельные затраты труда — 39 чел.-час/га на тонну продукции;
- годовые расходы ресурсов: вода на полив растений — 43 тыс. м³; электроэнергия — 16,5 млн. кВт.ч; природный газ — 3247 тыс. м³; сброс сточных вод — 1,3 тыс. м³.

Себестоимость годового объема овощной продукции с учетом роста закупочных цен на продукцию и топливно-энергетические ресурсы представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Себестоимость годового объема продукции

№ п/п	Наименование затрат	Проект	
		Сумма, млн. бел. руб.	Уд. вес в себестоимости затрат., %
1.	Сырье	1108,0	14,7
2.	Вспомогательные материалы	580,6	7,7
3.	Топливо-энергетические ресурсы	3914,5	52,0
4.	Заработная плата	402,5	5,3
5.	Отчисления от ФОЗ	120,7	1,6
6.	Общехозяйственные расходы	30,2	0,4
7.	Общезаводские расходы	129,7	1,7
8.	Амортизация	1207,9	16,10
9.	Прочие расходы	35,2	0,5
	Производственная себестоимость	529,2	100,0

Декомпозиция и системно-функциональный анализ IDEF0-модели базовой биофункциональной системы позволили выявить 22 основных и вспомогательных бизнес-процесса, выполняемые ими функции и виды используемых энергоносителей.

Дальнейшее целенаправленное совершенствование исследуемой модели бизнес-системы с использованием результатов ФСА и инновационных наукоемких разработок позволяет обосновать наиболее перспективные энерго- и ресурсоэффективные решения для тепличного овощеводства Республики Беларусь.

В частности, в результате диагностического ФСА в себестоимости БПП базовой модели, представленной в таблице 1, ведущую роль играют затраты:

-топливно-энергетических ресурсов для тепловлажностной обработки воздуха и дополнительной подачи CO₂ в теплицу;

-расход электроэнергии на искусственное досвечивание растений в теплице и в процессе выращивания продукции, на электропривод насосов капельного полива, дренажа и вентиляции в системе поддержания параметров микроклимата в теплице.

В целом, в себестоимости производства овощной продукции совокупные антропогенные энергозатраты составляют 52%. При этом особую роль играет искусственная освещенность светокультуры растений, потребляющая значительную долю затрат электроэнергии. Имеют место существенные затраты на сырье и вспомогательные материалы, достигающие 22%, что обусловлено принятой малообъемной технологией выращивания овощей и закупкой импортных расходных материалов (минеральная вата, семена, минеральные удобрения, пластмассовые изделия и др.). Существенно ниже трудозатраты за уходом растений и обслуживанием технологического оборудования биопродукционного процесса в теплице, которые составляют около 5%.

Обращают внимание высокие годовые амортизационные отчисления, составляющие 16%, что обусловлено высокой начальной стоимостью импортных основных фондов (конструкций и технологического оборудования теплицы).

На основании наших многолетних системных исследований искусственных субстратов: аглопорит, керамзит, перлит в сравнении с минеральной ватой, заменяемой на новую через год эксплуатации, получены следующие научные результаты:

1. Установлена принципиальная возможность использования отечественных строительных чистых и модифицированных материалов в качестве корнеобитаемых сред при возделывании томатов по малообъемной технологии.

2. Под воздействием длительного (более года) использования минеральных субстратов в них происходят значительные качественные и количественные изменения, определяющие долговечность их эксплуатации, а также гидрофизические свойства корнеобитаемой среды.

3. В минеральных субстратах происходят весьма существенные преобразования химического состава, а именно: переход химических элементов из одних соединений в другие, вынос химических веществ с дренажным раствором и их накопление в корнеобитаемых средах в основном за счет притока из питательного раствора. Процесс использования корнеобитаемых сред сопровождается образованием активного микробиологического комплекса, включающего бактерии, грибы и актиномицеты.

4. Анализ эффективности выращивания томатов в регулируемых условиях теплиц на различных гранулированных минеральных субстратах показал, что более выгодным по сравнению с минеральной ватой оказалось использование в качестве корнеобитаемой среды перлита. Полученные данные позволяют заключить, что субстрат из перлита можно использовать для выращивания томатов непрерывно в течение пяти и более лет, субстраты из аглопорита и керамзита целесообразно эксплуатировать в течение четырех лет.

Полученные результаты позволяют ставить вопрос о замене дорогой импортной минеральной ваты недорогими отечественными гранулированными неорганическими материалами с адаптацией управления режимом капельного полива для повышения энергоэффективности БПП.

Далее, в ИУК первого поколения используются системы контекстно-независимого управления БПП. Трудность такого управления БПП определяется следующими особенностями, требующими учета:

- сложность и нестационарность структуры и параметров функционирования растений не могут быть описаны привычными фундаментальными динамическими моделями в виде системы логических, алгебраических, дифференциальных и других уравнений;

- биологические объекты активно эволюционируют (изменяются) во времени и обладают собственными целями; цели существования и критерии управления меняются со временем и трудноформализованы.

Наши исследования показывают, что дальнейшее развитие ИУК предполагает оперативное управление БПП с использованием параметров отклика самого растения теплице в режиме реального времени ("on-line").

Другим важным научным выводом при изучении управления энергоэффективностью БПП является то, что характер ответной реакции растений на удаление репродуктивных (плоды) и вегетативных органов растений зависит от вида, сорта, условий внешней среды, стадии развития растений или удаляемого органа и др. Все эти особенности требуют учета при целенаправленной селекции и разработке интенсивной управляемой агротехнологии тепличного овощеводства.

Энергоэффективное выращивание основных овощей в зимних теплицах республики имеет свои особенности:

- относительно низкая потенциально возможная урожайность, где лимитирующим фактором является невысокая естественная освещенность в начале зимне-весеннего и во второй половине летне-осеннего оборота;
- устаревшие конструкции зимних теплиц;
- невысокий уровень автоматизации биопродукционных процессов, основанный на контекстно-независимых алгоритмах управления закупаемого импортного оборудования.

Центральным системообразующим фактором современного тепличного овощеводства является овощная культура как биологический объект труда, а технология производства определяет инфраструктуру и энергоэффективность биопродукционных процессов.

В настоящее время центр тяжести научных исследований переносится на создание систем интеллектуального управления по ответной реакции растений с адаптивным организационным управлением производством, включенным в рыночную конъюнктуру потреблением овощей в несезонный период года.

Технико-технологические решения инженерно-технического оборудования в значительной степени обуславливают энергоэффективность тепличного производства, а адаптивные возможности отклика растений как биологических объектов труда, способствуют разработке интеллектуальных систем управления БПП.

Разработанная методология системно-функционального анализа и база данных системы энергосберегающих мероприятий обеспечивают выбор направлений инновационных технико-технологических решений и управления инженерно-техническим оборудованием, а также биологические направления энергосбережения (создание холодоустойчивых сортов овощных культур, светокультура и др.).

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ И КОНКУРЕНТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОВОЩЕПРОДУКТОВОГО ПОДКОМПЛЕКСА АПК

*Г.И. Гануш, чл.-корр. НАН Беларуси, д.э.н., профессор
Белорусский государственный аграрный технический университет (г. Минск)*

Конкурентная устойчивость овощепродуктового подкомплекса как и других продуктовых структур АПК, достигается на основе формирования системы хозяйствования, адекватной обеспечению и стимулированию инновационного развития всех процессов производственно-сбытовой деятельности.

Важным направлением устойчивости отраслей в условиях постоянного возрастания рыночной конкурентности является размещение посевов овощных культур в наиболее приемлемых для них почвенно-климатических зонах. В данном контексте следует исходить из того, что овощные культуры требуют почв плодородных, с богатым содержанием гумуса и элементов минерального питания, с близкой к нейтральной реакцией почвенного раствора. Поэтому попытки разместить овощные посева на почвах, имеющих кадастровую оценку ме-