

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА К ПОСТРОЕНИЮ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ТЕПЛИЧНОЙ СИСТЕМЫ

Т.В. Костеннов

аспирант, e-mail: timofey.kostenov@gmail.com

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск, Россия

Аннотация. В рамках данной статьи рассматриваются информационные и функциональные возможности применения системного анализа к описанию теплицы как системы, проводится процесс декомпозиции. Особое внимание уделяется выделению ключевых свойств системы применительно к теплице. На основе изученного материала строится структурно-функциональная схема теплицы как системы.

Ключевые слова: теплица, системный анализ, декомпозиция, свойства системы.

Введение

Продовольственная безопасность является одной из актуальных проблем государства, большие усилия агропромышленного комплекса направлены на её обеспечение [1]. В рамках решения данной проблемы большую значимость получают методы выращивания агрокультур в регионах с холодным климатом. Подобные методы, кроме очевидных результатов в виде повышения совокупного урожая, позволяют, например, уменьшить затраты на транспортировку продукции, что в свою очередь делает её более доступной для потребителя. Одним из таких методов является метод выращивания растений в закрытых грунтах, широко применяемый тепличными хозяйствами по всему миру. Применение теплиц в промышленности позволяет максимально использовать биологический потенциал растений благодаря возможности управления многими факторами роста. Доля теплиц в сельском хозяйстве растёт, и, по прогнозам специалистов, данная тенденция будет сохраняться в ближайшие годы [2].

Общий курс на автоматизацию и уменьшение участия человека в базовых операциях находит всё больше поддержки. Одним из применений автоматизации в области тепличных хозяйств являются управляемые алгоритмами теплицы. Применение алгоритмов, основанных не только на текущем состоянии управляемого объекта, но и на данных о его функционировании в прошлом, затрудняется как сложностью подобных алгоритмов, так и требуемыми вычислительными мощностями.

В большинстве исследований, посвящённых теплицам и тепличным хозяйствам, большое внимание обращается на проектирование отдельных реализаций, прикладной же системный анализ и унификация моделей применяется реже [3].

В рамках данной статьи рассматривается процесс декомпозиции теплицы в применении системного анализа и выявления у рассматриваемого объекта основных свойств системы. Результатами данных действий станут структурная и функциональная схемы теплицы как системы, на основе которых будет возможно дальнейшее моделирование многоуровневых компонентных цепей подсистем с целью выведения и проверки работоспособности алгоритма управления.

Согласно структуре системного анализа, необходимо провести декомпозицию существующей системы, выбрать наиболее подходящий вариант декомпозиции, выделить статические, динамические, синтетические, свойства системы, получить различные представления исследуемой системы.

1. Декомпозиция существующей системы

Рассмотрим теплицу, состоящую из следующих компонентов.

- Устройства управления:
 - Основное устройство управления, отвечающее за анализ данных и выработку управляющих сигналов;
 - Устройство конвертер показаний датчиков, отвечающее за конвертацию показаний датчиков из различных низкоуровневых протоколов в единый протокол высокого уровня;
 - Устройство конвертер управляющих сигналов, отвечающее за конвертацию сигнала, выработанного основным устройством управления, в сигналы низкого уровня для переключения устройств регуляции среды.
- Датчики:
 - расположенные в ёмкости для полива:
 - датчик уровня воды;
 - датчик температуры воды.
 - расположенные внутри теплицы:
 - датчик освещённости;
 - датчик температуры воздуха;
 - датчик влажности воздуха;
 - датчик уровня CO₂.
 - расположенные в субстрате:
 - датчик температуры субстрата;
 - датчик влажности субстрата.
 - расположенные во внешней среде:
 - датчик температуры воздуха;
 - датчик влажности воздуха;
 - датчик освещённости.
- Устройства регуляции среды:

- насос для заполнения водой ёмкости для полива;
- нагреватель воды в ёмкости для полива;
- насос для подачи воды в субстрат;
- баллон с CO₂;
- устройство вентиляции;
- устройство освещения;
- нагреватель воздуха.
- Также следует выделить как отдельные объекты
 - весь внутренний объем теплицы, в котором находится субстрат;
 - выращиваемое растение;
 - интерфейс для взаимодействия с пользователем.

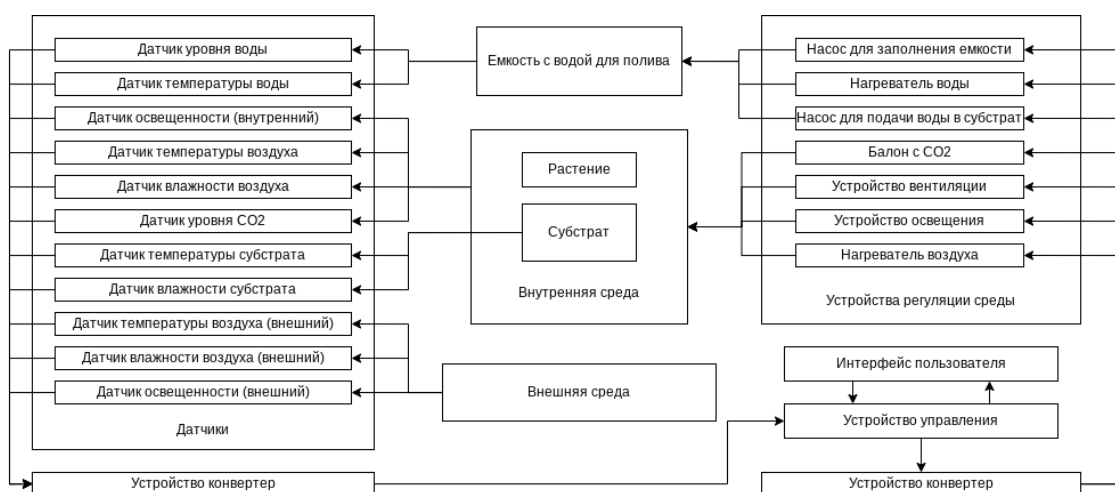


Рис. 1. Схема информационных связей компонентов теплицы

Даже без применения методов системного анализа можно заметить некоторую связь между компонентами. Сгруппировав компоненты по их назначению и информационным связям между ними, получим схему (см. рис. 1)

Данная схема, хотя и не является достоверно описывающей систему с точки зрения системного анализа, может быть использована в качестве опоры для выведения общих структурной и функциональной схем и в ходе следующих исследований подобных схем для подсистем [4]. Стоит отдельно отметить, что в данной статье будут рассматриваться только информационные потоки внутри системы для облегчения моделирования и исследования.

В процессе декомпозиции следует выделить цель и основную функцию системы. Для рассматриваемого объекта основной функцией является анализ данных о состоянии внутренней среды и их коррекция с помощью устройств регуляции среды, а основной целью — поддержание состояния внутренней управляемой среды.

Также в процессе декомпозиции необходимо чётко выделить исследуемую систему из внешней среды. Теплица по своему принципиальному устройству без труда выделяется из внешней среды, поскольку подразумевается, что внутренняя среда отделена от внешней.

На третьем шаге необходимо определить воздействующие на рассматриваемый объект внешние факторы. Исходя из схемы связей, основными внешними факторами, влияющими на работу устройства управления, являются данные, вводимые пользователем, и данные о состоянии внешней среды, такие как температура и влажность воздуха, уровень освещённости.

Далее следует выделить тенденции развития и различные неопределённости. Для рассматриваемого объекта цель и функции определены строго, структура не подвержена изменениям. Неопределённостями можно считать внешние факторы среды, т. к. прогнозирование изменений внешней среды не поддаётся вычислению в приемлемое время устройствами управления теплицы.

Следующим шагом необходимо представить систему с точки зрения «чёрного ящика»¹. На этом шаге мы неизбежно сталкиваемся с проблемой выделения входных и выходных параметров. Входные параметры системы можно определить исходя из задач и информационных потоков. Поскольку система должна поддерживать характеристики среды в каких-то заранее заданных рамках, одним из входов можно считать эти заданные условия. Другим входом могут послужить данные о состоянии внешней среды. Выходами системы могут быть данные о состоянии внутренней среды после работы всей системы.

Последним шагом является определение различных вариантов декомпозиции.

Функциональная декомпозиция основывается на анализе функций системы. Используя данную стратегию в существующей системе, можно выделить следующие подсистемы:

- «Система Пользовательского Интерфейса» — отвечает за предоставление пользователю актуальных данных о состоянии системы, передачу введённых пользователем данных «Системе Управления»;
- «Система Управления» — отвечает за выработку управляющих сигналов для «Системы Регуляции Среды», получение данных от «Системы Сбора Данных», предоставление данных для «Системы Пользовательского Интерфейса»;
- «Система Регуляции Среды» — отвечает за переключение средств регуляции среды в соответствии с управляющим сигналом от «Системы Управления»;
- «Система Сбора Данных» — отвечает за опрос датчиков с использованием различных протоколов связи низкого уровня, преобразования полученных данных и их отправку «Системе Управления» с использованием протоколов связи высокого уровня.

Основываясь на выделенных подсистемах и списке используемых компонентов, можно составить функциональную схему рассматриваемой системы (см. рис. 2).

Видны границы между подсистемами и связи между ними, каждая подсистема выполняет строго определённый набор операций.

¹ Термин, используемый для обозначения системы, внутреннее устройство и механизм работы которой очень сложны, неизвестны или неважны в рамках данной задачи.

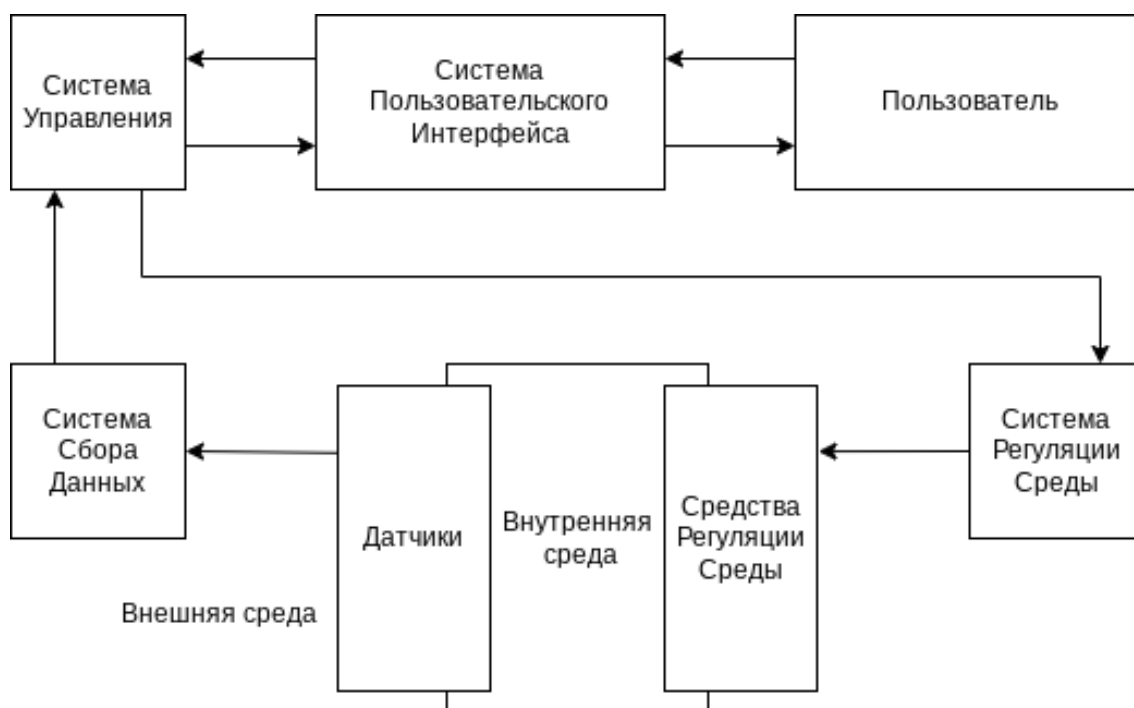


Рис. 2. Функциональная схема рассматриваемой системы

Компонентная декомпозиция, соответственно своему названию, основывается на выделении подсистем через общий вид элементов. Основываясь на данном виде декомпозиции, можно выделить следующие подсистемы:

- «Система Устройств Сбора Данных», содержащая в себе все возможные датчики, существующие в системе;
- «Система Устройств Регуляции Системы», содержащая в себе все возможные устройства регуляции системы, существующие в системе;
- «Система Устройств Управления», содержащая в себе все вычислительные устройства системы;
- «Система Алгоритмов», содержащая в себе все алгоритмы системы, отвечающие за передачу, анализ, получение данных и переключение устройств.

Хотя границы между подсистемами определены гораздо более точно, использование декомпозиции данного вида в дальнейшем моделировании затруднительно. Однако возможно использование на стадии анализа рисков.

Декомпозиция по жизненному циклу подразумевает основным признаком выделения подсистем изменение закона функционирования подсистем на разных этапах цикла существования системы. По своему проекту тепличная система не предусматривает изменений функционирования основного цикла, потому использование данного вида декомпозиции не представляется полезным.

Структурная декомпозиция использует в качестве основного признака сильную связь по одному из типов связей (информационных, логических, энергетических) между подсистемами. Основным типом связи в рассматриваемой си-

стеме является информационный. Для начала выделим основную подсистему, имеющую больше связей, чем другие — это «Система Управления», которая отвечает за выработку управляющих сигналов для средств регуляции среды, получение данных от датчиков, предоставление данных для пользовательского интерфейса. За получение данных от датчиков, преобразование их в единое сообщение протокола высокого уровня и отправку их системе управления отвечает «Система Сбора Данных». Средствами регуляции среды управляет «Система Регуляции Среды». Основной задачей для данной подсистемы является преобразование сигнала управления от системы управления в переключение средств регуляции среды. «Система Пользовательского Интерфейса» отвечает за взаимодействия с пользователем: получение данных о граничных значениях управляемой среды и отображение текущего состояния.

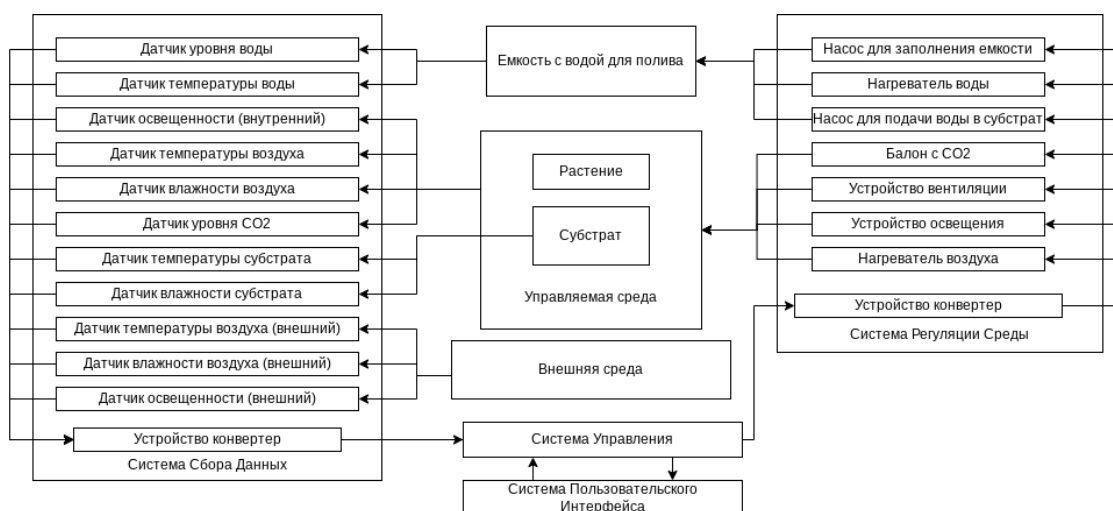


Рис. 3. Структурно-функциональная схема рассматриваемой системы

Поскольку наиболее полно компоненты и связи между ними описывает функциональная и структурная декомпозиция, в дальнейшем следует использовать их совмещение.

В результате проведения декомпозиции по различным признакам можно выделить в рассматриваемой системе подсистемы и составить структурно-функциональную схему, совмещающую отображение взаимосвязей подсистем и их компонентов (см. рис. 3). Создание подобной схемы облегчит процедуру моделирования в дальнейших исследованиях, а также является обязательным условием для этапа анализа.

2. Выделение существующих свойств системы

Системный анализ используется во многих областях знаний, его можно применять к различным существующим и теоретическим системам. Однако любая система обладает свойствами, используемыми для описательного определения

системы [5]. Для рассматриваемой системы можно выделить их следующим образом.

1. Статические свойства, которыми система обладает в любой фиксированный момент времени:
 - свойство целостности, по которому можно отделить систему от окружающей среды. Исходя из определения слова «теплица» и рассмотренного ранее строения системы, существует возможность в любой период времени выделить рассматриваемую систему из среды;
 - свойство открытости, говорящее о том, что система, выделяясь из среды, всё же не изолируется от неё и продолжает обмениваться ресурсами. Поскольку теплица использует ресурсы внешней среды, такие как тепловая энергия солнца и атмосферный воздух, нельзя сказать о её полной изоляции от внешней среды. Данные о состоянии внешней среды также являются одним из входов системы;
 - свойство внутренней неоднородности, говорящее о возможности выделения внутри системы различных частей системы, проведению границ между этими частями. Исходя из результатов декомпозиции, можно сказать о существовании различных подсистем внутри всей рассматриваемой системы;
 - свойство структурированности, говорящее о том, что части системы не независимы, не изолированы друг от друга, а имеют связи. Наличие связей между частями системы говорит о наличии у всей системы структуры, а следовательно, наличие таких связей говорит о наличии свойства структурированности. Подсистемы теплицы, рассмотренные в предыдущем разделе, имеют различные связи друг с другом, следовательно, рассматриваемая система обладает свойством структурированности.
2. Динамические свойства — свойства, изменяющиеся со временем внутри системы и вне её. О любых изменениях можно говорить в терминах изменений в статических моделях системы:
 - свойство функциональности, говорящее о применимости выходов системы для использования в достижении основных целей. Поскольку основная цель всей теплицы — это поддержание заданных параметров характеристик в управляемой среде, а выходами системы на каждой итерации цикла управления можно считать состояние среды, выходы системы применимы для достижения цели;
 - свойство стимулируемости, говорящее о подверженности системы воздействиям извне. Так как воздействиями извне для системы можно считать только входы самой системы, можно говорить, что данное свойство характеризует изменчивость системы в зависимости от входных сигналов. Для рассматриваемой системы входами являются режим управления и данные о внешней среде. Основной целью системы является поддержание заданных параметров характеристик в управляемой среде вне зависимости от внешних условий. Следова-

тельно, и внутреннее поведение системы меняется в зависимости от входных условий;

- свойство изменчивости со временем, говорящее о способности системы к изменениям различного рода, как положительным, таким как развитие, рост, так и отрицательным, таким как спад и деградация. Поскольку рассматриваемая система по своему определению и составу не способна к качественному и количественному росту и развитию, следует рассматривать только возможные отрицательные изменения. Такие изменения могут выражаться в деградации отдельных компонентов системы, например, датчиков, под воздействием агрессивных условий среды;
- свойство существования в изменяющейся среде, говорящее о возможности системы подстраиваться к изменяющимся внешним условиям и сохранять своё функционирование. Для рассматриваемой системы о наличии данного свойства может говорить реакция на один из входов управления, а именно на данные о внешней среде. С изменением параметров внешней среды система предпринимает определённые шаги для поддержания неизменного режима функционирования внутренней среды.

3. Синтетические свойства системы, являющиеся собирательными, учитываемыми предыдущие свойства, но делающими упор на взаимодействие системы со средой, на целостность системы в общем понимании:

- свойство эмерджентности, выражающее возможность возникновения новых свойств и функций у всей системы, отсутствующих у отдельных её частей. В рамках исследуемой системы рассмотрим следующий пример. «Система Управления» сама по себе способна на выработку сигналов управления, Система Сбора Данных способна на получение данных с датчиков, а Система Регуляции Среды способна на переключение устройств регуляции среды, однако по отдельности эти системы не могут осуществлять управление средой. Таким образом, и это свойство присуще рассматриваемой системе;
- свойство неразделимости, являющееся следствием предыдущего, говорящее о невозможности отделения части системы без последствий для системы. При извлечении части из системы свойства самой части могут изменяться и частично сохраняться, однако система перестанет существовать, её место займёт новая, полученная в результате операции извлечения. Также свойство неразделимости говорит о том, что изъятая из системы часть и часть, функционирующая в системе, — это не одно и то же. При извлечении из системы теплицы любой из подсистем неизбежно изменяет структуру системы;
- свойство ингерентности или согласованности с окружающей средой, говорящее о том, что система согласована и приспособлена к окружающей среде, совместима с ней. Для рассматриваемой системы стоит отметить, что поскольку при любом функционировании системы

внешняя среда не может считать теплицу неингерентной и каким-либо образом отторгать её, и сама система для своего функционирования использует информацию, энергию и вещество извне, то можно считать систему ингерентной;

- свойство целесообразности, говорящее о подчинённости и состава, и структуры системы поставленной цели. Для искусственных систем данное свойство можно считать фундаментальным. В рассматриваемой системе основной целью является поддержание параметров внутренней среды, все части системы существуют для достижения данной цели, следовательно, систему можно считать целесообразной.

В результате выделения основных свойств системы и проверки их наличия у рассматриваемого объекта можно прийти к выводу, что объект может считаться системой, декомпозиция объекта на подсистемы проведена корректно, полученный результат можно использовать в дальнейшем для стадий анализа и создания моделей для дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекбергенева Д.Е., Баранник В.А. Продовольственная безопасность Российской Федерации // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 4–1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prodovolstvennaya-bezopasnost-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 10.07.2022).
2. Анализ российского рынка тепличных хозяйств: итоги 2019 г., прогноз до 2023 г. URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/12105/> (дата обращения: 10.07.2022).
3. Корнев С.М., Басуматорова Е.А. Механизация и автоматизация процессов в растениеводстве // Известия ОГАУ. 2022. № 1(93). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizatsiya-i-avtomatizatsiya-protsessov-v-rastenievodstve> (дата обращения: 12.07.2022).
4. Родионов И.Б. Теория систем и системный анализ. Казань : Изд-во КГТУ / КГТИ, 2006.
5. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем). Томск : Изд-во Томского ун-та, 2004.

APPLICATION OF METHODS OF SYSTEM ANALYSIS TO THE CONSTRUCTION OF A STRUCTURAL AND FUNCTIONAL SCHEME OF A GREENHOUSE SYSTEM

T.V. Kostenov

Ph.D. Student, e-mail: timofey.kostenov@gmail.com

Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia

Abstract. The article consider the informationality and functionality of applying system analysis to the description of a greenhouse as a system, and the process of decomposition is carried out. Particular attention is paid to highlighting the key properties of the system in relation to the greenhouse. On the basis of the studied material, a structural and functional diagram of the greenhouse as a system is built.

Keywords: greenhouse, system analysis, decomposition, system properties.

Дата поступления в редакцию: 17.08.2022