

УДК 621.7/9.002:519.24

К ВОПРОСУ О МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ В АГРОИНЖЕНЕРИИ

Павел Николаевич Кузнецов

кандидат технических наук, доцент

PaNK-77@mail.ru

Иван Павлович Кузнецов

магистрант

kuvanqa@gmail.com

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье были рассмотрены основные понятия, определения и положения теории моделирования, приведена классификация математических моделей, описана роль математического моделирования как инструмента, дающего возможность оптимизировать процессы и повысить эффективность сельскохозяйственного производства, приведены некоторые примеры использования математических моделей в агроинженерии, выявлены основные преимущества, а также недостатки использования математического моделирования в агроинженерии.

Ключевые слова: агроинженерия, сельское хозяйство, модель, математическое моделирование, исследование, эксперимент.

Введение. На сегодняшний день сельское хозяйство является одной из важнейших отраслей экономики многих стран мира. Как и любая другая отрасль, сельское хозяйство нуждается в постоянном совершенствовании и оптимизации процессов. В последние годы математическое моделирование стало важным инструментом в агроинженерии, позволяющим оптимизировать процессы и повысить эффективность сельскохозяйственного производства.

Модель можно охарактеризовать как материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе изучения замещает объект-оригинал, сохраняя некоторые важные для данного исследования типичные его черты, тогда сам процесс моделирования можно рассматривать как замещение исследуемого объекта (оригинала) его абстрактным образом, описанием или другим объектом, именуемым моделью и обеспечивающим адекватное с оригиналом поведение в рамках заданных допущений.

Модели, как и моделирование, повсюду окружают нас в жизни с самого детства. Например, игрушки, с которыми взаимодействует ребенок, позволяют ему в формате интересной игры получать знания об интересующем его объекте.

В наше время внедрение методов математического моделирования способствует использованию компьютерных моделирующих пакетов. В процессе моделирования они позволяют выполнять сложнейшие вычисления, построение графиков и таблиц, тем самым значительно упрощая работу специалиста-агроинженера.

Математическое моделирование решает основную задачу создания и решения математической модели путём выявления основных, характерных черт изучаемого объекта, явления или процесса, и его определяющих особенностей путем описания исследуемого объекта, которое выражается набором формальных соотношений и состоящее из совокупности связанных между собой математическими зависимостями величин – характеристик и параметров. Параметры объекта выражаются факторами, характеризующие отдельно взятые свойства исследуемого объекта. В ходе исследования параметры объекта могут изменяться, тогда они называются переменными, которые в свою очередь

разделяются на переменные состояния и переменные управления. Характеристики подразделяются на входные (переменные состояния), выходные (конечные результаты функционирования объекта), а также характеристики внешней среды (свойства внешней среды, которая оказывает то или иное влияние на исследуемый объект или систему).

Конечно, моделирование не может заменить реальный объект, поэтому не отменяет необходимости в его создании и реальном испытании. Оно лишь даёт возможность значительно уменьшить объем работ по проектированию и исследованию объектов.

Модель должна быть адекватна оригиналу, то есть она должна выдавать достаточно точные характеристики изучаемого оригинала, тогда при этом от моделирования будет реальная польза. Также необходимо чтобы она была достаточно наглядной, давала возможность обзора её основных свойств и связей между внутренними элементами, требуется чтобы она давала новую информацию в процессе исследования.

При составлении и описании математической модели можно придерживаться следующего алгоритма:

1. выбор критерия оптимальности, т.е. показателя, выражаемого при помощи целевой функции через параметры и характеристики исследуемой модели; критерий оптимальности определяет смысловое содержание целевой функции; иногда в качестве критерия оптимальности может быть выбрана одна из входных характеристик объекта;

2. постановка целевой функции: вещественная или целочисленная функция, которая при помощи математических действий связывает параметры и характеристики модели, составленная с целью оптимизации; содержательный смысл ей придает только один критерий оптимальности;

3. выработка системы ограничений, которая будет определять область допустимых протеканий исследуемого процесса, а также пределы изменения параметров и характеристик исследуемого объекта;

4. формирование уравнения связи, математической системы ограничений;

5. решение математической модели, получение набора значений переменных, который будет удовлетворять все уравнения связи [1].

В связи с тем, что математическое моделирование можно применять в различных областях науки и благодаря ему исследовать различные по структуре и способам протекания процессы, классифицировать математическое моделирование можно по различным принципам (табл. 1).

Таблица 1

Классификация видов математических моделей

Признак классификации	Виды математических моделей
Способ получения математической модели	- теоретические - экспериментальные
Форма представления математической модели	- инвариантные - аналитические - графические - функциональные - структурные - алгоритмические
Вид оператора математической модели	- алгебраические - функциональные - дифференциальные - интегральные
Свойства параметров оператора модели	- линейные - нелинейные - сосредоточенные - распределенные - стационарные - нестационарные
Фактор времени	- статические - динамические
Количество входов/выходов	- скалярные - матричные (многосвязные)
Количество переменных состояния	- одномерные - многомерные
Характер переменных	- непрерывные - дискретные - логические - детерминированные - стохастические (вероятностные)

Практически все приведённые виды математических моделей используются специалистами-агроинженерами для проведения исследования, особенно пользуются популярностью аналитические и имитационные модели.

Аналитические модели – модели в форме аналитических функциональных зависимостей, когда представление преобразования входного сигнала в выходной осуществляется с помощью некоторой функциональной зависимости или логического условия.

Имитационные модели – это совокупность описания элементов системы, взаимосвязей элементов друг с другом, внешних воздействий, алгоритмов функционирования системы (или правил изменения состояний) под влиянием внешних и внутренних возмущений.

Имитационные модели создаются и используются тогда, когда создание единой модели сложной системы невозможно или сопряжено с очень большими трудностями, имеющиеся математические методы не позволяют получить удовлетворительных аналитических или численных решений рассматриваемых задач. Но наличие описаний элементов и алгоритмов функционирования позволяет имитировать процесс функционирования системы и производить измерения интересующих характеристик.

Классификация моделей по какому-либо одному признаку не может охватить всех видов моделей, ибо модель, как и исходная система, многогранна и отражает лишь те ее свойства, которые представляют интерес для исследователя [2].

Рассмотрим преимущества и недостатки математического моделирования. Одними из основных преимуществ математического моделирования в целом (т.е. независимо от области применения) являются:

- возможность моделирования несуществующих в природе объектов, а также возможность реализации трудновоспроизводимых в реальной жизни ситуаций поведения некоторых установок (например, можно эмулировать критические режимы ядерных реакторов);

- получение информации об оптимальных размерах и параметрах проектируемых машин и оборудования, обходясь без необходимых материальных затрат для проведения эксперимента с реальным существующим объектом;
- моделирование поведения объекта при различных условиях, в том числе таких, которые при реальном эксперименте получить не всегда возможно;
- уменьшение времени, требуемого на проведение испытаний работы установки;
- возможность получения информации, в которой исключено влияние побочных факторов [3].

Рассмотрим преимущества использования математического моделирования в агроинженерии:

- оптимизация процессов: математические модели позволяют оптимизировать процессы в агроинженерии, например, оптимизировать использование удобрений и пестицидов, чтобы достичь максимального урожая;
- прогнозирование: математические модели могут помочь прогнозировать рост и развитие растений, а также предсказывать погодные условия и их влияние на урожай;
- улучшение качества продукции: математические модели могут помочь определить оптимальное время сбора урожая, чтобы получить продукцию максимального качества;
- экономическая эффективность: математические модели могут помочь определить оптимальные затраты на производство и управление ресурсами, что может привести к экономической эффективности;
- устойчивость к изменениям: математические модели могут помочь предсказать, как изменения в окружающей среде, такие как изменение климата или изменение состава почвы, могут повлиять на урожай, что позволяет принимать меры заранее [4];

- уменьшение рисков: математические модели могут помочь определить риски, связанные с производством, и принять меры для их уменьшения.

Одним из примеров математических моделей, используемых в агроинженерии, является модель Фотосинтеза-Респирации-Транспирации (ФРТ). Эта модель описывает процессы фотосинтеза, респирации и транспирации в растениях и позволяет определить оптимальные условия для их развития.

Другим примером математического моделирования в агроинженерии является моделирование процессов удобрения и орошения. Моделирование позволяет определить оптимальные дозы удобрений и воды для каждого растения, что позволяет повысить урожайность и качество продукции.

Также математическое моделирование используется для оптимизации процессов механизации сельскохозяйственного производства. Например, моделирование процессов посева и уборки позволяет определить оптимальные скорости движения и глубину посева, что повышает эффективность процесса и снижает затраты на производство.

Несмотря на множество преимуществ, математическое моделирование в агроинженерии также имеет свои недостатки и ограничения:

- недостаток данных: для построения точной математической модели необходимо иметь доступ к большому объему данных, которые могут быть недоступны или дорогостоящими для получения;

- необходимость учета множества факторов: для создания точной математической модели необходимо учитывать множество факторов, которые могут влиять на процесс выращивания растений или животных. Это может быть крайне сложно и требует большого объема работы.

- ограничения точности модели: математические модели могут быть ограничены точностью, что может привести к неточным результатам. Например, если модель не учитывает все факторы, которые могут влиять на процесс

выращивания растений или животных, то результаты модели могут быть неточными;

- недостатки в прогнозировании: математические модели могут быть ограничены в способности прогнозировать будущие события. Например, модель может не учитывать непредвиденные изменения в погоде или другие факторы, которые могут повлиять на результаты выращивания растений или животных;

- сложность использования: математическое моделирование может быть сложным в использовании, что может создавать трудности для агроинженеров, которые не имеют опыта работы с математическими моделями.

- необходимость постоянного обновления модели: математические модели требуют постоянного обновления, чтобы учитывать изменения внешних факторов, таких как изменения в погоде или новые технологии. Это может потребовать значительных затрат времени и ресурсов.

Заключение.

Математическое моделирование в агроинженерии имеет свои преимущества и недостатки. Несмотря на то, что математические модели могут быть ограничены точностью и сложностью использования, они являются достаточно мощным инструментом, который может помочь оптимизировать процессы производства, улучшить качество продукции, повысить экономическую эффективность и уменьшить риски.

Список литературы:

1. Гордеев А. С. Моделирование в агроинженерии: учебник 2-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург: Лань. 2022. 384 с.
2. Аюпов В.В. Математическое моделирование технических систем: учебное пособие. Пермь: ИПЦ «Прокрость». 2017. 242 с.
3. Радкевич Е. В. Методы математического моделирования в агроинженерии // Традиции и инновации в развитии АПК: Материалы международной научно-практической конференции, Великие Луки, 17–19

апреля 2019 года. Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. 2019. С. 603-609. – EDN DFOHIA.

4. Соколова И. В. Математические модели в экономике агропромышленного комплекса. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. 2020. 110 с. – ISBN 978-5-6044044-5-4. – EDN IRSBHN.

UDC 621.7/9.002:519.24

**TO THE QUESTION OF MATHEMATICAL MODELING IN
AGRICULTURAL ENGINEERING**

Pavel N. Kuznetsov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

PaNK-77@mail.ru

Ivan P. Kuznetsov

master student

kuvanqa@gmail.com

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. The article considered the basic concepts, definitions and provisions of the theory of modeling, the classification of mathematical models was given, the role of mathematical modeling as a tool that makes it possible to optimize processes and increase the efficiency of agricultural production was described, some examples of the use of mathematical models in agricultural engineering were given, the main advantages were identified, as well as disadvantages of using mathematical modeling in agricultural engineering.

Key words: agroengineering, agriculture, model, mathematical modeling, research, experiment.

Статья поступила в редакцию 10.05.2023; одобрена после рецензирования 15.06.2022; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 10.05.2023; approved after reviewing 15.06.2022; accepted for publication 30.06.2023.