Практическое занятие ПЗ-7

**Тема:** **Теоретические исследования объектов и предметов агроинженерии и сельскохозяйственного производства**

*Цель занятия –* изучить проведение теоретических исследований объектов и предметов агроинженерии и сельскохозяйственного производства.

*Теоретический материал*

Изучение объектов и предметов агроинженерии и сельскохозяйственного производства предполагает проведение большого количества и объёма теоретических и экспериментальных исследований.

При проведении теоретического исследования преследуется несколько целей:

– обобщение результатов всех предшествующих исследований и
нахождение общих закономерностей путем обработки и интерпретации
этих результатов и опытных данных;

– изучение объекта, недоступного непосредственному исследованию;

– распространение результатов предшествующих исследований на
ряд подобных объектов без повторения всего объема исследований;

– повышение надежности объекта экспериментального исследования.

Теоретические исследования начинаются с разработки *рабочей гипотезы* и *моделирования объекта* исследования и завершаются формированием теории. Теория проходит в своем развитии путь от количественного измерения параметров объекта и качественного объяснения
происходящих процессов до их формализации в виде методик, правил
или математических уравнений.

В основе создания любой модели лежат допущения, принимающиеся
с целью отсева незначительных факторов, которыми можно пренебречь
без существенного искажения условий задачи. При этом исследователь
должен четко представлять соответствие принятой модели реальному
объекту, поскольку необоснованное принятие допущений может привести к грубейшим ошибкам при проведении исследований. Но учет большого числа факторов, действующих на объект, может привести к сложным аналитическим зависимостям, которые не поддаются анализу.

Теоретические исследования включают в себя несколько характерных этапов:

– анализ физической сущности процессов и явлений;

– формулирование гипотезы исследования;

– построение физической модели;

– математическое исследование;

– анализ и обобщение теоретических исследований;

– формулирование выводов.

Процесс теоретических исследований сопровождается непрерывными постановкой и решением разнообразных задач, связанных с выявлением противоречий в принятых теоретических моделях.

Любая задача содержит исходные условия, определенные информационной системой, и требования, то есть цель, к которой нужно стремиться при ее решении. Исходные условия и требования задачи постоянно находятся в противоречии, и в процессе ее решения их приходится
неоднократно сопоставлять и уточнять до тех пор, пока не будет получено решение задачи.

При проведении теоретических исследований в технических науках, как правило, стремятся к математической формализации выдвинутых гипотез и полученных выводов, используя при этом различные математические методы.

Процесс математической формализации задачи включает несколько стадий:

– математическая формулировка задачи;

– математическое моделирование;

– метод решения;

– анализ полученного результата.

Математическая модель представляет собой систему математических соотношений (функций, уравнений, формул, систем уравнений),
описывающих те или иные стороны изучаемого объекта.

Первый этап математического моделирования включает в себя постановку задачи, определение объекта и целей исследования, задание
критериев изучения объекта и управления им, установление границ его области влияния, то есть области значимого взаимодействия с внешними объектами. Внутри этой области объект может рассматриваться как
замкнутая система с установленными начальными и граничными условиями решения задачи.

Выбор типа модели осуществляется на следующем этапе математического моделирования. Иногда строят несколько моделей одного и того же объекта и выбирают наиболее правильную модель, сравнивая результаты исследования с реальным объектом.

При выборе типа математической модели объекта по экспериментальным данным устанавливают степень его детерминированности, то есть статичность или динамичность, стационарность или нестационарность, линейность или нелинейность.

Теоретические исследования при изучении научных проблем и вопросов в агроинженерии направлены на то, чтобы свести поставленную задачу к более общей, изученной в фундаментальных или общих науках. Это дает возможность воспользоваться механико-математическим аппаратом этих наук.

Теоретические исследования не только подтверждаются экспериментом, не только утверждаются им, как таковые, но в значительной степени направляют по правильному пути эксперимент, дают возможность исследователю не слепо, а сознательно выбрать наиболее существенные факторы.

*Теоретическое исследование* - это разработка гипотезы, доведение ее до предполагаемых зависимостей и, наконец, до математической модели.

Важный элемент теоретического исследования - уточнение терминов и понятий, так как не все они точны и часто по-разному понимаются в различных отраслях знаний.

Судя по определению теоретических разработок, они не только являются аналитическим (формульным) решением вопроса, но в ряде случаев выступают и как чисто логические рассуждения, однако все они представляют этап абстрактного мышления и предполагают абстрагирование, а точнее идеализацию явления, выделение и рассмотрение главных факторов и взаимосвязей, выведение общих закономерностей и пренебрежение второстепенными.

*Идеализация явления* - первый и важнейший шаг теоретического исследования. Способность к идеализации явления, т. е. к выявлению главного, «основного» звена, и отвлечение хотя бы на время от второстепенных - основное качество исследователя (и любого хорошего специалиста).

При теоретических разработках прибегают как к дедуктивному, так и индуктивному методу. Дедуктивный - такой метод познания, при котором движутся от общего к частному. При этом, изучая конкретные явления, отправляются от общих научных положений и закономерностей.

При использовании индуктивного метода движение в познании идет от частного к общему, когда на основании знания о части предметов того или иного класса делают заключение о классе в целом. Дедукция и индукция не исключают друг друга, а дополняют. Конечно, дедуктивный метод плодотворнее, но, к сожалению, в механизации сельского хозяйства чаще прибегают к индуктивному. При этом, как указывал академик В. П. Горячкин, собирают большой экспериментальный материал в надежде на то, что из него со временем можно разработать теорию. Но проходит время и экспериментальный материал, часто полученный с большой затратой труда и средств, стареет, теряя ценность, а теории из него создать нельзя, так как этот материал собирался без четкой формулировки задач и часто не по единой системе.

Возникает вопрос о том, что выполнено раньше: выбор метода теоретического исследования или идеализация явления. Скорее всего, эти две задачи решаются одновременно, переплетаются одна с другой. Даже можно сказать, что в хорошем исследовании явление и метод постепенно «подгоняются» один к другому. Здесь очень плодотворно сотрудничество инженера, знающего явление, умеющего его идеализировать (упрощать), и математика, владеющего методом.

Итак, нашу конкретную задачу мы свели к общей, изученной в фундаментальных науках. Теперь мы можем составить математическую модель.

В настоящее время полагают, что из всех методов исследования наиболее широко в науке распространено моделирование. Модель в основном, главном, похожа на объект, а деталями (мелочами) они различаются. Идеализируя явление, мы выделяем это главное и закладываем в модель, которую затем изучаем. В теоретических исследованиях рассматриваются чаще всего математические модели.

*Математическая модель* - система уравнений, описывающих поведение идеализированного объекта. Она связывает между собой входные воздействия (силы, температуры и т. д.), параметры объекта (массы, жесткости, сопротивления и т. д.) и выходные показатели (перемещения, ускорения, затраты энергии и т. д.). Часто они связывают между собой ряд факторов, определяющих объект. Очевидно, что неидеализированный объект, с его многочисленными взаимосвязями главных и второстепенных факторов, удобообозримой и решаемой системой уравнений представить крайне трудно (если вообще возможно), поэтому наука практически всегда имеет дело с моделью. После установления главных взаимосвязей второстепенные можно учесть поправками. Разработан ряд механико-математических методов, упрощающих создание математических моделей и их анализ (методы физики, теоретической механики, теплотехники и др.), а для решения некоторых важных, часто встречающихся задач предложены общие математические модели этих задач или соответствующих им явлений, которые в частных случаях в той или иной мере уточняют (модель системы массового обслуживания, модель динамической системы в виде уравнений Лагранжа, модель задачи наилучшего использования ресурса и т. п.).

Учитывая изложенное, исследователь часто при разработке математической модели и ее анализе идет следующим путем: формулирует задачу, которую нужно решить теоретически; определяет, к какому классу задач она относится; определяет, каким общим методом ее можно решить; овладевает методом; решает задачу.

Математических моделей одного и того же явления может быть несколько. Вид модели зависит от ряда факторов: практической задачи, сложности явления, взглядов исследователя и т. д.

Два подхода к составлению математической модели можно выделить: познавательный и описательный (так же разделяются и модели). В первом выясняется сущность явления, во втором - чисто количественные взаимосвязи (второй преобладает при исследовании сложных явлений).

Математические модели (познавательные и описательные) следует разделить на динамические и статистические модели.

В динамических моделях значения функции точно определяются значением аргументов, в них используется аппарат дифференциальных уравнений. Эти модели получаются с использованием методов и законов классических наук, методов аналогии и линейного программирования и т. п.

В статистических моделях некоторые параметры заданы с какой-то степенью вероятности. При разработке этих моделей и их использовании в основу положена теория вероятностей и ее отрасли: общая теория вероятностей, теория случайных функций (и ее прикладной метод - статистическая динамика), статистическое моделирование, теория массового обслуживания, теория планирования эксперимента и т. п.

Обе модели в настоящее время одинаково широко используются при исследованиях в области механизации сельскохозяйственного производства. В связи с этим все большее внимание при подготовке специалистов уделяется теории вероятностей, хотя усвоение ее и затруднено, так как требует развитого абстрактного мышления (наличие которого, кстати, является необходимой чертой хорошего специалиста, отличающей его от большинства практиков).

Значение математической модели велико, но не следует переоценивать его. В свое время академик А. Н. Крылов привел сравнение роли математики в исследованиях с работой жернова на мельнице. Качество муки зависит и от засыпанного зерна, и от работы жернова. Жернов может и при хорошей «засыпке» дать плохую муку, но при плохой «засыпке» (как бы ни был хорош жернов) получить хорошую муку нельзя.

Требования к математической модели следующие: модель должна по возможности точно описывать объект, быть содержательной, хорошо объяснять множество уже известных фактов; она должна предсказывать новые явления и в какой-то мере их развитие, выдвигать новые проблемы, которые ранее сформулировать не представлялось возможным; модель должна быть простой, т. е. доступной для понимания, с небольшим числом допущений, оговорок, ограничений; она должна быть изящной, т. е. иметь краткое аналитическое выражение, быть негромоздкой, ясной.

Математические модели предпочтительнее строить в виде дифференциальных, а не интегральных уравнений. В дифференциальном виде лучше понимается сущность явления. Это, конечно, не значит, что математическая модель не может задаваться в интегральной форме.

Возникает естественный вопрос: отличается ли гипотеза от математической модели, и если да, то чем?

Гипотеза, как отмечалось ранее, есть научное предположение о сущности явления, процесса, предположение о главном. Если гипотеза ошибочна, то она заменяется новой, и так до тех пор, пока не будет найдена правильная. Но в конечном счете правильная гипотеза всегда одна, и, если она представлена в математической форме при известных входящих в нее константах, она становится законом. Тогда чем же отличается закон от математической модели? Математических моделей, описывающих данное явление, может быть несколько, и каждая из них имеет право на самостоятельное существование, и одна не исключает существование других.

Математическая модель только приближается (разумеется, разные модели с различной степенью точности) к закону. В таком случае математическое описание не есть установление законов, а суть создания моделей с ослабленными требованиями.

*Пример теоретической разработки.* Классическим примером теоретического решения вопроса, доведения гипотезы до математической модели, является решение академиком В. П. Горячкиным задачи о сопротивлении плуга. При этом использован метод аналогии и законы механики.

Идеализируя явление, В. П. Горячкин выделил следующее.

Мертвое сопротивление - сопротивление трения плуга о дно борозды, перекатывания колес и т. п. по аналогии с определением силы трения в физике, механике.

Сопротивление деформации пласта, по аналогии с зависимостями в сопромате пропорциональное площади напряженного сечения и не зависящее от скорости движения.

Как видим, выделены основные факторы: масса плуга, сечение пласта, скорость движения, свойства почвы.

Идеализируя явление, В. П. Горячкин пренебрег трением почвы о корпус, работой резания лезвием лемеха, разной скоростью полета частиц почвы, зависимостью сопротивления деформации от скорости деформации, различием коэффициентов трения качения (для колес) и скольжения (для лезвий лемехов), отличием реакции на опорах плуга при работе от его веса и т. д.

В результате была получена **рациональная**, т. е. имеющая физический смысл и раскрывающая сущность явления, **формула**.

А если все факторы считать главными? Тогда в дебрях громоздкой формулы затерялся бы физический смысл, универсальная формула, описывающая сопротивление движению деформатора в деформируемой среде (самолета в воздухе, винта в воде и т. д.), превратилась бы в частную, относящуюся только к сопротивлению плуга.

Теоретические разработки в агроинженерии позволяют раскрыть и объяснить сущность явления или зависимости на основании известных законов, т. е. позволяют ответить на вопрос, почему это так, а не иначе, почему и как, например, увеличивается сопротивление плуга с возрастанием скорости движения.

Решение в общем виде позволяет получить решение сразу нескольких подобных задач, например, о движении разных деформаторов в деформируемой среде.

Теоретические разработки повышают надежность научного знания, позволяют, как правило, решить задачу с меньшими затратами труда и средств. Эмпирические обобщения подтверждаются теми фактами, которые имеют к ним отношение. Включенные в теорию, эти обобщения подтверждаются следствиями из других законов и гипотез.

Велика роль теоретических разработок в постановке эксперимента. Академик Н. П. Бусленко, к примеру, пишет: «Математическая модель становится неотъемлемым элементом исследования, без построения которой невозможно осуществить планирование эксперимента, его проведение и обработку результатов».

Кроме того, теория систематизирует (объединяет знания о явлении в систему), расширяет, углубляет и уточняет научное знание, повышает уровень его объективности (в теории как бы очищаются и исправляются отдельные гипотезы, некоторые из них превращаются в законы; теория связывает ряд гипотез и фактов в единую систему, что повышает достоверность, а значит, и объективность знания).

Далее, теория способствует переходу от абстрактного (или общего знания) к конкретному (иначе говоря, от общей формулы сопротивления плуга к сопротивлению конкретного плуга в конкретных условиях).