

1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Сельскохозяйственное производство – одна из ведущих отраслей народного хозяйства. В основе ее развития в равной мере лежат достижения как биологических, так и технических наук.

Механизация, элетрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства требуют глубокого проникновения в сущность технологических процессов, а также оптимизации их основных параметров. Такими параметрами могут быть: например, скорость движения продукта или рабочих органов машины; усилия, возникающие в отдельных элементах конструкции; мощность, потребная для осуществления отдельных элементов технологического процесса и др.

Проникнуть в сущность изучаемых процессов позволяет научное исследование.

Научное исследование - есть процесс выработки новых научных знаний. Оно характеризуется объективностью, воспроизводимостью, доказательностью, точностью. Различаются два его взаимосвязанных уровня: эмпирический и теоретический. На первом устанавливаются новые научные факты и на основе их обобщения формулируются эмпирические закономерности. На втором уровне выдвигаются и формулируются общие для данной предметной области закономерности, позволяющие объяснить ранее открытые факты и эмпирические закономерности, а также предсказать и предвидеть будущие события и факты. *Эмпирическое исследование* направлено непосредственно на объект и опирается на данные наблюдения или эксперимента. *Теоретическое исследование* связано с совершенствованием и развитием понятийного аппарата науки и направленно на всестороннее познание объективной реальности в ее существующих связях и закономерностях. На эмпирической стадии науки (например, опытное естествознание 17-18 веков и отчасти 19 века) основными средствами формирования и развития научного знания были

эмпирическое исследование и последующая логическая обработка его результатов в эмпирических законах, обобщениях и классификациях. Однако и на этой стадии осуществлялось совершенствование и развитие исходных научных абстракций, служащих основой для упорядочения и классификации эмпирического материала познания. Дальнейшее развитие понятийного аппарата науки приводит к появлению таких логических форм, содержание которых выходит за рамки обобщения и сопоставления эмпирических данных (первичные объяснительные схемы, модели и т. п.). Формирование внутренне дифференцированных и вместе с тем целостных теоретических систем знаменует собой переход науки на теоретическую стадию, для которой характерно появление особых теоретических моделей реальности (например, молекул – кинетические модели газа).

Научное исследование содержит ряд обязательных компонентов, к которым относятся:

1. Постановка задачи.
2. Предварительный анализ имеющейся информации, условий и методов решения задач данного класса.
3. Формулирование исходных гипотез.
4. Теоретический анализ гипотез.
5. Планирование и организация эксперимента.
6. Проведение эксперимента.
7. Анализ и обобщение полученных результатов.
8. Проверка исходных гипотез на основе полученных фактов.
9. Окончательная формулировка новых фактов и законов.
10. Получение объяснений или научных предсказаний.

1.1 Классификация исследований

Классификация исследований может производиться по различным основаниям. Наиболее распространенным является

ся деление на *фундаментальные и прикладные* исследования, количественные и качественные, а также уникальные и комплексные. В сельском хозяйстве все проводимые исследования носят прикладной характер и могут быть классифицированы по месту их выполнения на лабораторные, лабораторно-полевые и полевые.

Лабораторные исследования - исследования, выполняемые с растениями в вегетативных сосудах (ящиках) или рабочими органами сельскохозяйственных машин на лабораторных установках. Например: исследование рабочих органов молотильных аппаратов на лабораторных установках или почвообрабатывающих рабочих органов в почвенном канале.

Лабораторно-полевые исследования - отличаются от лабораторных местом выполнения. Они обычно проводятся в поле с применением специального оборудования и отличаются большим количеством снимаемых показателей. К исследованиям такого типа можно отнести тензометрирование сельскохозяйственных машин с целью определения энергоемкости процесса, их агрооценку. Сюда же можно отнести и так называемые мелкоделяночные опыты на заранее подготовленных участках одинаковой площади, выполняемые с целью определения урожайности новых сортов и гибридов растений, а также оценки влияния на нее отдельных технологических приемов почвообработки, удобрений и средств защиты растений. Эти исследования сопровождаются сопутствующими наблюдениями, раскрывающими динамику изменения изучаемого фактора вплоть до определения урожайности (например, наблюдение изменения высоты растений, влажности почвы, засоренности посевов, численности вредителей и т. д.).

Полевые исследования проводятся при определении технико-экономических показателей сельскохозяйственных машин, эффективности новых технологических приемов, сортов, средств защиты, системы удобрений. Эти исследования проводятся на отдельных полях или на их части.

1.2 Этапы и последовательность выполнения научно-исследовательской работы

Обоснование темы исследований

Обоснование – необходимый момент научного мышления, отличающий его от различных форм донаучного или вненаучного сознания. Обоснование темы исследований выполняется в рамках общего плана решения поставленной проблемы с учетом его личного опыта и на основе анализа имеющейся информации.

Формулировка цели и постановка задач исследований

Формулирование цели исследования и постановка задач для ее достижения выполняется после предварительного анализа имеющейся информации. Такой анализ обычно излагается в разделе «Состояние вопроса» и опирается на тщательно проработанные информационные источники и результаты патентных исследований.

При отборе информационных источников и проведении патентных исследований важно бывает определить глубину поиска. Глубина поиска отсчитывается от текущего времени назад (в прошлое). Для патентных исследований имеет значение и объем выборки, то есть количество стран, по которым анализируется патентная информация. Патентные исследования обычно проводят по странам, наиболее плодотворно работающим в данном направлении. Существуют два уровня патентных исследований: исследования на уровне подачи заявок в Российское агентство по патентам и товарным знакам (Роспатент) и исследования, связанные с патентной чистотой вновь разрабатываемой машины.

Во многих научных учреждениях этапы исследования регламентируются стандартом предприятия.

Формулировка исходной гипотезы

Прежде чем сформулировать исходную (рабочую) гипотезу следует определиться с объектом и предметом исследований. *Объектом исследований* может быть какой-либо технологический прием или процесс, рабочий орган сельскохозяйственной машины, или их сочетание. *Предметом исследований* чаще всего выступают функциональные связи между изучаемыми параметрами (например, зависимость между качественными и режимными или настроечными параметрами).

Гипотеза – это научное допущение или предположение, истинное значение которого неопределенно. Она всегда выдвигается в контексте развития науки для решения какой-либо конкретной проблемы с целью объяснения новых (ожидаемых) экспериментальных данных, либо для устранения противоречий теории с результатами экспериментов. В качестве научных положений гипотезы должны удовлетворять условию принципиальной проверяемости означаящими, что они обладают свойствами фальсификации (опровержения) и верификации (подтверждения). Первое свойство фиксирует предположительный характер научной гипотезы, а второе позволяет установить и проверить ее относительно эмпирического содержания.

В научных исследованиях, проводимых в области механизации сельского хозяйства на основании выводов, сделанных после изучения информационных и патентных источников, формулируется *рабочая гипотеза*, в которой предполагается, каким образом и за счет чего будет достигнут новый положительный эффект.

Теоретический анализ гипотез

Теория в широком смысле слова – это комплекс взглядов, представлений, идей, направленных на истолкование и объяснение какого-либо явления. Это наиболее сложная и развитая форма научного знания. В современной методологии

науки принято выделять следующие основные компоненты теории.

1. Исходную эмпирическую основу, которая включает множество зафиксированных в данной области знания фактов достигнутых в ходе экспериментов и требующих теоретического осмысления.

2. Исходную теоретическую основу – множество первичных допущений, постулатов, аксиом, общих законов в совокупности описывающих идеализированный объект теории.

3. Логику теории – множество допустимых в рамках теорий правил логического вывода и доказательства.

4. Совокупность выведенных в теории утверждений с их доказательствами, составляющих основой массив теоретического знания.

Методологически центральную роль в формировании теории играет лежащий в ее основе идеализированный объект. Он представляет собой теоретическую модель существующих связей реальности, представленных с помощью определенных гипотетических допущений и идеализации. Например, таким объектом в классической механике является система материальных точек, в молекулярно-кинетической теории – множество замкнутых в определенном объеме хаотически соударяющихся молекул, представляемых в виде абсолютно упругих материальных точек. В современной земледельческой механике идеализированный объект выступает в виде математической модели или совокупности таких моделей.

Теоретический анализ выдвинутых гипотез направлен на выбор наиболее подходящей модели идеализированного процесса. Правильность выбора при этом проверяется экспериментальными данными. Чем меньше расхождения между теоретическими и экспериментальными данными, тем более точна выбранная модель.

Применительно к исследованиям в области механизации сельского хозяйства выдвижение и сравнение гипотез производится на основе общих положений земледельческой меха-

ники или другой дисциплины с учетом использования известных математических методов. Последние являются своего рода «инструментом», от правильности выбора которого зависит успешное решение поставленных исследовательских задач.

1.3 Понятие наблюдения и измерения

Наблюдение - есть преднамеренное и целенаправленное восприятие обусловленное задачей деятельности. Исторически наблюдение развивается как составная часть трудовой деятельности, включающей в себя установление соответствия продукта труда его запланированному идеальному образу. В научных исследованиях наблюдение обычно включено в качестве составной части в процедуру эксперимента. Основные требования к научному наблюдению: однозначность и объективность, т. е. возможность контроля путем либо повторения наблюдения, либо применения других методов. На первый план все больше выступает интерпретация результатов наблюдения, но при этом в качестве результатов наблюдений могут выступать лишь знаки изучаемых явлений (например, кривая на осциллографе). Поэтому крайне важно бывает получить количественную (цифровую) оценку наблюдения, а это можно сделать с помощью измерения.

Измерение – приписывание чисел вещам в соответствии с определенными шкалами. Измерения преобразуют определенные свойства наших восприятий в известные, легко поддающиеся обработке вещи, называющиеся числами.

Измерения разделяются на три типа:

номинальные – числа, приписываемые объектам на шкале, лишь констатируют отличие или тождество этих объектов, то есть номинальная шкала есть по существу группировка или классификация;

порядковые – числа, приписываемые объектам по шкале, упорядочивают их по измеряемому признаку, но указывают лишь на порядок размещения объектов на шкале, а не расстояния между объектами или тем более координаты;

интервальные – числа, приписываемые объектам на шкале, указывают не только на порядок объектов, но и на расстояние между ними.

Номинальное измерение едва ли заслуживает того, чтобы называться измерением. Здесь просто объекты классифицируются, а классы обозначаются номерами (числами) лишь только для того, чтобы отличить один класс от другого без всякой связи со свойствами объектов. Например: цвет глаз, автомобильные номера, номера страховых полисов.

В порядковой шкале числа присваиваемые предметам отражают количество свойств, принадлежавших предметам, но равные разности чисел не означают равных разностей в количестве свойств. Классифицируя по твердости четыре материала, обозначим их в порядке убывания твердости 1, 2, 3, 4. Но сказать, что разность $(1 - 2)$ равна разности $(3 - 4)$ мы не можем, поскольку сами цифры не отражают количество свойств (твердости), а лишь указывают на порядок ее убывания.

Интервальная шкала имеет единицы измерения (линейка) при помощи которых можно не только упорядочить предметы, но и приписать им число так, чтобы равные разности чисел, присвоенные предметам, отражали равные различия в количествах измеряемого свойства. Например: календарное время, шкалы температур по Цельсию.

Есть еще одна шкала, которая характеризует изменение отношений. Она отличается от интервальной шкалы только тем, что нулевая точка не произвольна, а указывает на полное отсутствие свойств, например, рост температуры по Кельвину.

Наблюдение всегда проводится для изучения причинно-следственной связи между изучаемыми факторами. Все фак-

торы делятся на основные, поддающиеся учету и случайные, трудно поддающиеся учету. Вопрос о том, какие факторы обязательно учитывать, а какие можно считать случайными, приходится решать каждый раз применительно к конкретным условиям.

В случае проведения научно-исследовательской работы в области механизации сельского хозяйства наблюдения чаще всего производятся в форме испытания. В практических исследованиях испытанием называют чаще всего эксперимент, опыт, то есть такое изучение явлений, при котором изучаемые факторы вызываются искусственно – создаются специальные приборы, установки и т. п.

Основные факторы должны быть одинаковыми для всех испытаний, посвященных исследованию какого-либо свойства или признака. Такая совокупность испытаний называется *серией испытаний*.

Испытания с неизменным комплексом основных факторов называются *однородными*. Однородность основное важнейшее условие правильного применения статистических методов обработки наблюдений. Для обеспечения однородности испытаний нужно каждую их серию проводить в как можно более стабильных условиях:

- на одних и тех же приборах и установках;
- с одними и теми же исследователями;
- в предельно короткий срок.

При наблюдениях приходится следить не только за результатами испытания, но и за правильностью его проведения. По этому признаку, отмечаемые при наблюдении делятся на *изучаемые* и *контрольные*. Контрольные признаки служат для проверки однородности испытаний. Например, изучая сопротивление электролита при фиксированной температуре, мы при каждом наблюдении должны отмечать, что температура действительно не изменилась.

По своему характеру результаты, регистрируемые при наблюдениях, делятся на качественные и количественные. К

первым относятся все результаты, не имеющие числового характера (цвет, вкус, выпадение остатка в растворе). Это не позволяет применить к обработке качественных результатов математические методы. Количественные результаты наиболее удобны для математической обработки. Источником таких результатов служат наблюдения двух видов: подсчет и измерение.

С наблюдением первого вида мы сталкиваемся подсчитывая число дефектов на готовой детали или число зерен на шлифе, количество саранчи на 1 м^2 и т. п. Измерения возникают тогда, когда наблюдаемое свойство сравнивается в количественном отношении с некоторым эталоном (единицей измерения). Для этого используются различные измерительные приборы: весы, мензурки, линейки, ваттметры и т. п. Результаты, полученные непосредственным измерением, часто подставляются в различные формулы. После подсчета получаются так называемые результаты *косвенных* измерений.

Большинство измеряемых на практике величин обладает свойством *непрерывности*, т.е. их значения сплошь заполняют некоторый числовой промежуток. Приборы же, используемые при измерениях, обладают некоторым пределом точности (разрешающей способностью) – разницей в значениях двух величин которую они в состоянии обнаружить. Этот предел указывается на заводских приборах. Например, весы, взвешивающие с точностью до $0,1 \text{ мг}$, не могут различить такие веса как $12,52$ и $12,54 \text{ мг}$ и в обоих случаях покажут $12,5 \text{ мг}$. *Чувствительность* процесса измерения задается минимальной единицей цифровой шкалы, которая фиксируется. Пределы для точного значения устанавливаются путем прибавления и вычитания половины чувствительности измерительного процесса от найденного значения.

Пример: Рост человека, измеренный ростомером с ценой деления шкалы 1 см , составил 147 см . На самом же деле рост данного человека находится в интервале от $146,5$ до $147,5 \text{ см}$.

Любое увеличение точности при измерениях сильно усложняет эксперимент, а добавление каждого лишнего знака усложняет вычисления на 10...15 %. Поэтому всегда нужно знать ту точность, которая потребуется от результата и не стремиться к излишней точности измерений и вычислений. При этом целесообразно помнить следующее:

- не допускать излишнего количества цифр в промежуточных вычислениях;

- если найденная при вычислениях величина будет сравниваться с табличной, то число цифр в ней не должно превышать число цифр в табличной величине – поэтому можно округлять даже исходные данные;

- везде, где это только возможно, нужно избавляться от дробей изменяя для этого масштабы отсчета и перенося начало отсчета;

- все находимые при расчетах величины нужно проверять с помощью специальных приемов, либо проводя в месте с кем-либо параллельные вычисления.

1.4 Ошибки наблюдения

Различают ошибки трех видов.

1. Систематические ошибки – повторяющиеся и одинаковые во всей серии наблюдений. Основную особенность систематических ошибок составляет однонаправленность, то есть они либо занижают, либо завышают результаты исследований. Эта ошибка обычно связана с неисправными измерительными приборами, ошибкой лица снимающего показания, неправильной установкой приборов. Это приводит к тому, что такие ошибки не имеют свойства взаимопогашения и, следовательно, целиком входят как в показания отдельных наблюдений, так и в средние показатели. Если от систематической ошибки не удастся избавиться, ее нужно учесть – для этого достаточно найти ее величину.

2. Грубые ошибки – связаны с резким нарушением условий испытания при отдельном наблюдении. Сюда относятся ошибки связанные с поломкой в приборе или человеческим фактором (перепутал делянки и т. п.). Подобные ошибки, ни при каких условиях не могут быть погашены, их только можно забраковать. Грубая ошибка присутствует обычно не более чем в одном-двух испытаниях и характерна именно своим отличием. Избежать грубых ошибок можно продуманной тщательной организацией в проведении исследований.

3. Случайные ошибки – это ошибки, возникающие под воздействием очень большого числа факторов, эффекты действия которых столь незначительны, что их нельзя выделить и учесть отдельно. В данном случае изменчивость получаемых данных обусловлена в какой-то степени неизвестными нам причинами – случайными ошибками. Характерная особенность случайных ошибок – их тенденция взаимно поглощаться в результате приблизительно одинаковой вероятности как положительных, так и отрицательных значений, причем малые значения встречаются чаще, чем большие. При обобщении данных и выведении средних показателей, благодаря такой тенденции к взаимному поглощению случайных разнонаправленных ошибок, погрешности уменьшаются по мере увеличения числа наблюдений.

Математическая статистика дает методы количественного определения величины случайных ошибок и позволяет установить, насколько существенны разности между средними показателями сравниваемых вариантов.

1.5 Планирование и организация эксперимента

Эксперимент должен быть тщательно спланирован и продуман до мелочей. Обычно вся подготовка к нему фиксируется в предварительно подготовленном документе – «Программа и методика исследований». Этот документ состоит из ряда разделов. В первом разделе «Обоснование темы» кратко излагаются причины, на основании которых планируется данное исследование. Затем следует раздел «Материалы и методы», в котором описываются применяемые в исследованиях приборы, материалы и сама методика проведения исследований. В методике подробно излагаются вопросы когда, где и как будут проведены исследования, приводится схема размещения делянок, если это полевой опыт, или схема движения изучаемого агрегата или установки. На этих схемах наносятся места отбора проб и измерений. Здесь также приводятся частные и стандартные методики, методика обработки экспериментальных данных.

В следующем разделе «Ожидаемые результаты» излагаются предположения о возможных результатах исследований и их экономической эффективности. Далее приводится «Календарный план работ», в котором подробно излагаются этапы работы и сроки их выполнения. Заканчивается этот документ калькуляцией стоимости планируемых исследований. Сюда включаются: зарплата исполнителей и привлеченных работников; затраты на семена, удобрения, гербициды; затраты на автотранспорт, трактора и сельхозмашины; стоимость изготовления лабораторных установок; затраты на расходные материалы - фото пленки, канцтовары и т. д.

Методика проведения исследований должна также отражать и вопросы, связанные со спецификой проводимых исследований.

Так при изучении технологических приемов, например: вспашки, чизелевания, плоскорезной обработки важно правильно выбрать площадь делянки, ее форму (квадратная или вытянутая) число повторений (сколько лет проводятся исследования), число повторностей, схему размещения делянок

(рондомизированная или обычная), схему движения почвообрабатывающих агрегатов, глубину обработки. Как правило, такие опыты доводятся до урожая. А в этом случае для большей надежности объяснения результатов исследований необходима регистрация как можно большего количества случайных факторов: температуры, количества осадков, структуры урожая. Последняя показывает за счет каких факторов произошло увеличение или уменьшение урожая (количество колосьев на 1 м², количество зерен в колосе, масса 1000 зерен, засоренность посевов и т. д.). Подробно с методикой полевого опыта можно ознакомиться в книге Б.А. Доспехова «Методика полевого опыта» М. Агропромиздат. - 1985 г.

При изучении новых рабочих органов или новых машин необходимо вначале снять характеристику условий проведения испытаний. Для почвообрабатывающих машин это влажность, твердость, плотность почв, количество растительных остатков на поверхности почвы, предшествующая обработка и так далее. При изучении рабочих органов уборочных машин и машин в целом, в характеристику условий испытаний включаются: размерно-массовая характеристика убираемой культуры, схема посева, влажность и твердость почвы, засоренность посевов и т. д. Для всех мобильных агрегатов, в том числе и лабораторно-полевых установок агрегатируемых с трактором, надо выделить участки (30 м) разгона, предшествующие учетным проходам, которые должны быть ограничены вешками. При этом учетные делянки должны быть как на прямом проходе машины, так и на обратном, что дает возможность учета уклона поверхности почвы. При проведении лабораторных исследований молотильных аппаратов возникает проблема «дрейфа» влажности зерна, которая является одним из основных факторов. Поэтому такие исследования должны проводиться в крайне сжатые сроки с контролем влажности в начале и конце исследований. Многие исследователи в этом случае применяют и дополнительные меры: хранение массы в холодильниках в полиэтиленовой пленке;

искусственное увлажнение массы, предварительно высушенной путем фиксированного замачивания.

Разработка методики является творческим процессом, а полученные результаты зачастую зависят от оригинальности методики, предложенной автором и направленной на исключение случайных факторов. Так, например, установка на четырехрядной кукурузоуборочной машине двух разных по конструкции початкоотделяющих аппаратов позволяет исключить при испытаниях ряд случайных факторов, связанных с конструктивными отличиями комбайнов, и более надежно оценить отличия, внесенные в конструкцию початкоотделяющего аппарата. При этом следует на одном и том же поле, с одинаковой скоростью движения поочередно загружать два серийных или экспериментальных русла.

Большое значение при проведении сравнительных испытаний сельхозмашин имеет правильная регулировка и настройка рабочих органов. Если исследование направлено на установление эмпирической зависимости изучаемого фактора от изменения другого (например, влияния скорости барабана на дробление зерна при постоянных зазорах), то лучше провести однофакторное исследование. Если же в исследованиях определяются оптимальные параметры молотильного аппарата, включающие помимо скорости барабана и зазоры, то целесообразней провести трехфакторный (подача, скорость, зазоры) алгоритмизированный эксперимент.