*ОНИ, ОиПЭм-24 Лекция №5=2ч*

**Тема 2.2. Организация проведения экспериментальных исследований в агроинженерии**

*2.2.1. Организация проведения экспериментальных исследований в лабораторных и полевых условиях*

*2.2.2. Подготовка приборов и оборудования для измерения параметров и показателей в ходе выполнения эксперимента*

*2.2.3. Обработка результатов экспериментальных исследований*

***2.2.1. Организация проведения экспериментальных исследований в лабораторных и полевых условиях***

Проведение экспериментальных исследований в области агроинженерии предусматривает разработку и совершенствование машинных технологий, машин и рабочих органов в полеводстве и переработку сельскохозяйственной продукции применительно к условиям региона. Обоснование и разработка новых машин должны обеспечивать их адекватность зональным почвенно-климатическим условиям Приднестровья.

Организация проведения экспериментальных исследований в агроинженерии в лабораторных или полевых условиях заключаются в целенаправленном воздействии на объект в заданных контролируемых условиях, позволяющих следить за ходом его проведения с точным фиксированием значений заранее намеченных параметров исследуемого объекта с требуемой надежностью и точностью и воссоздать его каждый раз по мере необходимости при повторении тех же условий его проведения. При этом как условия, так и параметры исследуемого объекта (параметры рабочих органов машин и оборудования, отдельных операций технологических процессов, характеристики явлений и т.д.) могут меняться в заранее заданных интервалах варьирования в зависимости от особенностей объекта и поставленных целей экспериментальных исследований.

Лабораторно-полевые эксперименты (опыты) проводятся с целью проверки научной гипотезы, теоретических расчётов и получения экспериментальных данных по воздействию различных рабочих органов, схем обработки почвы и способов посева на физико-механические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

По способу формирования условий эксперименты делятся на естественные и искусственные, а по организации проведения - на лабораторные, натурные, полевые, производственные и т.п.

Искусственный эксперимент предполагает создание искусственных условий для его проведения, а естественный эксперимент предусматривает проведение опытов в производственных условиях привычных для исследуемого объекта использования.

*Лабораторный эксперимент проводят в лабораторных условиях* с применением типовых приборов, специальных моделирующих устройств, стендов и т.д. Чаще всего в лабораторном эксперименте изучается не сам объект, а его образец. Такой эксперимент дает возможность качественно и с нужной повторяемостью изучить влияние одних характеристик одновременно варьируя другие, получить убедительную научную информацию с минимальными затратами времени и ресурсов.

Например, при определении качества посева овощных культур в рядке в лабораторных условиях в ПНИИСХ использовали специальный электрифицированный стенд с движущей липкой лентой на транспортёре и высевающий пунктирно-гнездовой аппарат сеялки СОПГ-4,8.

В Пермской ГСХА на кафедре «Сельскохозяйственные машины» при проведении экспериментальных лабораторных исследований использовали лабораторный почвенный канал, в котором изучался процесс взаимодействия моделей рабочих органов плугов с обрабатываемой средой. Для этой цели были изготовлены модели лемешно-отвальной поверхности культурного, полувинтового и винтового вида и дискового плуга в масштабе.

От обычного наблюдения эксперимент отличается активным воздействием исследователя на изучаемое явление.

Однако лабораторные исследования не всегда позволяют моделировать реальный ход изучаемого процесса в полном объёме, поэтому возникает потребность в проведении производственного эксперимента в полевых условиях.

*Экспериментальные исследования в полевых условиях* проводят в виде натурного эксперимента. Натурный эксперимент проводят в обычных (естественных) условиях и на реальных объектах. Этот вид эксперимента часто применяют в процессе натурных испытаний технических объектов в полевых условиях. Главная научная задача натурного эксперимента – обеспечить достаточное соответствие (адекватность) условий его проведения реальной ситуации, в которой будет работать в дальнейшем исследуемый объект.

Экспериментальные исследования в полевых условияхимеют целью изучить процесс (технологию, устройство, систему и т. п.) в реальных условиях с учетом воздействия различных случайных факторов производственной среды. Одной из разновидностей производственных

экспериментов является собирание статистических материалов в организациях и на предприятиях, которые накапливают те или иные данные. Ценность этих материалов заключается в том, что они систематизированы за многие годы по единой методике. Такие данные хорошо поддаются обработке методами статистики и теории вероятностей.

Как правило, на эксперимент затрачивается большое количество средств. Научный работник производит огромное количество наблюдений и измерений, получает множество диаграмм, графиков и т. п. На обработку и анализ такого эксперимента затрачивается много времени. Иногда оказывается, что выполнено много лишнего, ненужного, это происходит из-за того, что исследователь чётко не обосновал цель и задачи эксперимента.

Обязательным требованием проведения эксперимента является ведение журнала наблюдений и измерений. Форма журнала может быть произвольной, но должна наилучшим образом соответствовать исследуемому процессу с максимальной фиксацией всех факторов.

В журнале также указывается тема НИР и тема эксперимента, время и место его проведения, фамилия исполнителя, данные об объекте и средствах измерения, результаты наблюдений, а также другие данные для возможной оценки получаемых результатов.

Подготовка приборов и оборудования для измерения параметров и показателей в ходе выполнения эксперимента играет важнейшую роль в организации и проведении экспериментальных исследований машин в агроинженерии.

***2.2.2. Подготовка приборов и оборудования для измерения параметров и показателей в ходе выполнения эксперимента***

Обоснование использования средств измеренийпредполагает выбор необходимых для наблюдений и измерений приборов,оборудования, устройств, аппаратов и т. п. Выбираются, как правило, стандартные (известные) средства измерения.

Важной частью исследований является установление уровня точности измерений и погрешностей, при этом методы измерений должны базироваться на законах метрологии.

Измерительный процесс независимо от цели его проведения и конечного результата состоит из следующих этапов:

- подготовки к измерениям;

- выполнения измерений.

- обработки результатов измерений.

Подготовка измерений проводится с целью обеспечения высокой или требуемой точности.

Процедуру подготовки измерений условно можно представить в виде следующих этапов:

- анализ поставленной задачи на проведение измерений;

- создание условий для измерений;

- выбор средств и метода измерений;

- выбор числа наблюдений;

- подготовка специалиста (оператора);

- опробование средств измерений.

При анализе поставленной задачи, необходимо выяснить какие физические величины или параметры подлежат измерению, какой точности должен быть результат измерений, и в какой форме его следует представить.

При обработке результатов измерений необходимо правильно представлять количество знаков в его численном значении и погрешности путем их округления. Основные правила округления регламентированы.

Ниже в качестве примера приводится методика и приборы для проведения исследований движения стабилизированных агрегатов и определения качества их работы модульных и навесных комплексов машин.

Для проведения лабораторно-полевых экспериментов выбирались рабочие участки с почвами, обладающими физико-механическими свойствами типичными для южной зоны орошаемого земледелия Приднестровья и Одесской области.

В процессе проведения экспериментальных исследований снимались характеристики почвенных рабочих участков, измерялись агротехнологические показатели качества выполнения заданных процессов и эксплуатационно-технические параметры рабочих и ходовых органов агрегатов, влияющих на устойчивость и стабилизацию направления движения.

Характеристика рабочих участков снималась с указанием микрорельефа, типа почвы, её механического состава, влажности, плотности и твёрдости. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом в соответствии с ГОСТ 20915-75, который предусматривает высушивание взятых проб почвы в сушильном шкафу.

Пробы отбирали из слоя почвы глубиной 0…10 см, высыпали в тару, тщательно перемешивали, после чего заполняли алюминиевые стаканчики – бюксы, и взвешивали до и после высушивания. По разнице массы бюкса с почвой до и после сушки определяли количество воды, содержащееся в пробе почвы. По разнице массы бюкса с высушенной почвой и бюкса без почвы – массу сухой почвы. Относительная влажность почвы в процентах определялась по формуле:

W = (a - b/b - c)·100% , (1)

где a – масса бюкса с влажной почвой, г; b – масса бюкса с сухой почвой, г; c – масса бюкса без почвы, г.

Твёрдость почвы определялась в соответствии с ГОСТ 20915-75. Замеры показателей твёрдости производились специальным прибором - твердомером конструкции ВИСХОМ на глубине 0…10 см в местах взятия проб на влажность.

Буксование ведущих колёс трактора определялась путём расчёта по числу оборотов ведущих колёс в ходе движения по горизонтальной поверхности и по направляющим ступенчатым бороздам-щелям.

Микрорельеф участка и геометрические размеры борозд и щелей, как стабилизирующие параметры направляющих элементов, определялись в поперечной плоскости к направлению движения агрегата методом поперечного профилирования. Замеры проводились перед проходом и после прохода агрегата по методике, описанной в ОСТ 70.4.1-80. Для снятия поперечного сечения профиля почвы на учётной делянке забивали вне ширины захвата агрегата два штыря. На них по уровню в горизонтальном положении устанавливали рейку с делениями. Затем производили измерения расстояния от верхней её стороны до поверхности почвы через каждые 5 см на всю ширину захвата агрегата. По полученным данным измерений вычерчивали поперечный профиль в виде графика кривых.

Скорость движения агрегата определялась по методике заложенной в ОСТ 70.4.1-80 по известной формуле:

V = S/t , (2)

где V – скорость движения агрегата, м/с; S – пройденный путь, м; t – время прохождения делянки, с.

Для определения пути и времени движения агрегата на учётных проходах выделялись вешками контрольные делянки. Их длина равнялась пройденному пути и составляла 50 м. В конце движения агрегатом контрольных делянок регистрировалось секундомером время прохождения заданного пути. Время фиксировалось в прямом и обратном направлениях в четырёхкратной повторности (две по ходу вперёд, две – обратно).

Траектории движения агрегатов определялись по методике разработанной в лаборатории механизации Приднестровского НИИ сельского хозяйства с помощью специально сконструированного для этих целей прибора, фиксировавшего пройденный путь в виде кривых линий на бумажной ленте.

Прибор состоит из двух частей – записывающей, закреплённой на последнем поперечном брусе рамы шасси с правой стороны по ходу движения агрегата, и регистрирующей, установленной на поверхности почвы полотна соседней гряды.

В записывающую часть прибора входят записывающее и копирующее устройство, а также фиксирующий узел.

Записывающее устройство состоит из записывающего элемента – сменного фломастера, который вставляется с пружиной в трубку и завинчивается колпачком. Трубка с фломастером крепится зажимом головки копирующего устройства.

В состав копирующего устройства, кроме головки, к которой в передней части крепится самоустанавливающий ролик, также входят вертикальная стойка, пружина, направляющая труба с прорезью, шайбы и болты.

Направляющая труба со стойкой устанавливается в кронштейн фиксирующего узла и закрепляется на заданной высоте. К раме шасси поперечная штанга фиксирующего узла крепится с помощью специальных уголков и хомутов.

Регистрирующая часть прибора представляет собой плоскую сборную поверхность длиной 20 м и шириной 0,2 м с закреплённой на ней бумажной лентой. Поверхность образуется путём жёсткого соединения шести металлических каркасов, выполненных из уголков 25х25 мм. Сверху к уголкам приклеены полосы плотной картонной бумаги. Каждый каркас имеет четыре ушка для закрепления их на поверхности почвы металлическими штырями.

Наличие в приборе упругих элементов – пружин, обеспечивает хорошее прижатие ролика и фломастера к поверхности ленты и качественную запись траекторий движения агрегатов.

Процесс записи траекторий движения машинно-тракторных агрегатов происходит следующим образом.

С правой стороны по ходу движения агрегатов на соседнем полотне гряды выставляются все шесть каркасов. Они между собой жёстко скрепляются и фиксируются - путём забивания в ушки каркасов штырей. Штыри в почву забиваются на весь период возделывания овощных культур. На картонную поверхность крепится бумажная лента и регистрирующая часть прибора готова к проведению записей.

Параллельно готовится и записывающая часть прибора. В собранном виде она крепится справа к раме прицепного шасси технологического агрегата.

В процессе выполнения агрегатом заданной технологической операции в момент подъезда к регистрирующей части на неё опускается записывающее устройство и на ленте вычерчивается кривая линия, отражающая траекторию движения агрегата.

Затем регистрирующая поверхность переносится на 50 м вперёд, забиваются новые штыри, и процесс записи повторяется.

А для записи движения при обратном проходе агрегата регистрирующая часть прибора также устанавливается справа на соседней гряде по ходу движения агрегата.

Запись траекторий движения для одной технологической операции (например, боронования) проводится трёхкратно.

Замеры проводились и на последующих операциях – посеве и междурядной обработке. При этом установка регистрирующей части прибора будет производиться в тех же местах с помощью ранее забитых штырей в почву при бороновании.

Фиксирование траектории движения агрегата осуществлялось на одной и той же бумажной ленте с помощью разноцветных фломастеров: вычерчивались три кривых линии разными цветами при бороновании, затем при посеве и первой междурядной обработке.

В процессе записи траекторий движения фиксировалось время для определения скорости движения агрегатов. При этом также определялись показатели твёрдости почвы прибором конструкции ВИСХОМ и осуществлялся забор проб почвы для установки её влажности.

Основные значения технологических показателей работы агрегатов – схемы внесения минеральных удобрений и пестицидов, посева семян и посадки, защитные зоны при междурядных обработках, определялись по методикам, заложенным в отраслевых стандартах – ОСТ 70.4.2-80 «Машины и орудия для поверхностной обработки почвы», ОСТ 70.6.1-81 «Опрыскиватели, опыливатели», ОСТ 70.4.2-82 «Машины и орудия для обработки пропашных культур», ОСТ 70.5.1-82 «Машины посевные», ОСТ 70.7.1-82 «Машины для внесения твёрдых минеральных удобрений, известковых материалов и гипса».

Характер и качество движения различных ходовых, стабилизирующих и рабочих органов машинно-тракторных агрегатов определялись визуально и фиксировались путём фотографирования.

***2.2.3. Обработка результатов экспериментальных исследований***

При проведении экспериментальных исследований вначале составляется очередность (последовательность) проведения операций измерений и наблюдений, затем описывается каждая операция в отдельности. Особое внимание уделяется методам контроля качества операций, обеспечивающим при минимальном количестве измерений высокую надежность и заданную точность.

Важным моментом является выбор способов обработки и анализа экспериментальных данных. Результаты экспериментов целесообразно для быстрого и качественного их сопоставления представлять в виде таблиц, графиков, диаграмм, формул.

Особое внимание должно быть уделено математическим методам обработки и анализу данных опыта – установлению эмпирических зависимостей, аппроксимации связей между варьирующими характеристиками, установлению критериев и доверительных интервалов и др. После определяется объём и трудоёмкость экспериментальных исследований. Чем точнее сформулирована теоретическая часть исследования, тем меньше объем эксперимента.

На объём и трудоемкость существенно влияет вид эксперимента. После установления объема экспериментальных работ составляют перечень необходимых средств измерений, объем материалов, список исполнителей, календарный план и смету расходов.

Особое место отведено анализу эксперимента – завершающей части, на основе которой делают вывод о подтверждении гипотезы научного исследования.

*Анализ эксперимента*– это творческая часть исследования. Иногда за цифрами трудно чётко представить физическую сущность процесса. Поэтому требуется особо тщательное сопоставление фактов, причин, обусловливающих ход того или иного процесса и установление адекватности гипотезы и эксперимента. При обработке результатов измерений и наблюдений широко используют методы графического изображения.

*Графическое изображение*даёт наиболее наглядное представление о результатах экспериментов, позволяет лучше понять физическую сущность исследуемого процесса, выявить общий характер функциональной зависимости изучаемых переменных величин, установить наличие максимума или минимума функции.

Для графического изображения результатов измерений (наблюдений), как правило, применяют систему прямоугольных координат. Точки на графике необходимо соединять плавной линией так, чтобы они по возможности ближе подходили ко всем экспериментальным точкам. Линия характеризует изменение функции по данным эксперимента. Резкое искривление графика объясняется погрешностями измерений.

При графическом изображении результатов экспериментов большую роль играет выбор системы координат, или координатной сетки. Такие сетки бывают равномерными и неравномерными. У равномерных координатных сеток ординаты и абсциссы имеют равномерную шкалу.

Из неравномерных координатных сеток наиболее распространены полулогарифмические, логарифмические, вероятностные.

*Полулогарифмическая координатная сетка* имеет равномерную ординату и логарифмическую абсциссу, у *логарифмической сетки* обе оси логарифмические, а *вероятностная* имеет обычно равномерную ординату, а абсциссу – вероятностную шкалу.

На основе экспериментальных данных можно подобрать (разработать) алгебраические выражения, которые называют *эмпирическими формулами.*Чем больше они соответствуют результатам эксперимента, тем выше их ценность. Опыт показывает, что эмпирические формулы бывают незаменимы для анализа измеренных величин. К эмпирическим формулам предъявляют два основных требования – они должны по возможности быть наиболее простыми и точно соответствовать экспериментальным данным в пределах изменения аргумента.

Таким образом, эмпирические формулы являются приближенными аналитическими выражениями.

Замену точных аналитических выражений приближенными, более простыми, называют *аппроксимацией*, а функции аппроксимирующими.

Процесс подбора эмпирических формул состоит из двух этапов.

На первом данные измерений наносят на сетку прямоугольных координат, соединяют экспериментальные точки плавной кривой и ориентировочно выбирают вид формулы.

На втором этапе вычисляют параметры формул, которые наилучшим образом соответствовали бы принятой.

Подбор эмпирических формул необходимо начинать с самых простых выражений. Кривые, построенные по экспериментальным точкам, сглаживают известными в статистике методами. Например, методом выравнивания, который заключается в том, что кривую, построенную по экспериментальным точкам, представляют линейной функцией.

Для нахождения параметров заданных уравнений часто применяют метод средних и метод наименьших квадратов.

Для исследования закономерностей между явлениями (процессами), которые зависят от многих, иногда неизвестных факторов, применяют корреляционный анализ.

В процессе проведения эксперимента возникает потребность проверить соответствие экспериментальных данных теоретическим, т. е. проверить гипотезу исследования. Проверка экспериментальных данных на адекватность необходима также во всех случаях на стадии анализа теоретических и экспериментальных исследований.

Методы оценки адекватности основаны на использовании доверительных интервалов, позволяющих с заданной вероятностью определять искомые значения оцениваемого параметра. Суть такой проверки состоит в сопоставлении полученной или предполагаемой теоретической функции с результатами измерений.

В практике адекватности применяют различные критерии согласия: Фишера, Пирсона, Романовского, Стьюдента.

Экспериментальные исследования являются важнейшей составной частью научных исследований в агроинженерии.

В качестве примера ниже приводится методика обработки полученных экспериментальных данных для проведения исследований движения стабилизированных агрегатов и определения качества их работы модульных и навесных комплексов машин.

Обработку полученных экспериментальных данных проводили следующим образом.

Разработали необходимые формы таблиц удобные для записи и обработки данных в журналы учёта проведения экспериментальных исследований.

После получения и обработки опытных данных провели их анализ и построили необходимые зависимости раскрывающих сущность явлений и взаимосвязей при исследовании движения и качества работы агрегатов в направляющих бороздах.

Обработку и анализ полученных данных осуществляли на компьютере типа IBM AT Celeron 2.4 с привлечением специальной программы обработки табличных данных и построения графиков Microsoft Excel.

Экспериментальные исследования проводились по схеме однофакторного опыта с обработкой данных по программе дисперсионного анализа.

Основными статистическими харак­теристиками количественной изменчивости являлись: средняя арифме­тическая (),дисперсия (s2), стандартное отклонение (s) и коэффициент вариации (V).

Коэффициент вариации является относительным показателем из­менчивости. Использование коэффициента вариации имеет смысл при изучении вариации признака, принимающего только положи­тельные значения. Изменчивость принято считать незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10%, средней, если V выше 10%, но менее 20%, и значительной, если коэффициент вариации более 20%.

Расчет статистических параметров выполнялся на компьютере в среде табличного процессора Excel, при этом использовались статистические функции, доступ к которым осуществлялся через основное меню: *Меню → Вставка → Функция* *→ {Окно Мастер функций} → {Категория}*  *→*  *Статистические → {Функция} →*  *Имя функции.*

Окно *Мастер функций* имеет два поля: *Категория,* которое со­держит имена типов функций, и *Функции,* в котором дан список имен самих функций выбранной категории. Ниже полей приводится форма записи выбранной функции, состоящей из ее имени, за которым в скобках содержится перечень аргументов: *Имя функ­ции (Список аргументов).*

После выбора функции и нажатия кнопки ОК открывается окно, предназначенное для ввода значений указанных аргументов или переноса их из ячеек таблицы. Причем при обращении к аргу­менту появляется пояснительный текст.

С помощью статистических функций рассчитывались среднее арифметическое значения, стандартное отклонения, дисперсия, коэффициент вариации.