

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## МЕТОДИКА ОПЫТНОГО ДЕЛА

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ  
для лабораторных занятий  
по направлению подготовки  
35.03.04 «Агрономия»



Владикавказ, 2021

УДК 631.527.85  
ББК 41.3Р

**Составители: Рогова Т.А., Кучиев С.Э.**

Рецензент – *А.Х. Козырев*, д.с.-х.н., Горский ГАУ,  
проректор по ИСР

**Рогова Т.А., Кучиев С.Э.** Методика опытного дела / Рабочая тетрадь для лабораторных занятий /Т.А. Рогова, С.Э. Кучиев. – Владикавказ: Издательство ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2021, – 52с.

*Рекомендовано Центральным учебно-методическим советом  
ФГБОУ ВО Горского ГАУ в качестве рабочей тетради  
к лабораторным занятиям от 29 апреля 2021г. протокол № 8.*

Рабочая тетрадь является методическим пособием для освоения студентами статистических характеристик количественной изменчивости, эмпирических и теоретических распределений результатов измерений, полученных при изучении выборочной совокупности, методов проверки гипотез. В ходе выполнения заданий представленных в рабочей тетради, студенты научатся делать умозаключения о генеральной совокупности на основе наблюдений над выборкой. Для каждого занятия определено задание, решение которого позволит закрепить пройденный материал и получить навыки оценки экспериментальных данных.

В рабочей тетради тематика занятий располагается в определенном порядке, что позволяет соблюдать последовательность изучения методов математической статистики применяемых при обработке результатов опыта. В конце каждого раздела приводятся контрольные вопросы.

Рабочая тетрадь по дисциплине «Методика опытного дела» разработана на основе ОПОП (Основная профессиональная образовательная программа высшего образования) по направлению подготовки 35.03.04 «Агрономия» «Технологии производства продукции растениеводства» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия (уровень бакалавриата), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 26 июля 2017 г. № 699, с учетом требований профессионального стандарта «Агроном», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 09 июля 2018 г. № 454н. (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 27 июля 2018 г., регистрационный № 51709).

## ВВЕДЕНИЕ

Методически грамотно спланированный полевой эксперимент - залог эффективности и качества научной работы в агрономии, а подтверждением достоверности полученных результатов служит статистическая обработка данных опыта. Рабочая тетрадь содержит основы статистической обработки результатов исследований и технику математической обработки данных наблюдений, однофакторных полевых опытов - дисперсионный, корреляционный, регрессионный анализы.

В пособии для лабораторных занятий по дисциплине «Методика опытного дела» логично излагаются теоретические положения математической статистики: даны понятия о выборочном методе, о распределениях - нормальном, Стьюдента, Фишера, Пуассона, Пирсона, занимающих в теории статистики особое положение и являющихся исходными для построения целого ряда важнейших критериев, о параметрах распределения и их статистических оценках, о доверительном интервале, о проверке гипотез. Все статистические характеристики рассматриваются на конкретном материале полевых опытов в области агрономии.

Основой статистических методов обработки и анализа результатов является предположение о наличии случайной выборки, и если оно соответствует действительности, все выводы статистики будут правильными; в случае нарушения принципа случайного отбора законность и реальность последующих выводов становятся неопределенными и недостаточно обоснованными. Данное положение закрепляется у студентов в процессе выполнения всех заданий представленных в рабочей тетради. Сложно ожидать, что идеализированные в определенной степени и абстрактные условия, на которых строится математическая теория, могут быть полностью осуществлены на практике при проведении полевых экспериментов, однако будущие специалисты должны усвоить, что приближение к этим условиям необходимо.

Студенту нужно понимать, что рендомизация является тем средством, которое в доступной степени приближает нас к абстрактной

случайной выборке, дает определенные гарантии в правильности практических выводов, полученных в результате статистической обработки конкретных данных наблюдений и эксперимента.

Рендомизированное размещение вариантов по делянкам полевого опыта, является единственным средством устранения систематических ошибок возникающих в результате территориального закономерного варьирования почвенного плодородия опытных участков. Эти ошибки приводят к искажению эффектов изучаемых вариантов, вводят экспериментатора в заблуждение. Искажение результатов возникает, в том числе из-за неправомерности использования математических критериев для оценки существенности различий между вариантами.

В рабочей тетради уделено внимание принципам планирования, технике закладки однофакторного полевого опыта.

В приложении даны статистические таблицы для математической обработки данных, указатель символов и обозначений, встречаемых в тексте, список рекомендованной литературы. Разработанное пособие для проведения лабораторных занятий будет способствовать дальнейшему совершенствованию методики полевого опыта, более широкому внедрению в практику опытной работы, объективных статистических методов оценки результатов исследований и повышению качества подготовки специалистов сельского хозяйства.

## ЗАНЯТИЕ 1. ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ. ИЗМЕНЧИВОСТЬ. СОВОКУПНОСТЬ И ВЫБОРКА

Математическая статистика является одним из разделов математики и позволяет решать следующие задачи:

1. При планировании эксперимента помогает выбрать оптимальные условия проведения опыта: точность опыта, периодичность и частоту наблюдений и учетов, способ отбора проб, размер и объем выборки.

2. Позволяет делать умозаключения о всей генеральной совокупности на основе наблюдений над выборкой.

3. Дает возможность проверки различных гипотез, установления достоверности опыта и оценки существенности частных различий, на основе которых дает объективную количественную оценку экспериментальным данным.

Свойство условных единиц (растений, урожаев на параллельных делянках и т.п.) отличаться друг от друга даже в однородных совокупностях называется **изменчивостью** (или **варьированием**). Изменчивость – это свойство присущее всем предметам природы и носящее абсолютный характер.

Различают два типа изменчивости: количественную, которая может быть измерена, и качественную, которая не поддается измерению.

Под **количественной изменчивостью** понимают такую, в которой различия между вариантами выражается количеством, например массой, высотой, урожаем, числом зерен и т.д.

**Качественной изменчивостью** называется такое варьирование, когда различия между вариантами выражаются качественными показателями (цвет, вкус, форма и т.д.).

В опытной работе не всегда возможно исследовать по какому-либо признаку все особи, всю совокупность. Поэтому зачастую прибегают к изучению ее части, по которой делают общее заключение.

Вся группа объектов, подлежащая изучению, называется **совокупностью** или **генеральной совокупностью**, а та часть объек-

тов, которая попала на проверку, исследование – **выборочной совокупностью** или **выборкой**.

Возможные значения варьирующего признака  $X$  называют **вариантами** и обозначают  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . Упорядочение ряда варьирующих величин, т.е. расположение вариантов в порядке возрастания или убывания, называется его ранжированием. Ряд данных, в котором указаны возможные значения варьирующего признака в порядке возрастания или убывания и соответствующие им частоты, называются **вариационным рядом**.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под математической статистикой?
2. Какие задачи решает математическая статистика?
3. Что такое изменчивость, вариация?
4. Какие типы изменчивости вы знаете? Примеры.
5. Что называется совокупностью? Виды совокупностей.
6. Что такое варианта?
7. В чем сущность ранжирования варьирующих величин?
8. Дайте определение вариационного ряда.

## ЗАНЯТИЕ 2–3. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Основными статистическими характеристиками количественной изменчивости являются средняя арифметическая ( $\bar{x}$ ), дисперсия ( $S^2$ ), стандартное отклонение ( $S$ ), ошибка средней арифметической ( $S_{\bar{x}}$ ), коэффициент вариации ( $V$ ) и относительная ошибка выборочной средней ( $S_{\bar{x}}\%$ ).

1. **Средняя арифметическая** ( $\bar{x}$ ) является обобщенной, абстрактной характеристикой всей совокупности в целом. Простую среднюю арифметическую вычисляют по формуле:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum X}{n}.$$

Если исходные данные сгруппированы и частоты групп обозначены через  $f$ , находят взвешенную среднюю арифметическую по формуле:

$$\bar{X} = \frac{f_1 X_1 + f_2 X_2 + \dots + f_n X_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n} = \frac{\sum fX}{n},$$

где:  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – значения признака, варианты;  $f_1, f_2, \dots, f_n$  – встречаемость каждой варианты, признака;  $n$  – общее число наблюдений, сумма всех частот ( $n = \sum f$ );  $\Sigma$  – знак суммы.

Основное свойство средней арифметической заключается в равенстве суммы всех положительных и всех отрицательных отклонений от нее, т.е. сумма отклонений всех отдельных вариантов от  $\bar{x}$  равна нулю:

$$\bar{x}(X - \bar{x}) = (X_1 - \bar{x}) + (X_2 - \bar{x}) + \dots + (X_n - \bar{x}) = 0.$$

2. **Дисперсия** ( $S^2$ ) и **стандартное отклонение** ( $S$ ) служат основными мерами вариации, рассеяния изучаемого признака. Дисперсия представляет собой отношение суммы квадратов отклонений к числу всех измерений без единицы:

$$S^2 = \frac{\sum f(X - \bar{x})^2}{n - 1}.$$

Размерность дисперсии равна квадрату размерности изучаемого признака, что неудобно и заставляет ввести для измерения рассеяния стандартное или среднеквадратическое отклонение, имеющее размерность варьирующей величины. Стандартное отклонение получают извлечением квадратного корня из дисперсии

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n - 1}}.$$

Если исходные наблюдения сгруппированы и частоты групп обозначены через  $f$ , то дисперсию и стандартные отклонения вычисляют по формулам:

$$S^2 = \frac{\sum f(X - \bar{x})^2}{n - 1} \quad \text{и} \quad S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum f(X - \bar{x})^2}{n - 1}}.$$

Известно, что при вычислении любых средних величин сумму всех показателей необходимо делить на число независимых друг от друга величин. В формулах для расчета дисперсии и стандартного отклонения сумму квадратов отклонений  $\sum (X - \bar{x})^2$  делят на число наблюдений без единицы, так как одно любое отклонение зависимое и может быть найдено из равенства  $\sum (X - \bar{x})^2 = 0$ .

Число свободно варьирующих величин называется **числом степеней свободы** вариации ( $v$ ). В простейшем случае  $v = n - 1$ .

3. **Коэффициент вариации** ( $V$ ) – стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности:

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100.$$

Коэффициент вариации является относительным показателем изменчивости. Его использование имеет смысл при изучении вариации признака, принимающего только положительные значения.

Изменчивость принято считать:

- незначительной, если  $V$  менее 10%;

- средней, если  $V$  от 10 до 20%;
- значительной, если  $V$  более 20%.

#### 4. Ошибка выборочной средней или ошибка выборки $S_{\bar{x}}$

является мерой отклонения выборочной средней  $\bar{x}$  от средней всей (генеральной) совокупности  $\mu$ . Ошибка выборочной средней прямо пропорциональна стандартному отклонению выборки  $S$  и обратно пропорциональна корню квадратному из числа измерений  $n$ , т.е.:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}}.$$

Ошибку выборки выражают в тех же единицах измерения, что и варьирующий признак, и приписывают к соответствующей средней со знаками  $\pm$ , т.е.  $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ .

#### 5. Относительной ошибкой выборочной средней ( $S_{\bar{x}}\%$ )

называется ошибка выборки, выраженная в процентах от соответствующей средней. Она характеризует точность опыта и находится по формуле:

$$S_{\bar{x}}\% = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \times 100.$$

Точность опыта считается:

- высокой, если  $S_{\bar{x}}\%$  менее 1%;
- хорошей, если  $S_{\bar{x}}\%$  от 1 до 3%;
- удовлетворительной, если  $S_{\bar{x}}\%$  от 3 до 5-7%;
- неудовлетворительной, если  $S_{\bar{x}}\%$  более 5-7%.

**Задание 1.** Рассчитать статистические характеристики количественной изменчивости и сделать необходимые выводы на основе данных малой выборки.

**Условие.** Высота растений озимой пшеницы, см: 75; 83; 77; 84; 80.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Какие статистические показатели количественной изменчивости вы знаете?
2. Виды средней арифметической. Методы их вычисления?
3. В чем основное свойство средней арифметической?
4. Что такое дисперсия? Ее свойства?
5. Зачем и каким способом вычисляют стандартное отклонение?
6. Что вы знаете о коэффициенте вариации?
7. Что характеризует ошибка выборочной средней?
8. Как рассчитать относительную ошибку выборочной средней и как она характеризует точность опыта?

## ЗАНЯТИЕ 4. ЭМПИРИЧЕСКИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

**Эмпирические распределения** – это распределение результатов измерений, полученных при изучении выборки. В его основе лежат определенные математические закономерности, которые в генеральной совокупности (при  $n \rightarrow \infty$ ) характеризуются некоторыми теоретическими распределениями.

На основе теоретических распределений построены статистические критерии, используемые для проверки некоторых гипотез. Наиболее часто в исследовательской работе опираются на нормальное распределение и ряд специальных распределений, получаемых из нормального.

**1. Нормальное распределение.** Для него характерны следующие закономерности:

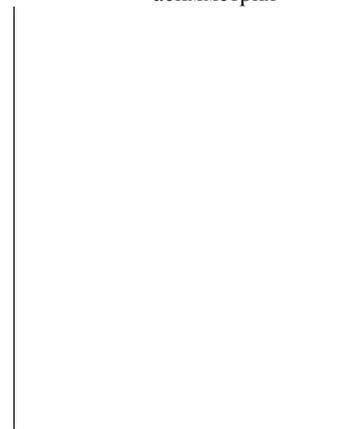
- в области  $\mu \pm \sigma$  лежит 68,26% (около двух третей) всех наблюдений;
- внутри предела  $\mu \pm 2\sigma$  находится 95,46% всех значений случайной величины;
- интервал  $\mu \pm 3\sigma$  охватывает 99,73% (практически все) значений.

Площадь под кривой, отграниченная от среднего на  $t$  стандартных отклонений, выраженная в процентах от всей площади, называется **статистической надежностью**, или **уровнем вероятности** ( $P$ ), т.е. вероятность появления значения признака, лежащего в области  $\mu \pm t\sigma$ . Вероятность того, что значение варьирующего признака находится вне указанных пределов, называется **уровнем значимости** ( $P_1$ ):  $P_1 = 1 - P$ .

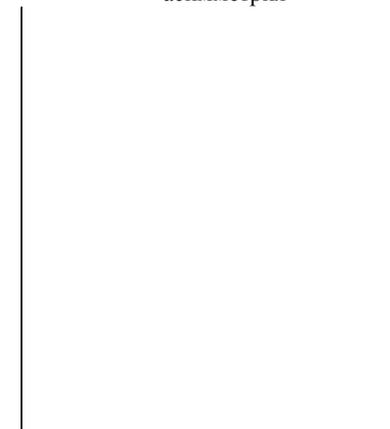
Уровни вероятности и значимости выражаются в процентах или долях единицы. В практике агрономических исследований считается возможным пользоваться вероятностями 0,05 (5%-ный) и 0,01 (1%-ный) уровни значимости. Эти вероятности получили название **доверительных вероятностей**.

**2. Асимметричные и эксцессивные распределения.** Нередко некоторые признаки растений и животных дают распределения, значительно отличающиеся от нормального.

Положительная (правосторонняя)  
асимметрия



Отрицательная (левосторонняя)  
асимметрия



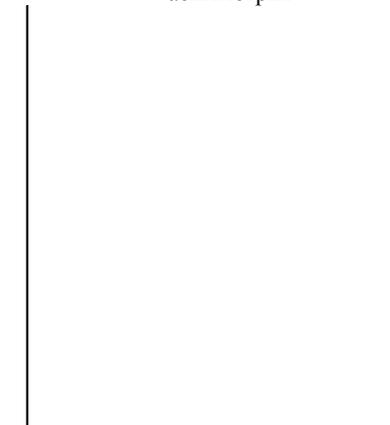
Причины возникновения асимметричных распределений:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_

Положительная (правосторонняя)  
асимметрия



Отрицательная (левосторонняя)  
асимметрия



Причины возникновения асимметричных распределений:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. **t – распределение Стьюдента.** Чаще всего применяется при работе с малыми выборками (при  $n < 30-50$ ), позволяет определить доверительный интервал, накрывающий среднюю совокупности  $\mu$ , и проверить ту или иную гипотезу относительной генеральной совокупности.

Распределение Стьюдента для выборочных средних определяется равенством:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = \frac{\bar{x} - \mu}{S\bar{x}}.$$

Распределение t-критерия Стьюдента представлено в таблице приложения 1 и зависит от числа степеней свободы и принятого уровня значимости.

4. **F – распределение Фишера.** Служит для оценки существенности разницы между средними двух независимых выборок.

Значение F-критерия Фишера находят по отношению дисперсий:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}.$$

Причем отношение дисперсии берут таким, чтобы в числителе была большая дисперсия, и поэтому  $F \geq 1$ .

Теоретические значения F даны в таблице приложения 2. Критерий F зависит от числа степеней свободы сравниваемых выборок и от принятого уровня значимости.

Генеральные параметры сравниваемых групп различны, если  $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$ . При  $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$  разницы между выборками не существенна.

5. При расчете статистических характеристик обязательно устанавливают **доверительный интервал**, под которым понимают такой интервал, который с заданной вероятностью покрывает оцениваемый параметр (в нашем случае генеральную среднюю  $\mu$ ). Центром такого интервала является выборочная оценка точки (в нашем слу-

чае выборочная средняя  $\bar{x}$ ), а пределы (доверительные границы) интервала определяются средней ошибкой оценки и уровнем вероятности.

В общем виде доверительный интервал для генеральной средней записывается так:

$$\bar{x} - tS\bar{x} \leq \mu \leq \bar{x} + tS\bar{x},$$

или в более компактной форме:

$$\bar{x} \pm tS\bar{x}.$$

**Задание 2.** Рассчитать доверительный интервал при 95 и 99%-ного уровня вероятности по условиям задания занятия 1.

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие теоретические распределения вы знаете?
2. Назовите закономерности нормального распределения?
3. Что понимают под уровнем вероятности и значимости? Какие вероятности считаются доверительными и почему?
4. Виды и причины возникновения асимметричных распределений?
5. Виды и причины возникновения эксцессивных распределений?
6. Что вы знаете о распределении Стьюдента? Как найти теоретическое значение t- критерия?
7. Что вам известно о распределении Фишера? Как найти теоретическое значение F-критерия?
8. Что понимают под доверительным интервалом?

**ЗАНЯТИЕ 5–6.**  
**ГРУППИРОВКА И ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ**  
**ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ**  
**ИЗУЧАЕМОГО ПРИЗНАКА**  
**(индивидуальное задание №1)**

**Задание**

В таком виде полученные данные не дают представления о характере и степени изменчивости изучаемого признака. Кроме того, трудоемко и прямое вычисление статистических характеристик. Поэтому сначала необходимо сгруппировать значения вариант  $X_1, X_2, \dots, X_n$  в группы с определенным интервалом ( $i$ ) между группами и произвести вспомогательные вычисления (см. табл. 1 и 2).

Число групп ( $k$ ) определяется в зависимости от объема выборки ( $n$ ). При  $n=30-60$  вариант  $k = 6 - 7$ ; при  $n = 60 - 100$   $k = 7 - 8$ ; при  $n > 100$   $k = 8 - 15$ . Ориентировочно  $k = \sqrt{n}$ .

Следует иметь в виду, что при малом числе групп (меньше 5-6) нельзя выяснить характерную особенность распределения изучаемого признака в совокупности.

Величину интервала рассчитывают по формуле:

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k},$$

где:  $X_{\min}$  – наибольшая варианта;  $X_{\max}$  – наименьшая варианта.

Рекомендуется величину интервала брать целым, желательно четным числом. Затем определяют начало и конец каждой группы, и групповые варианты (среднее значение групп).

За начало 1-й группы целесообразно брать минимальную варианту, а ее конец определить: начало группы  $+i-1$ . Начало 2-й группы должно отличаться от конца 1-й группы на величину точности измерения. Аналогично определяется начало и конец последующих групп.

Групповые варианты ( $X$ ) определяются путем прибавления к началу соответствующей группы половины интервала ( $+i:2$ ).

Далее проводят разnosку вариант по группам, определяют частоту ( $f$ ) встречаемости варианта в пределах каждой группы, вычисляют сумму квадратов и статистические характеристики, строят гистограмму и полигон распределения частот.

Под **гистограммой** понимают ступенчатый график в виде столбиков, имеющих высоту пропорционально частотам  $f$ , а ширину равную интервалам групп. **Полигон** - график в виде ломанной линии, соединяющий точки. Ординатой на графиках являются соответствующие частоты, а абсциссой – средние значения групп.

В заключении работы выписывают значения  $\bar{x}, S, V, S\bar{x}, S\bar{x}\%$  и доверительного интервала, оценивают степень изменчивости изучаемого признака, и делают вывод исходя из характера распределения частот по группам.

Задание, в зависимости от числового значения вариант, выполняется одним из 2-х способов: 1). По исходным значениям вариант, если они представлены однозначными или небольшими двузначными числами; 2). По преобразованным значениям вариант, если они представлены двузначными числами.

Способ выполнения задания не влияет на числовые значения статистических характеристик, но преобразование значительно облегчает их вычисления.

**1. Ход работы по исходным значениям вариант**

1. Определить размах варьирования вариант ( $R$ ), т.е. разницу между максимальной и минимальной вариантами:

$$R = X_{\max} - X_{\min} =$$

2. Установить число групп и размер интервала группировки:

$$i = \frac{R}{k} \text{ при } k =$$

3. Определить начало и конец каждой группы и групповые варианты:

- |    |    |
|----|----|
| 1. | 5. |
| 2. | 6. |
| 3. | 7. |
| 4. | 8. |

4. Составить рабочую таблицу 1. Разнести исходные значения вариант по группам и произвести вспомогательные вычисления.

Таблица 1 – Группировка данных и вспомогательные вычисления

Группы	Разноска дат	Частоты, f	Групповые варианты, X	Вычисление суммы квадратов		
				fX	X <sup>2</sup>	fX <sup>2</sup>
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
Сумма	-		-		-	

5. Определить статистические характеристики и доверительный интервал

$$\bar{x} = \frac{\sum fX}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum f(X - \bar{x})^2}{n - 1} =$$

Сумму квадратов отклонений находят по формуле:

$$\sum f(X - \bar{x})^2 = \sum fX^2 - (\sum fX)^2 \div n =$$

$$S = \sqrt{S^2} =$$

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 =$$

$$S\bar{x} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$S\bar{x}\% = \frac{S\bar{x}}{\bar{x}} \times 100$$

$$\bar{x} \pm t_{05} \times S\bar{x} =$$

Теоретическое значение критерия t находят по таблице (см. приложение 1) с учетом уровня значимости и числа степеней свободы (v).

Уровень значимости принимают равным 0,05. Число степеней свободы v = n - 1; где n – объем выборки.

## 2. Ход работы по преобразованным значениям вариант

1, 2 и 3 пункты выполняются аналогично первому способу.

4. Определить условную среднюю величину.

При вычислении дисперсии и стандартного отклонения по основным формулам нередко возникает технические неудобства. Средняя арифметическая обычно получается в виде числа с дробью, поэтому центральные отклонения  $(X - \bar{x})$  и особенно их квадраты  $(X - \bar{x})^2$  получаются многозначными, что затрудняет счетную работу и ведет к ошибкам. В целях облегчения расчетов для получения суммы квадратов центральных отклонений  $\sum (X - \bar{x})^2$  достаточно взять отклонения от любого произвольного числа.

Преобразование исходных значений вариант  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  производят по соотношению  $(X - A)$ , где A – **условная средняя** или **произвольное начало**.

Условную среднюю можно рассчитать по формуле:

$$A = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2},$$

или взять среднюю арифметическую выборки, если она известна. В обоих случаях условную среднюю округляют до целого числа

$$A = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} =$$

5. Составить рабочую таблицу 2, разнести значения вариант по группам и произвести вспомогательные вычисления.

Таблица 2 – Группировка данных и вспомогательные вычисления

Группы	Разноска дат	Частота, f	Групповые варианты, X	По преобразованным датам, X <sub>1</sub> = (X - A)			
				X <sub>1</sub>	fX <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	fX <sub>1</sub> <sup>2</sup>
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
Сумма	-		-			-	

6. Определить статистические характеристики и доверительный интервал

$$\bar{x} = A + \frac{\sum fX_1}{n} =$$

$$S^2 = \frac{\sum f(X - \bar{x})^2}{n - 1} =$$

Сумму квадратов отклонений находят по формуле:

$$\sum f(X - \bar{x})^2 = \sum fX_1^2 - (\sum fX_1)^2 \div n =$$

$$S = \sqrt{S^2} =$$

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 =$$

$$S\bar{x} = \frac{S}{\sqrt{n}} =$$

$$S\bar{x}\% = \frac{S\bar{x}}{\bar{x}} \times 100$$

$$\bar{x} \pm t_{05} \times S\bar{x} =$$

Теоретическое значение критерия t находят аналогично первому способу (см. выше).

### Заключение

1. Выписать значения основных статистических характеристик и дать оценку степени изменчивости:

$$\bar{x} =$$

$$V =$$

$$S =$$

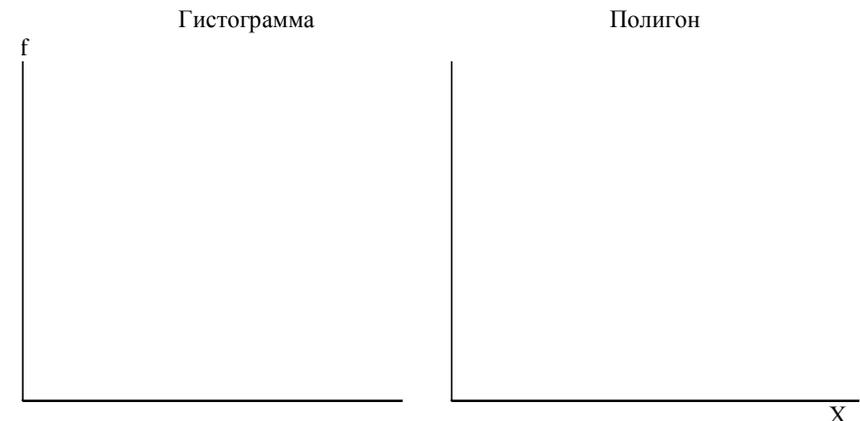
$$S\bar{x}\% =$$

$$S\bar{x} =$$

$$\bar{x} \pm t_{05} S\bar{x} =$$

Изменчивость \_\_\_\_\_ т.к. \_\_\_\_\_

2. Построить графическое изображение распределения частот в виде гистограммы и полигона



3. Установить закономерности распределения частот, при необходимости дать разъяснения.

### Контрольные вопросы к индивидуальному заданию № 1

1. В чем причины необходимости группировки опытных данных?
2. Как установить число групп при группировке совокупности?
3. Как рассчитать размах варьирования (R) и величину интервала (i).
4. Как устанавливают начало и окончание групп?
5. Как определить групповые варианты?
6. Какие методы разности вариант по группам вы знаете?
7. Что такое полигон и гистограмма?
8. Зачем используют способ расчета по преобразованным значениям вариант? В чем его сущность?
9. Что понимают под условной средней (A)? Как ее находят?
10. Какие показатели количественной изменчивости вы рассчитывали? Способы их вычисления. Свойства.
11. Как определить теоретическое значение t-критерия?
12. Какие закономерности присущи эмпирическому распределению

## ЗАНЯТИЕ 7. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗ

Вопрос о статистической проверке гипотез – один из основных при использовании математической статистики в научных исследованиях. Вообще **статистической гипотезой** называют научное предположение о тех или иных статистических законах распределения рассматриваемых случайных величин, которое может быть проверено на основе выборки. В большинстве случаев задача сводится к проверке **нулевой гипотезы** ( $H_0$ ), т.е. гипотезы об отсутствии реальных различий между фактическими и теоретически ожидаемыми наблюдениями.

Если в результате проверки различия между фактическими и теоретическими показателями близки к нулю, или находятся в области допустимых значений, то  $H_0$  не опровергается. В противном случае эмпирические данные несовместимы с  $H_0$ , а верна другая, альтернативная гипотеза.

Следует учесть, что принятие нулевой гипотезы означает, что данные наблюдений не противоречат предположению об отсутствии различий между фактическими и теоретическими распределениями, но и не доказывают отсутствие такого различия.

Оценка разности средних независимых выборок чаще всего проводится по t-критерию и НСР.

**Наименьшая существенная разность** или **НСР** – это величина, указывающая границу предельным случайным отклонениям. Ее определяют по соотношению:

$$\text{НСР} = t \times S_d,$$

где: t – критерий Стьюдента (см. занятие 3);  $S_d$  – ошибка разности или суммы.

Если фактическая разность между средними  $d > \text{НСР}$ , то  $H_0$  отвергается, а если  $d < \text{НСР}$ , то  $H_0$  принимается.

**Задание.** Оценить существенность разности средних двух независимых выборок.

**Условие** \_\_\_\_\_

**Ход работы.** Необходимо заполнить таблицу 1 и произвести вспомогательные расчеты.

Таблица 1 – Последовательность вычислений при сравнении средних несопряженных выборок

№	Вариант 1			Вариант 2		
	показатель	$X_1 = X - A$	$X_1^2$	показатель	$X_1 = X - A$	$X_1^2$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
Суммы	$\Sigma X =$	$\Sigma X_1 =$	$\Sigma X_1^2 =$	$\Sigma X =$	$\Sigma X_1 =$	$\Sigma X_1^2 =$
	$\bar{x}_1 =$	$A =$		$\bar{x}_2 =$	$A =$	

Из-за несопряженности выборок, расчеты по пунктам 1-4 для каждого варианта проводят отдельно.

1. Определить сумму квадратов отклонений

$$\Sigma(X - \bar{x})^2 = \Sigma X_1^2 - \frac{(\Sigma X_1)^2}{n}$$

$$\Sigma(X - \bar{x})_1^2 =$$

$$\Sigma(X - \bar{x})_2^2 =$$

2. Найти абсолютную ошибку средней  $S\bar{x} = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$

$$S\bar{x}_1 =$$

$$S\bar{x}_2 =$$

3. Рассчитать относительную ошибку средней  $S\bar{x}\% = \frac{S\bar{x}}{\bar{x}} \times 100$

$$S\bar{x}_1\% =$$

$$S\bar{x}_2\% =$$

4. Вычислить доверительный интервал для генеральной средней  $\bar{x} \pm t_{05} \times S\bar{x}$

$$\text{для } \mu_1 \quad \bar{x}_1 \pm t_{05} \times S\bar{x}_1 = \quad \text{при } v_1 = n_1 - 1 =$$

$$\text{для } \mu_2 \quad \bar{x}_2 \pm t_{05} \times S\bar{x}_2 = \quad \text{при } v_2 = n_2 - 1 =$$

Вывод о  $H_0$ : \_\_\_\_\_

5. Найти критерий существенности

$$t_{\text{факт}} = \frac{d}{Sd} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S\bar{x}_1^2 + S\bar{x}_2^2}} =$$

Полученный критерий сравнивают с теоретическим, который находят по таблице (прил. 1) при числе степеней свободы  $n = n_1 + n_2 - 2 =$

Вывод о  $H_0$ : \_\_\_\_\_

6. Рассчитать НСР:

$$\text{НСР}_{05} = t_{05} \times S_d =$$

Полученное значение НСР сравнивают с ошибкой разности  $d$ .

Вывод о  $H_0$ : \_\_\_\_\_

### Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под статистической гипотезой? Пример.
2. В чем необходимость статистической проверки гипотезы?
3. Что понимают под нулевой гипотезой ( $H_0$ )?
4. Как понять, что принятие нулевой гипотезы, еще не доказывает отсутствия реальных различий между средними выборок?

5. Что такое наименьшая существенная разность (НСР)?
6. Как проверить  $H_0$  по доверительным интервалам для генеральных средних?
7. Как проверить  $H_0$  по t-критерию Стьюдента?
8. Как проверить  $H_0$  по НСР?

## ЗАНЯТИЕ 8. ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О ПРИНАДЛЕЖНОСТИ «СОМНИТЕЛЬНОЙ» ВАРИАНТЫ К СОВОКУПНОСТИ

В практике исследований нередки случаи, когда выборочная совокупность содержит значения, сильно отличающиеся от основной массы наблюдений. О них трудно сказать определенно: грубо ошибочны они, или просто имеют большую, но вероятную случайную ошибку. Поэтому браковка «сомнительных» дат на глаз бывает субъективной и совершенно не допустима.

Отбрасывать даты можно только тогда, когда есть прямые доказательства того, что условия их получения противоречат сущности эксперимента, являются результатом грубой ошибки. Во всех других случаях, «подозрительная» дата может быть забракована только путем статистической проверки.

Сомнительными обычно бывают один или оба крайних члена вариационного ряда, то есть  $X_1$  и  $X_n$ . Гипотезу о принадлежности «сомнительной варианты» данной совокупности проверяют по критерию  $t$ , представляющего отношение разности между сомнительной и соседней с ней датой к размаху варьирования. Критерий  $\tau_{\text{факт}}$  вычисляют по формулам:

$$\text{для } X_1: \tau = \frac{X_2 - X_1}{X_{n-1} - X_1};$$

$$\text{для } X_n: \tau = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_2}.$$

Полученный критерий  $\tau_{\text{факт}}$  сравнивают с теоретическим значением, которое берут из таблицы приложения 3 в соответствии с принятым уровнем значимости и объемом выборки.

Если  $\tau_{\text{факт}} \geq \tau_{\text{теор}}$ , то варианта отбрасывается, если же  $\tau_{\text{факт}} < \tau_{\text{теор}}$ , то варианту оставляют и  $H_0$  о принадлежности ее к данной совокупности не отвергается.

**Задание.** Проверить принадлежность «сомнительных» вариант к совокупности.

Условие \_\_\_\_\_

1. Рассчитать  $\tau_{\text{факт}}$  для «сомнительных» дат

для  $X_1$   $\tau_{\text{факт}} =$

для  $X_n$   $\tau_{\text{факт}} =$

2. Найти  $\tau_{\text{теор}}$  при  $n =$  для 5 и 1%-ного уровня значимости:

$\tau_{05} =$   $\tau_{01} =$

Вывод: \_\_\_\_\_

### Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под «сомнительной» вариант? Причины их возникновения.
2. В каких случаях можно отбрасывать «сомнительные» варианты?
3. В чем сущность метода проверки гипотезы о принадлежности «сомнительной» варианты к совокупности?
4. Какие показатели оказывают влияние на величину теоретического критерия  $t$ ?

## ЗАНЯТИЕ 9.

### ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

Сущностью дисперсионного анализа является расчленение общей суммы квадратов отклонений и общего числа степеней свободы на компоненты, соответствующие структуре эксперимента, и оценка значимости действия и взаимодействия изучаемых факторов по F-критерию.

При наличии общих принципов возможны различные модели, конкретные схемы дисперсионного анализа. Это зависит от условий и методики проведения исследований. В частности от:

- вида опыта (вегетационный, лабораторный, полевой);
- метода закладки опыта (организованные и неорганизованные повторения, латинский квадрат и прямоугольник, метод блоков и расщепленных делянок и т.д.);
- количества изучаемых факторов (одно-, двух-, и многофакторные опыты);
- биологических особенностей изучаемых растений (одно-, двух-, и многолетние культуры).

В однофакторных полевых опытах общая изменчивость результативного признака, измеряемая общей суммой квадратов  $C_y$ , расчленяется три компонента: варьирование между вариантами  $C_v$ , между повторениями  $C_p$  и внутри выборок  $C_z$  т.е. в общей форме изменчивость признака может быть представлена выражением:

$$C_y = C_v + C_p + C_z.$$

Общее число степеней свободы  $(N-1)$  также расчленяется на части – степени свободы для вариантов  $(l-1)$  и для случайного варьирования  $(n-1)(l-1)$ :

$$(N - 1) = (l - 1) + (n - 1) + (n - 1) \times (l - 1).$$

Дисперсионный анализ дает возможность получить представление о степени, или доле влияния каждого фактора в общей дисперсии признака, которую принимают за единицу или 100%, а именно:

$$\eta_v = \frac{C_v}{C_y} - \text{влияние вариантов};$$

$\eta_p = \frac{Cp}{Cy}$  – влияние повторений;

$\eta_z = \frac{Cz}{Cy}$  – влияние случайных факторов;

$\eta_y = \eta_v + \eta_p + \eta_z = 1.0$  или 100% – влияние всех факторов.

Дисперсионный анализ имеет значительное преимущество перед методом попарных сравнений по критерию Стьюдента:

- 1) вместо индивидуальных ошибок, в дисперсионном анализе используется обобщенная ошибка средних, опирающаяся на большее число наблюдений и соответственно, являющаяся более надежной базой оценок;
- 2) методом дисперсионного анализа можно обрабатывать данные простых и сложных, однолетних и многолетних, однофакторных и многофакторных опытов;
- 3) дисперсионный анализ позволяет избежать громоздких вычислений при большом числе вариантов и позволяет компактно в виде существенных разностей представить итоги статистической обработки.

#### Вопросы для самоконтроля

1. В чем сущность дисперсионного анализа?
2. Какие факторы влияют на модель дисперсионного анализа?
3. На какие компоненты расчленяется общая сумма квадратов отклонений в однофакторных полевых опытах?
4. Как рассчитать долю влияния отдельных факторов в общей дисперсии признака?
5. В чем преимущества дисперсионного анализа перед методом попарных сравнений?

### ЗАНЯТИЕ 10-11. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ОДНОФАКТОРНОГО ПОЛЕВОГО ОПЫТА С ОДНОЛЕТНИМИ КУЛЬТУРАМИ, ПРОВЕДЕННОГО МЕТОДОМ РЕНДОМИЗИРОВАННЫХ ПОВТОРЕНИЙ (индивидуальное задание №2)

Задание \_\_\_\_\_

Таблица 1 – Вспомогательные вычисления

Варианты опыта	Повторения				Сумма по вариантам, $\Sigma V$	Среднее арифметическое, $\bar{x}$
	I	II	III	IV		
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
Сумма по повторениям, $\Sigma P$					$\Sigma X =$	$\bar{x} =$

#### Ход работы

1. Подсчитать и вписать в таблицу 1 суммы по вариантам ( $\Sigma V$ ) и повторениям ( $\Sigma P$ ), вычислить средние.
2. Проверить правильность вычислений по равенству:  
 $\Sigma P = \Sigma V = \Sigma X$ .
3. Преобразовать исходные даты (значения вариант) по соотношению  $X_1 = X - A$ , приняв за условную среднюю ( $A$ ) арифметическую по опыту ( $\bar{x}$ ), округлив ее до целого числа.  $A =$

Преобразованные даты вписать в таблицу 2.

Таблица 2 – Преобразованные даты

Варианты	$X_1 = X - A$				Суммы, V
	I	II	III	IV	
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
Суммы P					$\Sigma X_1 =$

4. Вычислить суммы по вариантам ( $\Sigma V$ ), по повторениям ( $\Sigma P$ ) и общую сумму отклонений ( $\Sigma X_1$ ).

Правильность вычислений проверить по равенству:

$$\Sigma P = \Sigma V = \Sigma X_1.$$

5. Вычислить суммы квадратов отклонений

- общее число наблюдений  $N = l \times n =$

где  $l$  число вариантов, а  $n$  – число повторений;

- корректирующий фактор  $C = (\Sigma X_1)^2 \div N =$

- суммы квадратов отклонений

$$C_y = \Sigma X_1^2 - C =$$

$$C_p = \Sigma P^2 \div l - C =$$

$$C_v = \Sigma V^2 \div n - C =$$

$$C_z = C_y - C_p - C_v$$

6. Результаты вычислений вписать в таблицу 3, определить число степеней свободы.

$$\text{Средний квадрат вариантов } Sv^2 = \frac{Cv}{l-1} =$$

$$\text{Средний квадрат ошибки } Sz^2 = \frac{Cz}{(n-1) \times (l-1)} =$$

$$\text{Критерий Фишера } F_{\text{факт}} = \frac{Sv^2}{Sz^2} =$$

Таблица 3 – Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат	$F_{\text{факт}}$	$F_{05}$
Общая $C_y$		$N-1=$	-	-	-
Повторений $C_p$		$n-1$	-	-	-
Вариантов $C_v$		$l-1$			
Остаток (ошибки) $C_z$		$(n-1) \times (l-1) =$		-	-

Теоретическое значение F находят по таблице (см. приложение 2) с учетом принятого уровня значимости (вероятности) и числа степени свободы остатка (ошибки).

При уровне значимости 0,05 (вероятность 0,95) и числа степеней свободы равному ....

$$F_{05} = \dots$$

8. Проверить нулевую гипотезу ( $H_0$ ) о существенности действия изучаемых факторов.

В случае  $F_{\text{факт}} < F_{05}$  вычисляют только ошибку средних арифметических  $S_{\bar{x}}$  и приводят итоговую таблицу 4.

В случае  $F_{\text{факт}} > F_{05}$  производят оценку частных различий между вариантами опыта и группировку вариант, для чего вычисляют ошибку опыта ( $S_{\bar{x}}$ ), ошибку разности ( $S_d$ ) и НСР в абсолютных и относительных величинах

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} =$$

$$S_d = \sqrt{\frac{2 \times S^2}{n}} =$$

$$HCP_{05} = t_{05} \times Sd =$$

$$HCP_{05} \% = \frac{t_{05} \times Sd}{\bar{x}} \times 100 =$$

Таблица 4 – Итоговая таблица результатов опыта

Варианты опыта	Урожай, ц/га	Отклонение от стандарта		Группа
		ц/га	%	
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
HCP <sub>05</sub>	-			-

Теоретические значения t-критерия находят по таблице (см. приложение 1) с учетом принятого уровня значимости (вероятности) и числа степеней свободы для остатка (ошибки).

В заключении составляют итоговую таблицу 4 и делают вывод о существенности частных различий между вариантами опыта.

При установлении номера группы действуют следующие правила:

- контрольному варианту присваивают символ St, что означает «стандарт»;

- к 1-й группе относят варианты превышающие контроль на величину большую, чем HCP;

- ко 2-й группе относят варианты, отличия которых от стандарта не превышает HCP;

- к 3-й группе относят варианты, существенно уступающие контролю.

Выводы:

1. \_\_\_\_\_

---



---

2. Для внедрения в производство

---



---



---



---

**Контрольные вопросы к индивидуальному заданию № 2**

1. Что Вы знаете о дисперсионном анализе?
2. Зачем прибегают к преобразованию исходных значений вариант?
3. Как определяют условную среднюю (A)?
4. По каким формулам находят общее число наблюдений, корректирующий фактор и суммы квадратов отклонений (общую, повторений, вариантов, ошибки)?
5. Как установить число степеней свободы для дисперсии общей, повторений, вариантов, ошибки?
6. Зачем рассчитывают средний квадрат?
7. Как определить фактическое значение F-критерия?
8. Как находят теоретическое значение F-критерия? От чего оно зависит?
9. Как проверить нулевую гипотезу?
10. Для чего рассчитывают HCP? Методы расчета.
11. Какие правила действуют при установлении номера группы? С какой целью варианты опыта делят на группы?

## ЗАНЯТИЕ 12. КОРРЕЛЯЦИЯ И РЕГРЕССИЯ

В агрономических исследованиях редко приходится иметь дело с точными и определенными **функциональными связями**, когда каждому значению одной величины соответствует строго определенное значение другой величины. Здесь чаще встречаются такие соотношения между переменными, когда каждому значению признака X соответствует не одно, а множество возможных значений признака Y. Такие связи обнаруживаются лишь при массовом изучении признаков и называются **корреляционными**.

При изучении корреляционных связей основным является установление направления, формы и тесноты (силы) связи.

По направлению корреляция бывает

- **прямой** или **положительной** – когда с увеличением аргумента X значение функции Y в среднем увеличивается;
- **обратной**, или **отрицательной** – когда с ростом X значение Y уменьшается.

По форме выделяют:

- **линейную** связь – когда при одинаковых приращениях аргумента X, функция Y имеет одинаковые изменения; она носит линейный характер и выражается уравнением прямой  $Y = a + bX$ , называемым уравнением регрессии Y на X;
- **криволинейную** – когда при одинаковых приращениях X функция Y имеет неодинаковые изменения.

Под силой понимают тесноту, степень связи между признаками. Этот показатель характеризуется **коэффициентом корреляции**, который рассчитывают по формуле:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \times \sum (Y - \bar{y})^2}},$$

или

$$r = \frac{\sum XY - (\sum X \times \sum Y) \div n}{\sqrt{(\sum X^2 - (\sum X)^2 \div n) \times (\sum Y^2 - (\sum Y)^2 \div n)}}.$$

Коэффициент корреляции (r) изменяется в пределах от -1 до +1. Связь между величинами считается:

- сильной при r более 0,7;
- средней при r от 0,3 до 0,7;
- слабой при r менее 0,3

При r = 0 линейная связь отсутствует, а при r = 1 корреляционная связь переходит в функциональную. Знак коэффициента корреляции указывает на направление связи:

- знак «+» означает прямую связь;
- знак «-» указывает на обратную связь.

Стандартную ошибку коэффициента корреляции вычисляют по формуле:

$$Sr = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}},$$

а критерий существенности по отношению:

$$tr = \frac{r}{Sr},$$

где: Sr – ошибка коэффициента корреляции; r – коэффициент корреляции; n – число пар значений в выборке;  $t_r$  – критерий существенности коэффициента корреляции.

Недостаток коэффициента корреляции состоит в том, что он не позволяет судить о количественной изменчивости результативного признака (Y) при изменениях факториального (X). Здесь необходим регрессионный анализ, основная задача которого состоит в определении формулы корреляционной зависимости, т.е. уравнения прямой линии.

Уравнение линейной регрессии Y по X имеет вид:

$$Y = \bar{y} - \epsilon_{yx} (X - \bar{x}),$$

где:  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  – средние арифметические для ряда X и Y;  $\epsilon_{yx}$  – коэффициент регрессии Y по X.

Под коэффициентом линейной регрессии понимают число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется в среднем признак Y (функция) при изменении признака X (аргумента) на единицу измерения. Коэффициент регрессии имеет знак коэффициента корреляции и находится по формуле:

$$r_{yx} = \frac{\sum (X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2}.$$

Ошибку коэффициента регрессии вычисляют по формуле:

$$S_{\text{ош}} = Sr \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{y})^2}{\sum (X - \bar{x})^2}}.$$

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие виды связи между явлениями вы знаете? Что такое корреляционная связь?
2. Что такое направление корреляции? Какие виды корреляции по направлению вы знаете?
3. Какие формы корреляционной связи вы знаете?
4. Что понимают под теснотой корреляционной связи?
5. Что такое коэффициент простой линейной корреляции? Какие значения он может принимать?
6. В чем состоит суть и основная задача регрессионного анализа?
7. Что показывает коэффициент регрессии?

## ЗАНЯТИЕ 13. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ И РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ (индивидуальное задание №3)

### Задание

---



---



---



---

Вспомогательная таблица для вычисления

№ пар	Значения признака		X <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	XY
	X	y			
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					
11.					
12.					
Сумма	ΣX=	Σy=	ΣX <sup>2</sup> =	Σy <sup>2</sup> =	ΣXY=

### Ход работы

1. Вычислить необходимые значения и заполнить вспомогательную таблицу.

2. Рассчитать вспомогательные величины

$$n =$$

$$\bar{x} = \frac{(\sum X)}{n} =$$

$$\bar{y} = \frac{(\sum Y)}{n} =$$

$$\sum (X - \bar{x})^2 = \sum X^2 - (\sum X)^2 \div n =$$

$$\sum (Y - \bar{y})^2 = \sum Y^2 - (\sum Y)^2 \div n =$$

$$\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y}) = \sum XY - (\sum X \sum Y) \div n =$$

3. Найти коэффициент корреляции, регрессии и уравнение регрессии

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \times \sum (Y - \bar{y})^2}} =$$

$$e_{yx} = \frac{\sum (X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2} =$$

$$Y = \bar{y} + e_{yx}(X - \bar{x}) =$$

4. Определить ошибки, критерий значимости и доверительные интервалы

$$Sr = \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}} =$$

$$S\sigma = Sr \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{y})^2}{\sum (X - \bar{x})^2}} =$$

$$S_{yx} = Sr \sqrt{\sum (Y - \bar{y})^2} =$$

$$tr = \frac{r}{Sr} = \quad \text{тогда } t_{05} =$$

$$\nu = n - 2 =$$

$$r \pm t_{05} \times Sr =$$

$$e_{yx} \pm t_{05} \times S\sigma =$$

5. Дать оценку существенности по t-критерию и доверительным интервалом для корреляции и регрессии.

6. По уравнению регрессии рассчитать усредненные теоретические значения Y для экстремальных величин X:

$$Y_{X_{\min}} =$$

$$Y_{X_{\max}} =$$

7. По полученным точкам строят график прямой, т.е. теоретическую линию регрессии Y по X.

На графике указывают уравнение регрессии, коэффициент регрессии и корреляции.

Вверх и вниз от теоретической линии регрессии откладывают величину  $t_{05} \times S_{yx} =$ . Найденные точки соединяют пунктирными линиями. Область между этими линиями называется **доверительной зоной регрессии**.

Название

---



---



---



## Выводы

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Контрольные вопросы к индивидуальному заданию №3

1. Какие задачи стоят перед корреляционным анализом?
2. Какое значение принимает коэффициент корреляции в вашем случае? О чем это говорит?
3. По каким критериям и как оценивается существенность корреляции и регрессии?
4. Как и с какой целью рассчитывают уравнение регрессии?
5. Каким способом строят теоретическую линию регрессии  $Y$  по  $X$ ?
6. Что вы понимаете под доверительной зоной регрессии?

## ЗАНЯТИЕ 14. ПЛАНИРОВАНИЕ ОДНОФАКТОРНОГО ПОЛЕВОГО ЭКСПЕРИМЕНТА (индивидуальное задание №4)

Планирование – это определение задач и объектов исследования, разработка схемы эксперимента, выбор земельного участка и оптимальной структуры полевого опыта. При планировании схем однофакторных опытов экспериментатор имеет дело с двумя типами опытов:

- опыты с качественными различиями между вариантами;
- опыты, когда варианты имеют количественные градации изучаемых факторов.

В опытах с качественными различиями могут изучаться: способы сева, обработки почвы, влияние предшественников, разные формы удобрений, пестицидов, сравниваться различные сорта и культуры и т.д.

Опыты с количественными градациями изучают дозы удобрений, нормы полива, глубина обработки почвы, норма посева семян и т.д.

Принципиальное различие между однофакторными опытами с качественными (дискретными) и количественными (непрерывными) факторами при планировании эксперимента таковы: в первом случае важно точно определить прибавку урожая в сравнении с контролем, т.е. эффект варианта, а для этого необходима 4–6-кратная повторность. Во втором случае важно определить форму кривой отзывчивости, для этого надо иметь достаточное число градации (доз), и следовательно выгоднее иметь больше вариантов, не повышая повторность (3-4).

### Задание

1. Разработать схему полевого опыта с 4-5 вариантами по теме.
2. Определить общую и учетную площадь делянок, ее форму, выделить защитные полосы (защитки), указать все размеры элементов делянки.
3. Избрать число повторений опыта.

Метод размещения повторений.

Метод размещения вариантов.

4. Начертить схематический план размещения повторений и вариантов с указанием всех размеров.

Тема опыта: \_\_\_\_\_

Обоснование выбора вариантов опыта \_\_\_\_\_

Схема опыта:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

**Схема деланки опыта с указанием всех размеров**

Метод размещения повторений – \_\_\_\_\_

Метод размещения вариантов в повторениях – \_\_\_\_\_

**Схематический план размещения повторений и вариантов**  
(с указанием всех размеров)

## ГЛОССАРИЙ (основной терминологический словарь)

1.  $N(n)$  – объем выборки, или число наблюдений (повторность в опыте).
2.  $\bar{x}$  – средняя выборочная: среднеарифметическая или средневзвешенная.
3.  $P(p)$  – Доля признака в выборке (совокупности).
4.  $q$  – доля объектов с отсутствием признака (альтернативная изменчивость).
5.  $R$  – размах вариации (максимальное отклонение при количественной изменчивости).
6.  $СК$  – сумма квадратов отклонений.
7.  $v$  – число степеней свободы (в общем случае  $v = n - 1$ ).
8.  $C$  – корректирующий (вычитаемый) член, или поправка.
9.  $S^2$  (или  $СК$ ) – дисперсия (средний квадрат отклонений).
10.  $S$  – среднеквадратическое или стандартное, отклонение (показатель изменчивости).
11.  $V(KB)$  – коэффициент вариации (%), или относительное стандартное отклонение  $0$  – среднее абсолютное отклонение.
12.  $S_{\bar{x}}$  – абсолютная ошибка выборки, или средней выборочной.
13.  $S_{\bar{x}}\%$  – относительная ошибка выборки (точность опыта).
14.  $H_0$  – нулевая,  $H_A$  – альтернативная гипотезы.
15.  $t_{\phi}$  – фактическое значение критерия Стьюдента.
16.  $t_{05}$  – теоретическое значение.
17.  $F(Fa)$  и  $\chi^2(\%2a)$  – расчетные (табличные) критерии существенности, соответственно: Фишера и хи-квадрат.
18.  $HSP$  – наименьшая существенная разность, критерий существенности при сравнении средних.
19.  $k$  – число классов или градаций.
20.  $i$  – индекс среднего значения признака или классовый интервал.
21.  $f$  – частота встречаемости отдельных значений.
22.  $M$  – групповая средняя.
23.  $r$  – коэффициент корреляции (ранг).

- 24. МПР – метод полной рендомизации (план эксперимента).
- 25. МОП (МБ) – метод организованных повторений (метод блоков).
- 26. МЛК (П) – метод латинского квадрата (прямоугольника).
- 27. МПД (РБ) – метод перекрестных делянок (расщепленных блоков).
- 28. ПФЭ (НПФЭ) – полнофакторный (неполнофакторный) эксперимент.

б б б

**Рекомендуемая литература**

- 1. Адиньяев, Э.Д. Учебно-методическое руководство по проведению исследований в агрономии [Текст]: учебное пособие для вузов / Э.Д. Адиньяев, А.А. Абаев, Н.Л. Адаев. - Грозный: Чеченский государственный университет, 2012. - 344 с. - ISBN 978-5-91127-040-7.
- 2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) [Текст]: учебник и учебное пособие для вузов / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- 3. Основы научных исследований в агрономии [Текст]: учебник для вузов / М.Ф. Трифонова [и др.]. - М.: Альянс, 2016. - 328 с. - ISBN 978-5-91872-123-0

Стандартные значения t (критерий Стьюдента)

Число степеней свободы, v	Уровень вероятности (значимости)		
	0,95(0,05)	0,99 (0,01)	0,999 (0,001)
1	12,7	63,7	637,0
2	4,3	9,9	31,6
3	3,2	5,8	12,9
4	2,8	4,6	8,6
5	2,6	4,0	6,9
6	2,4	3,7	6,0
7	2,4	3,5	5,3
8	2,3	3,4	5,0
9	2,3	3,3	4,8
10	2,2	3,2	4,6
11	2,2	3,1	4,4
12	2,2	3,1	4,3
13	2,2	3,0	4,1
14-15	2,1	3,0	4,1
16-17	2,1	2,9	4,0
18-20	2,1	2,9	3,9
21-24	2,1	2,8	3,8
25-28	2,1	2,8	3,7
29-30	2,0	2,8	3,7
31-34	2,0	2,7	3,7
35-42	2,0	2,7	3,6
43-62	2,0	2,7	3,5
63-175	2,0	2,6	3,4
175 и больше	2,0	2,6	3,3

## Приложение 2

Стандартные значения F-критерия для 5%-ного уровня значимости (95%-ного уровня вероятности)

Число степеней свободы $v^2$ для меньшей дисперсии	Число степеней свободы для большей дисперсии													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	24	$\infty$
1	2	3	4	5	5	7	8	8	10	11	12	13	14	14
1	164	200	216	225	230	234	237	239	241	242	245	249	254	254
2	18,5	19,2	19,2	19,3	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5
3	10,1	9,6	9,3	9,1	9,0	8,9	8,2	8,8	8,8	8,8	8,7	8,6	8,6	8,5
4	7,7	6,9	6,6	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0	6,0	6,0	5,9	5,8	5,8	5,6
5	6,6	5,8	5,4	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,8	4,7	4,7	4,5	4,5	4,4
6	6,0	5,1	4,8	4,5	4,4	4,3	4,2	4,2	4,1	4,1	4,0	3,8	3,7	3,7
7	5,6	4,7	4,4	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,7	3,6	3,6	3,4	3,2	3,2
8	5,3	4,5	4,1	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,1	2,9	2,9
9	5,1	4,3	3,9	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	2,9	2,7	2,7
10	5,0	4,1	3,7	3,5	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	2,7	2,5	2,5
11	4,8	4,0	3,6	3,4	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,6	2,4	2,4
12	4,8	3,9	3,5	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,8	2,8	2,7	2,5	2,3	2,3

## Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	5	7	8	8	10	11	12	13	14
13	4,7	3,8	3,4	3,2	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,4	2,2
14	4,6	3,7	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,3	2,1
15	4,5	3,7	3,3	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,3	2,1
16	4,5	3,6	3,2	3,0	2,9	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0
17	4,5	3,6	3,2	3,0	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	2,4	2,2	2,0
18	4,4	3,6	3,2	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,1	1,9
19	4,4	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,1	1,9
20	4,4	3,5	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8
22	4,3	3,4	3,1	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,8
24	4,3	3,4	3,0	2,8	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,0	1,7
26	4,2	3,4	3,0	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,0	1,7
28	4,2	3,3	3,0	2,7	2,6	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7
30	4,2	3,3	2,9	2,7	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	1,9	1,6
40	4,1	3,2	2,9	2,6	2,5	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	1,8	1,5

### Приложение 3

Критические значения критерия t для 5%-го  
и 1%-го уровня значимости

Объем выборки, n	Уровень значимости	
	0,01 или 1%	0,05 или 5%
4	0,991	0,955
5	0,916	0,807
6	0,805	0,689
7	0,740	0,610
8	0,683	0,554
9	0,635	0,512
10	0,597	0,477
11	0,566	0,450
12	0,541	0,428
14	0,502	0,395
16	0,472	0,369
18	0,449	0,349
20	0,430	0,334
22	0,414	0,320
24	0,400	0,309
26	0,389	0,299
28	0,378	0,291
30	0,369	0,283

Курс \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Работу сдал \_\_\_\_\_  
подпись преподавателя

### СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Занятие 1. Задачи математической статистики. Изменчивость. Совокупность и выборка (2 ч.) .....	6
Занятие 2–3. Статистические характеристики количественной изменчивости (4 ч.) .....	8
Занятие 4. Эмпирические и теоретические распределения (2 ч.)	12
Занятие 5–6. Группировка и обработка опытных данных при количественной изменчивости изучаемого признака (4 ч.) .....	16
Занятие 7. Статистические методы проверки гипотез. Проверка «нулевой» гипотезы (2 ч.) .....	23
Занятие 8. Проверка гипотезы о принадлежности «сомнительной» варианты к совокупности (2 ч.) .....	27
Занятие 9. Сущность дисперсионного анализа опытных данных (2 ч.) .....	29
Занятие 10–11. Дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта с однолетними культурами (4 ч.) .....	31
Занятие 12. Корреляция и регрессия (2 ч.) .....	36
Занятие 13. Корреляционный и регрессионный анализ опытных данных (2 ч.) .....	39
Занятие 14. Планирование однофакторного полевого эксперимента (2 ч.) .....	43
Глоссарий .....	45
Рекомендуемая литература .....	46
Приложение 1 .....	47
Приложение 2 .....	48
Приложение 3 .....	50

# МЕТОДИКА ОПЫТНОГО ДЕЛА

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ  
для лабораторных занятий  
по направлению подготовки  
35.03.04 «Агрономия»

---

Лицензия: ЛР. № 020574 от 6 мая 1998 г.

Подписано в печать 01.06.2021 г. Бумага писчая. Печать трафаретная.  
Бумага 60x84 1/16. Усл. печ. л. 3,25. Тираж 35. Заказ 63.

---

362040, Владикавказ, ул. Кирова, 37.

Типография ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет»