

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

БАЙБОЛОВА Л.К., БАЙБОЛОВ К.Б., БАТЫРБАЕВА Н.Б.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНО–
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ (5В072800) И
МАГИСТРАНТОВ (6М072800) –«ТЕХНОЛОГИЯ
ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ».**

Алматы, 2018г.

УДК 664. 6/.7 (075.8)
ББК 36.8/я73
Т38

Рецензенты:

Чоманов У.Ч.-доктор технических наук, профессор, академик НАН РК.
Заурбеков Н.С. -доктор технических наук, доцент АТУ.

Т38 Технология перерабатывающих производств. Методические указания по выполнению и оформлению научно–исследовательской работы студентов (5В072800) и магистрантов (6М072800)– /Л.К. Байболова, К.Б. Байболов, Н.Б. Батырбаева. – Алматы: АТУ, 2018. -39с., 8 табл., 5 рис., 7 источников., 9 прил.

ISBN 978-601-263-457-0

Методическое указание предназначено для оформления научно-исследовательских работ студентов и магистрантов.

УДК 664. 6/.7 (075.8)
ББК 36.8/я73

Методические указания рекомендовано к печати НМК факультета «Пищевых производств» АТУ.
Протокол №10, от « 31 » мая 2018г.

ISBN 978-601-263-457-0

**©Байболова Л.К., Байболов К.Б.,
Батырбаева Н.Б., 2018**

Содержание

	стр.
Введение	4
Порядок проведения научных исследований при выполнении дипломной работы	5
1 Стадии выполнения научно–исследовательских дипломных работ	5
2 Требования к оформлению дипломной работы	6
3 Требования к содержанию научно-исследовательской дипломной работы	8
4 Организация труда при выполнении научной дипломной работы	9
5 Подбор и обработка информации	10
6 Статистические методы анализа и обработки экспериментальных данных	10
6.1. Статистическая обработка экспериментальных данных	10
6.2. Определение грубых ошибок по критерию оптимального отклонения	13
6.3. Определение грубых ошибок по критерию Стьюдента	14
7 Представление результатов исследований	18
7.1. Графическое представление результатов экспериментов	18
7.2. Аналитическое представление результатов исследований (метод средних, м.н.к.)	20
7.3. Коэффициенты парной линейной корреляции, множественной линейной корреляции, коэффициент регрессии	24
8 Расчет ожидаемой экономической эффективности от применения научно–исследовательской дипломной работы в производстве	27
Приложения с 1 по 9	33
Литература	39

Введение

Стратегия ускорения социально–экономического развития Казахстана основывается на перестройке всей системы подготовки инженерных кадров.

Инженер–технолог сегодняшнего дня должен владеть активными методами использования электронно–вычислительной техники, быть знакомым с современными приемами научного анализа производства, иметь четкие представления об основных тенденциях развития науки и техники.

Инженер–технолог должен принимать квалифицированное участие в формировании заказов предприятий–изготовителей новых видов оборудования, новейших технологий.

Инженеры–технологи элеваторной, мукомольно–крупяной и комбикормовой промышленности должны быть готовыми к использованию новых технологии и техники, к выявлению резервов производства и его интенсификации, уметь правильно проводить научно–техническую подготовку производства, а также владеть вопросами информатики, стандартизации и патентования.

К числу вопросов, которые необходимо решить в ближайшее время в системе агропромышленного комплекса относятся вопросы сохранности и максимальной переработки зерна в муку, крупу и комбикорма, повышение их качества, совершенствование технологических операций, расширение ассортимента вырабатываемой продукции, изыскание новых видов сырьевых ресурсов и т.д.

Научно–исследовательская, дипломная работа является первой самостоятельной работой молодого специалиста, характеризующая уровень его теоретической и практической подготовки.

Общие вопросы:

Научно–исследовательская, дипломная работа студента по специальности 5В072800–«Технология перерабатывающих производств», может быть посвящена любому из нижеследующих вопросов:

1. По элеваторной промышленности: проблемы послеуборочной обработки зерна, его сушке, хранению и формированию партий зерна для переработки в муку, крупу и комбикорма;

2. По технологии производства муки: отыскание оптимальных режимов подготовки зерна к помолу различных регионов, совершенствованию режимов измельчения, а также формированию муки целевого назначения;

3. По технологии производства крупы: проблемам технологии быстро разваривающихся круп, взаимозаменяемым схемам переработки крупяных культур, вопросам экструдирования круп и получению продуктов детского и диетического питания;

4. По технологии производства комбикормов: изыскание новых видов сырья, совершенствование технологии подготовки сырья, хранение сырья и готовой продукции, анализ технологических схем, сокращение потерь при технологических операциях, совершенствование технологического контроля и другие.

Порядок проведения научных исследований при выполнении дипломной работы

1. Стадии выполнения научно–исследовательских дипломных работ

Научно–исследовательская работа выполняется поэтапно, проходя ряд стадий, тесно взаимосвязанных между собой:

1.1.Подготовительная стадия.

В процессе ее выполнения осуществляется сбор и изучение научно–технической литературы, нормативно –технической документации, эксплуатационной информации об аналогах и других материалах, относящихся к работе. При необходимости осуществить проведение патентных исследований; составление аналитического обзора; формулирование возможных направлений решения поставленных задач; выбор и обоснование принимаемого направления исследований и способов решения поставленных задач; согласование с руководителем и утверждение задания и календарного плана работ по теме кафедрой; разработка общей методики проведения исследований; составления перечня используемого в исследованиях оборудования и материалов.

1.2.Теоретическая разработка.

На этой стадии разрабатываются схемы и теоретические обоснования, составляются расчеты, проводятся изыскания новых материалов и производственных методов, разрабатываются рабочие гипотезы, осуществляется построение моделей объекта исследований, а также систематизация результатов выполненных теоретических разработок.

1.3.Проектирование и изготовление стендов, макетов и средств испытаний.

В ходе реализации этого этапа работ разрабатываются и изготавливаются макеты, стенды, установки, аппаратура и другие средства для испытания; производятся их монтаж и отладка. Производится подбор необходимых для испытаний материалов, реактивов. Разрабатывается методика экспериментальных исследований.

1.4.Экспериментальные работы и испытания.

В процессе выполнения этой стадии исследования проводятся экспериментальные исследования и лабораторные испытания. При необходимости осуществляется сбор статистических данных, снимаются параметры работы технологического оборудования. Полученные результаты обрабатываются математически, т.е. применяются статистические методы анализа, кроме того данные анализируются. Проводятся сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями. В случае необходимости дополнительно проводятся экспериментальные работы. Каждая научно–исследовательская дипломная работа имеет стадию технико–экономических исследований эффективности выполненной работы.

1.5.Обобщение и оценка результатов исследований.

По завершении исследования проводится оценка полученных результатов и увязка их с вопросами технологии хранения и обработки зерна, производства

муки, крупы, комбикормов. При необходимости проводятся дополнительные исследования, в том числе патентные. В случае возможности использования результатов научно–исследовательских работ в производстве разрабатываются краткие рекомендации. Завершающим этапом исследования является написание дипломной работы.

Полученные в процессе исследования решения, которые могут составить предмет изобретения или рационализаторского предложения, должны оформляться соответствующими заявками на любом этапе работы и направляться через НИС филиала в Государственный комитет Р.К. по делам изобретений и открытий в установленном порядке.

2. Требования к оформлению дипломной работы

Научно–исследовательская дипломная работа состоит из текстовой части, таблиц и графической части.

Рекомендуемый объем работы не более 80 страниц формата А4, включая таблицы, рисунки и графики.

Выпускная квалификационная работа подлежит публичной защите на заседании Государственной аттестационной комиссии. В процессе публичной защиты соискатель бакалаврской степени должен показать умение четко и уверенно излагать содержание выполненных исследований, аргументировано отвечать на вопросы и вести научную дискуссию.

Демонстрационный графический и табличный материал выполняется на формате А1 (594×841) и не должен превышать 10 листов.

Сокращения слов в тексте не допускается, кроме установленных ГОСТ 2.316, ГОСТ 21.1101-2013, ГОСТ 7.12. Условные буквенные и графические обозначения должны соответствовать установленным стандартам [ГОСТ 2.105]. Обозначения единиц физических величин необходимо принимать в соответствии с ГОСТ 8.417.

Пример:

а) сокращения после перечисления: т.е. (то есть), и т.д. (и так далее), и т.п. (и тому подобное), и др. (и другие) и пр. (и прочие);

б) сокращения при ссылках: см. (смотри), ср. (сравни), напр. (например);

в) сокращения при обозначении веков и годов: в. (век), вв. (века), г. (год), гг. (годы);

г) другие общепринятые сокращения: т. (том), н.ст. (новый стиль), ст. ст. (старый стиль), н.э. (нашей эры), г. (город), обл. (область), гр. (гражданин), с. (страницы при цифрах), вуз (высшее учебное заведение), акад. (академик), доц. (доцент), проф. (профессор), рис. (рисунок).

д) не допускаются сокращения слов: «и прочие» внутри предложения; «так называемый», «так как», «например», «около», «формула», «уравнение», «диаметр».

Материал следует излагать от первого лица множественного числа («выбираем», «находим»).

Рисунки, схемы выполняются с соответствием ГОСТ и ЕСКД на условные обозначения. При выполнении графического материала (демонстрационного) по элеваторам (планы этажей, разрезы) соблюдается масштаб 1:100, по мельзаводам, крупозаводам, комбикормовым предприятиям и хлебозаводом – 1:50.

Каждому вычислению должна предшествовать расчетная формула с пояснениями буквенных обозначений, формулы можно также приводить и в разделе «Методика проведения исследования». Промежуточные вычисления в тексте проводить не обязательно. При необходимости их приводят в приложении с соответствующей ссылкой по тексту.

Курсовые, дипломные, научные работы оформляются на одной стороне стандартного листа белой бумаги размером 210 x 297 мм.

На каждой странице работы строго соблюдаются поля:

- левое поле - 30 мм.
- правое поле - 10-15 мм.
- верхнее поле - 20 мм.
- нижнее поле - 20 мм.

Текст курсовых, дипломных и научных работ набирается на компьютере. Текст печатается через 1- 1,5 интервала. Размер шрифта – 14 (Times New Roman). При оформлении рукописным способом научная работа пишется только разборчивым почерком.

Абзацный отступ равняется пяти знакам или 10 мм. Заголовки работы отделяются от текста 2-3 интервалами (8-10 мм) сверху и снизу.

Таблицы и иллюстрации допускается представлять на листах формата А2.

Все страницы нумеруются по порядку от титульного листа, которая считается первой страницей, хотя цифра "1" на нем не ставится. Страницы дипломной и курсовой работы нумеруются арабскими цифрами в правом нижнем углу. В диссертации порядковый номер страницы печатается на середине нижнего поля.

Формулы в дипломной работе нумеруют арабскими цифрами. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например, (3).

Ссылки в тексте на источники информации приводят, указывая порядковый номер по списку источников, выделяя номер двумя косыми чертами.

В конце дипломной работы должен быть приведен перечень источников информации. Источники информации располагают в порядке появления ссылок в тексте работы.

Для более полного освещения темы и удобства пользования работой могут использоваться приложения, которые обычно носят вспомогательный характер. Они оформляются как приложение работы на последующих страницах и располагаются в порядке появления ссылок в тексте. Каждое приложение следует начинать с новой страницы, с указанием в правом верхнем углу слово "ПРИЛОЖЕНИЕ", написанного или напечатанного прописными

буквами. Приложение должно иметь заголовок, отражающий его содержание. Если в работе более одного приложения, то их нумеруют последовательно арабскими цифрами (без знака №), например: *ПРИЛОЖЕНИЕ 1, ПРИЛОЖЕНИЕ 2.*

При оформлении приложений отдельной частью на титульном листе под названием работы пишут или печатают прописными буквами слово "ПРИЛОЖЕНИЕ".

Содержание дипломной работы включает наименование всех разделов с указанием номеров страниц, на которых размещаются начало материала разделов. При оформлении (компоновке) дипломной работы материал располагают в следующей последовательности: титульный лист, задание на выполнение научно–исследовательской работы, аннотация, содержание, введение, основная часть (выбор направления или обзор научно–технической литературы, программа и методика исследования, база проведения исследования), теоретические и (или) экспериментальные исследования, обобщение и оценка результатов исследования, охрана труда, гражданская оборона, защита окружающей среды, экономическая часть, выводы и предложения, список использованных источников, приложение.

3. Требования к содержанию научно–исследовательской дипломной работы

3.1. Аннотация должна отражать объект исследования; цель выполненной работы; метод, использованный при проведении исследования и аппаратуру; полученные результаты и их новизну; рекомендации, где можно использовать работу; эффективность.

3.2. Введение. В введении дипломной работы должна быть дана оценка современного состояния решаемой научно–исследовательской проблемы; дано обоснование актуальности и новизны темы, показана связь поставленной задачи с увеличением и улучшением качества продукции системы хлебопродуктов. Также должна быть дана формулировка цели работы и необходимости ее проведения (до 3 стр).

3.3. Выбор направления исследования. Обзор научно–технической и патентной литературы, обоснованный выбор направления исследования, определение его основных компонентов (до 15 стр).

3.4. Программа и методика выполнения научной дипломной работы. В этом разделе приводится порядок и ход выполнения исследований, описывается объект исследования. Приводятся методы и методики проведения исследования. В случае применения общеизвестных методик дается литературная ссылка на них. При использовании новых оригинальных методов исследования дается их полное описание. Приводятся формулы математической обработки опытных данных (можно приводить по тексту изложения материала) (3–7стр).

3.5. База проведения исследований. В этом разделе дается описание технологического процесса на предприятии, где проводится исследовательская работа (для демонстрации готовится схема технологического процесса).

Приводится общая характеристика предприятия, при необходимости также и режим работы оборудования. В этом разделе необходимо также увязать задачи, поставленные при выполнении дипломной работы с работой предприятия, т.е. какое значение будет иметь ваше исследование на улучшение работы предприятия (10 стр).

3.6. Теоретические и экспериментальные исследования. В этом разделе дается описание проведенных исследований, их оценка достоверности и анализ, приводится их сравнение с аналогичными советскими и зарубежными работами. При необходимости приводится описание лабораторных или экспериментальных установок (до 40 стр).

3.7. Обобщение и оценка результатов исследования. В этом разделе раскрывается значимость проведенной работы, приводятся предложения об использовании полученных материалов в производстве и/или дается обоснование на проведение дальнейших исследований (до 7 стр).

3.8. Расчетно–графическая часть. На основе проведенных исследований необходимо произвести соответствующие расчеты технологического, транспортного или аспирационного оборудования согласно методическим указаниям по дипломному проектированию и заданию руководителя дипломной работы. Выполняется также 1–2 листа графического материала.

3.9. Охрана труда. В этом разделе необходимо указать значение охраны труда на предприятии. Мероприятия по охране труда на предприятии (до 5 стр).

3.10. Гражданская оборона. В этом разделе приводятся задачи гражданской обороны на предприятии. Мероприятия по повышению устойчивости работы предприятия в условиях стихийных бедствий, применения средств массового поражения (до 5 стр).

3.11. Защита окружающей среды. В этом разделе приводятся данные о работе предприятия по снижению выбросов пыли в атмосферу, шума, вибрации и т.д. (до 5 стр).

3.12. Экономическая часть. В этом разделе приводится расчет экономической эффективности от применения результатов дипломной работы, в производстве (до 10 стр).

3.13. Выводы и предложения (заключение)– содержит краткие выводы по результатам выполненной дипломной работы, предложения по ее использованию, оценку технико–экономической эффективности внедрения (до 3 стр).

4. Организация труда при выполнении дипломной работы

Большое значение при выполнении работы имеет научная организация труда. Одна из её форм – планирование. В его основе лежит графическое изображение плана, имеющего название сетевого графика. На основании сетевого графика на весь период работы составляют календарный план и согласовывают его с руководителем.

5. Подбор и обработка информации.

Прежде всего, необходимо ознакомиться в общих чертах с сущностью предполагаемой работы. Полезно прочесть очерки в энциклопедии, словаре или справочнике, а также соответствующую учебную и специальную литературу, журнальные статьи. Это позволит накопить определенные сведения и получить ряд ссылок на другие работы. Если среди них есть ссылка на какой-то литературный обзор или монографию, то следует начинать именно с этих литературных источников.

После предварительного ознакомления с темой разработать план работы. При этом выделить определенные подтемы и направления разработок, по которым необходимо начинать подбор литературы.

Источниками информации служат учебники, учебные пособия, монографии, периодические издания (например, журналы: «Пищевая технология и сервис», «Хлебопродукты», «Комбикормовая промышленность»), нормативные документы, стандарты, каталоги, патентную документацию, отчеты о НИР (научно-исследовательская работа) и ОКР (опытно-конструкторская работа), переводы и подлинники зарубежной научно-технической информации, диссертации, авторефераты.

Неотъемлемое требование проработки научно-технической литературы – запись прочитанного. Применяют следующие формы записи: план, тезиси, аннотацию, конспект.

По результатам анализа информации делают выводы об актуальности и новизне темы, о последних достижениях в области теоретических и экспериментальных исследований по теме, о целесообразности и экономической эффективности разработки.

На основе этих выводов формулируют цель и конкретные задачи работы.

6. Статистические методы анализа и обработки экспериментальных данных

6.1. Статистическая обработка экспериментальных данных

Для обработки результатов наблюдений можно рекомендовать следующую поэтапную схему:

1. Определение среднего значения полученных результатов, т.е. вычисление средней арифметической $\bar{y}$ (математическое ожидание):

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_k \quad (1)$$

где: n – число опытов;

y_k – значение исследуемой величины в каждом опыте.

2. Определение отклонения от среднего значения для каждого результата по формуле:

$$\Delta y_k = y_k - \bar{y} \quad (2)$$

Эти отклонения характеризуют абсолютную ошибку определения. Ошибки имеют разные знаки. Когда значение результата опыта превышает среднее значение, ошибка опыта считается положительной. Когда же значение результата опыта меньше среднего значения, ошибка считается отрицательной. Чем точнее проведены измерения, тем ближе значения отдельных результатов к среднему значению.

3. Вычисление дисперсии $S^2(y_k)$ по формуле:

$$S^2_{(y_k)} = \frac{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2}{n-1} \quad (3)$$

4. Вычисление среднеквадратичного отклонения отдельного определения:

$$S_{y_k} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Вычисление среднеквадратичного отклонения среднего результата:

$$S_{(\bar{y})} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2}{n(n-1)}} \quad (5)$$

5. Проверка надежности полученных результатов по критерию Стьюдента t_α для проведенного числа опытов и при избранной доверительной надежности (вероятности) α . В большинстве случаев при химико-технологических исследованиях принимают $\alpha=0,05$ или $\alpha=0,01$. Это значит, что 0,5% или 99% абсолютных отклонений результатов лежат в указанных пределах.

Критерий t_α Стьюдента с доверительной вероятностью α показывает, во сколько раз модуль разности между истинным значением определяемой величины y и средним значением $\bar{y}$ больше стандартного отклонения среднего результата:

$$t_\alpha = \frac{(y - \bar{y})}{S_{(\bar{y})}} \quad (6)$$

Значения критерия Стьюдента t_α протабулированы в зависимости от следующих величин:

а) f – число степеней свободы

$$f = n - 1 \quad (7)$$

где: n – число независимых результатов эксперимента.

б) α – уровень значимости (доверительная вероятность).

При $\alpha = 0,05$ исследование выполнено на уровне значимости, который определяет, что полученные в эксперименте значения изучаемой величины будут охватывать весь возможный диапазон ее варьирования на 95%.

Результаты эксперимента, полученные при $\alpha=0,05$ считаются статистически достоверными, при $\alpha=0,01$ – высоко достоверными, при $\alpha=0,001$ – очень высоко достоверными.

Найдя по таблице (приложение 1) значение t_α и используя ранее найденное значение $S_{(\bar{y})}$, рассчитываем ошибку полученного среднего результата (его правильность или степень адекватности):

$$\varepsilon_\alpha = t_\alpha \cdot S_{(\bar{y})} \quad (8)$$

6. Установление интервала, в котором с доверительной вероятностью α будет находиться средний результат:

$$\bar{y} \pm \varepsilon_\alpha \quad (9)$$

7. Определение относительной ошибки:

$$\Delta y = \frac{\varepsilon_\alpha \cdot 100}{\bar{y}}; \% \quad (10)$$

8. Если значение ε_α относительно значения $\bar{y}$ велико, то обрабатываемые результаты проверяют на наличие грубых ошибок.

9. Исключение грубой ошибки. Существует несколько методов определения грубой ошибки. Метод, основанный на оценке максимальных различий полученных результатов.

Результаты опыта располагают в упорядоченный ряд по возрастающей величине и наименьшему результату присваивается номер первый (y_1), а максимальному значению – наибольший номер (y_n). Затем, в зависимости от того, какой результат оказывается «сомнительным», поступают следующим образом.

Если «сомнительный» результат будет наибольший y_n , то рассчитывают отношение:

$$\alpha = \frac{y_n - y_{(n-1)}}{y_n - y_1} \quad (11)$$

а если «сомнительный» результат будет y_1 , то отношение:

$$\alpha = \frac{y_2 - y_1}{y_n - y_1} \quad (12)$$

Полученное значение α сравнивают с табличными критериями для определения грубых ошибок α_T (1), значения которого протабулированы в зависимости от конкретных значений α – уровня значимости и n – числа повторностей (приложение 2).

Если $\alpha = \alpha_T$ (1), то «сомнительный» результат является грубой ошибкой и должен быть исключен из числа экспериментальных данных.

Бывают случаи, когда есть основание предполагать, что два наибольших (или наименьших) результата являются грубыми ошибками. В этом случае α рассчитывается по следующим формулам:

$$\alpha = \frac{y_n - y_{(n-2)}}{y_n - y_1} \quad (13)$$

и

$$\alpha = \frac{y_3 - y_1}{y_n - y_1} \quad (14)$$

Полученные α сравниваются с $\alpha_T(2)$ (приложение 2).

Если $\alpha = \alpha_T$, то нет оснований для исключения «сомнительного» результата. Можно лишь отметить, что велика вероятность грубой ошибки при получении этого результата.

6.2. Определение грубых ошибок по критерию оптимального отклонения

Допустим, что в результате опыта получено n повторных наблюдений $y_1, y_2, \dots, y_n$ и возникает подозрение, что какое-то y_k наблюдение является грубой ошибкой. Для проверки такого предположения нужно рассчитать:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{k=1}^n y_k}{n} \quad \text{и} \quad S_{(y_k)} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (15)$$

и по ним определить относительное отклонение для λ -го определения:

$$r_\rho = \frac{y_k - \bar{y}}{S_{(y_k)} \sqrt{\frac{n-1}{n}}} \quad (16)$$

Полученное значение оптимального отклонения r_ρ сравнивают с табличным критерием для определения грубых ошибок $r_{\text{табл.}}$ (приложение 3).

$r_{\text{табл.}}$ зависит от: α -уровня значимости, и f -числа степеней свободы:

$$f = n - 2 \quad (17)$$

где: n —число независимых результатов эксперимента.

Если $r_\rho > r_{\text{табл.}}$, то «сомнительный» результат является грубой ошибкой и исключается из выборки.

Для оценки «сомнительных» $\max$ или $\min$ результатов критерий r_ρ определяется по следующим формулам:

$$r_p \max = \frac{y_{\max} - \bar{y}}{S(\bar{y}) \sqrt{\frac{n-1}{n}}} \quad (18)$$

$$r_p \min = \frac{\bar{y} - y_{\min}}{S(\bar{y}) \sqrt{\frac{n-1}{n}}} \quad (19)$$

Полученные значения $r_p \max$ и $r_p \min$ сравниваются с $r_{\text{табл.}}$ (приложение 3).

6.3. Определение грубых ошибок по критерию Стьюдента.

Значение критерия Стьюдента t_α для «сомнительного» результата y_k рассчитывают по формуле:

$$t_{\alpha \text{ расч}} = \frac{y_k - \bar{y}}{S(y_k)} \quad (20)$$

Определяют t_{α_T} табличное из приложения 1.

Сравниваются полученные значения: если $t_{\alpha \text{ расч.}} > t_{\alpha \text{ табл.}}$, то «сомнительный» результат является грубой ошибкой и подлежит исключению из выборки экспериментальных данных.

10. Определение необходимого числа измерений. Если известна величина среднеквадратичного отклонения, то минимальное необходимое количество измерений находят по формуле:

$$n_{\min} = \left(\frac{U_p}{\alpha} \cdot V \right)^2 \quad (21)$$

где: U_p – величина, определяемая доверительной вероятностью.

При $P = 0,95$, что соответствует уровню значимости $\alpha = 0,005$, $U_p = 1,96$;

При $P = 0,99$, что соответствует $\alpha = 0,01$, $U_p = 2,58$;

V – коэффициент вариации.

Коэффициент вариации рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{S(y_k)}{\bar{y}} \quad (22)$$

α – уровень значимости ($\alpha = 0,05$ или $\alpha = 0,01$)

Следует иметь в виду, что повышение точности измерения в каждом отдельном опыте дает больший эффект, чем увеличение их числа.

11. Проверка однородности дисперсий. Часто приходится сопоставлять данные, полученные в разных сериях опытов с различной дисперсией и оценивать можно ли их отнести к одной совокупности, считая расхождения между ними случайными.

Если число повторностей в сериях опытов одинаково ($n_1 = n_2$), то однородность оценок дисперсий можно проанализировать при помощи

критерия Кохрена G , который определяют как отношение максимальной дисперсии ($S_{(yk)}^2 \max$) к сумме всех дисперсий:

$$G_p = \frac{S_{(yk)}^2 \max}{S_{(yk)1}^2 + S_{(yk)2}^2} \quad (23)$$

Расчетное значение G_p сравнивают с табличным G_T , значения которых зависят от числа сравниваемых дисперсий, принятого уровня значимости $\alpha=0,05$ и числа степеней свободы максимальной дисперсии ($f=n-1$) (приложение 4).

Если $G_p < G_T$, то дисперсии однородны и данные всех серий опытов можно считать одной совокупностью.

Если число повторностей в сериях не одинаково ($n_1 \neq n_2$), то однородность дисперсий можно проанализировать с помощью критерия Фишера F . $F_{\text{расч.}}$ определяется как отношение максимальной дисперсии к минимальной: ($F > 1$).

$$F_{\text{расч.}} = \frac{S_{(yk)}^2 \max}{S_{(yk)}^2 \min} \quad (24)$$

$F_{\text{расч.}}$ сравнивают с $F_{\text{табл.}}$ (приложение 5). Если $F_{\text{расч.}} < F_{\text{табл.}}$, то дисперсии однородны.

Пример:

Обогащение промежуточных продуктов помола осуществляется на двух ситовеечных машинах. Необходимо сравнить их работу. Проанализируем выравненность одной из фракций получаемых продуктов. На первой и второй ситовейках получены следующие данные о размерах частиц крупной крупки (в мкм):

Ситовейка № 1	Ситовейка № 2
1– 610	1–620
2–620	2 –600
3–560	3 –670
4–620	4 –600
5–500	5 –600
6–510	6 –600
7–550	7 –700
8–500	8 –670
9–600	9– 670
10–620	10 –750

Проведем анализ полученных данных по предложенной схеме:

1. $\bar{y}_1 = 569$ мкм; $\bar{y}_2 = 648$ мкм.

$$2. \sum_{k=1}^n (\Delta y_{k_1}) = (610 - 569)^2 + (620 - 569)^2 + \dots + (620 - 569)^2 = 23890 \text{ мкм.}$$

$$\sum_{k=1}^n (\Delta y_{k_2}) = (620 - 648)^2 + (600 - 648)^2 + \dots + (750 - 648)^2 = 24560 \text{ мкм.}$$

3. Расчет дипрессии:

$$S^2(\Delta y_{k_1}) = \frac{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2}{n - 1} = -\frac{23890}{10 - 1} = 2654,4 \text{ мкм}$$

$$S^2(\Delta y_{k_2}) = \frac{\sum_{k=1}^n (y_k - \bar{y})^2}{n - 1} = -\frac{24560}{10 - 1} = 2728,9 \text{ мкм}$$

4. Расчет среднеквадратичного отклонения среднего результата:

$$S(\bar{y}_1) = \frac{S(y_{k_1})}{10} = \frac{51,5}{3,16} = 16,3 \text{ мкм.}$$

$$S(\bar{y}_2) = \frac{S(y_{k_2})}{10} = \frac{52,2}{3,16} = 16,5 \text{ мкм.}$$

5. Расчет ошибки среднего результата:

$$t_\alpha = 2,26 \text{ (из приложения 1 для } \alpha = 0,05 \text{ и } f = n - 1 = 10 - 1 = 9)$$

$$\varepsilon_{\alpha_1} = t_\alpha \cdot S(\bar{y}_1) = 2,26 \cdot 16,3 = 36,8 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{\alpha_2} = t_\alpha \cdot S(\bar{y}_2) = 2,26 \cdot 16,5 = 37,3 \text{ мкм.}$$

6. Интервал, в котором находится средний результат:

Для ситовойки № 1: $569 \pm 36,8 \text{ мкм.}$

Для ситовойки № 2: $648 \pm 37,3 \text{ мкм.}$

7. Расчет относительной ошибки:

$$\Delta y_1 = \frac{36,8 \cdot 100}{569} = 6,5\%,$$

$$\Delta y_2 = \frac{37,3 \cdot 100}{648} = 5,8\%.$$

8. Относительная ошибка велика, следовательно проводим расчет на наличие грубой ошибки.

9. Расчет грубой ошибки по критерию Стьюдента :

$$t_{\alpha \text{ расч } 1} = \frac{620 - 569}{51,5} = 0,99$$

$$t_{\alpha \text{ расч } 2} = \frac{750 - 648}{52,2} = 1,95$$

$$t_{\alpha \text{ табл.}} = t(0,05; 9) = 2,26$$

$t_{\alpha \text{ расч } 1} < t_{\text{табл.}}$ следовательно в 1 выборке нет грубых ошибок

$t_{\alpha \text{ расч } 2} < t_{\text{табл.}}$ следовательно во второй выборке нет грубых ошибок.

10. Определим, достаточное ли число повторностей провели при оценке работы ситовеек:

$$n_{\min_1} = \left(\frac{U_p}{\alpha} \cdot V \right); V = \frac{S(y_{k_1})}{y_1} = \frac{51,5}{569} = 0,09$$

$$n_{\min_1} = \left(\frac{1,96}{0,05} \cdot 0,09 \right)^2 = 12$$

$$n_{\min_2} = \left(\frac{U_p}{\alpha} \cdot V \right); V = \frac{S(y_{k_2})}{y_2} = \frac{52,2}{648} = 0,08$$

$$n_{\min_2} = \left(\frac{1,96}{0,05} \cdot 0,08 \right)^2 = 9,7$$

Следовательно, для получения заданного доверительного интервала необходимо было провести для 1 ситовейки –12 экспериментов, для второй –10.

Проверка однородности дисперсий: т.к. $n_1 = n_2$ то оценку проводим при помощи критерия Кохрена:

$$G_p = \frac{S^2(y_k)_{\max}}{S^2(y_k)_1 + S^2(y_k)_2} = \frac{2728,9}{2654,4 + 2728,9} = 0,5069$$

$$G_{\text{табл.}} = 0,8010$$

где $G_p < G_{\text{табл.}}$ следовательно дисперсии однородны, т.е. ситовеечные машины получают одинаковые сравнимые результаты по крупности промежуточных продуктов помола.

Данную задачу и подобные ей можно решить с помощью мини – ЭВМ. Программа «Статическая обработка экспериментальных данных» позволяет провести расчеты на АЦПУ и вывести на экране дисплея. Количество вводимых данных может составлять до 250 чисел.

7. Представление результатов исследований

Полученные в эксперименте данные принято оформлять в виде таблиц, графиков, диаграмм, уравнений.

7.1. Графическое представление результатов экспериментов

График и уравнение могут быть использованы только для непрерывных величин, т.е. для таких, которые в данном диапазоне изменения способны принимать любые значения. Зависимость же дискретной величины от непрерывной может быть выражена только в виде диаграммы. В качестве такого примера можно привести верное «а» и неверное «В» изображение зависимости выхода муки по системам драного процесса (рис.1.).

Построение графика в данном случае невозможно, т.к. отрезки его, лежащие между точками, соответствующими 1, 2 и другим драным системам, не содержат физического смысла.

Достоинством диаграмм и графиков является их наглядность.

Построение графика начинается с выбора масштаба осей прямоугольной системы координат, при этом не всегда есть необходимость начинать соответствующую ось координатной системы с нулевой отметки.

Шкала масштабов координатных осей может быть равномерной, т.е. на всей протяженности расстояния между двумя отметками равны и соответствуют изменению переменной на одну и ту же величину.

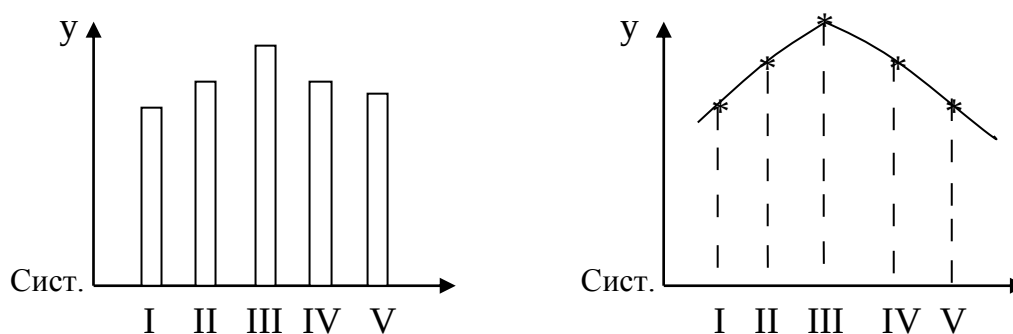


Рис.1 Изображение изменения выхода муки по системам драного процесса

Но также применима и неравномерная шкала, у которой расстояния между отметками изменяются в соответствии с избранным математическим законом. На выполнение экстремальных зон графиков существенное влияние может оказать равенство или, напротив, неравенство масштабов осей.

При исследовании свойств зерна и продуктов его переработки часто получают достаточно большие объемы данных, в которых меняется какой-либо признак. Удобно анализировать распределение этого признака в виде вариационных кривых. Вариационные кривые графически чаще изображаются в виде гистограмм (а) или полигонов (в) (рис.2).

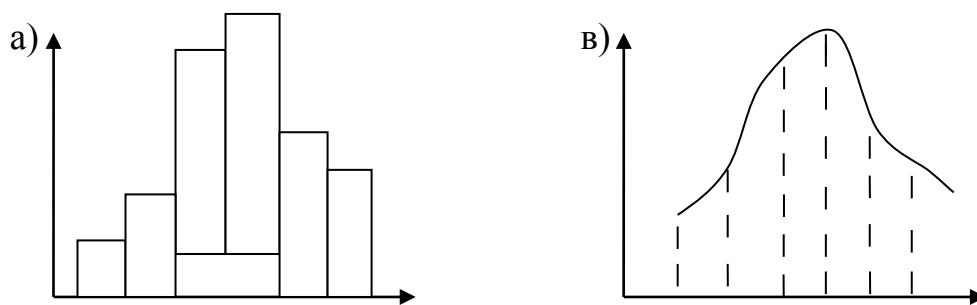


Рис.2. Вариационные ряды в виде гистограмм (а) и полигонов (в)

Вариационные кривые характеризуются рядом показателей: медиана, мода, средняя арифметическая, дисперсия, среднеквадратическое отклонение. Вариационные кривые удобны для сравнительной оценки различных выборок данных.

Все графики, отражающие зависимость между различными параметрами условно можно разделить на 5 групп, каждой из которых можно дать определенную смысловую характеристику (рис.3).

- 1 – линейная зависимость, с изменением X постоянно и количественно одинаково изменяется Y ;
- 2 – ростом фактора X происходит стабилизация Y , на графике видно устойчивое «плато», т.е. с какого-то значения X , Y – независимы от X ;
- 3 – явно выражена зона оптимума (точка $Y_{\max}$);
- 4 – зависимость, не линейная, без плато, равномерная;
- 5 – обратная зависимость, уже небольшое увеличение X приводит к интенсивному и постоянному снижению Y .

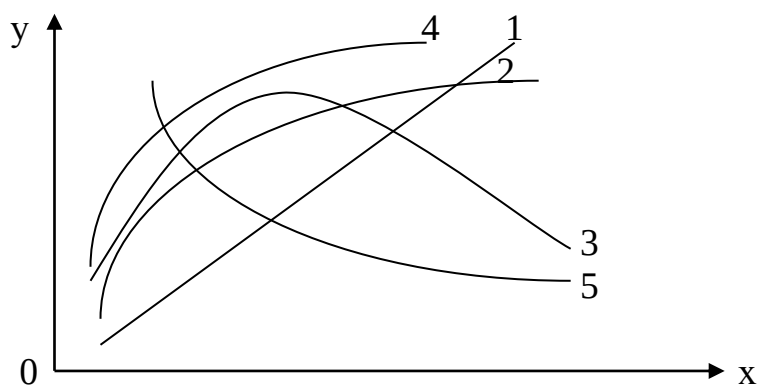


Рис.3. Наиболее характерные графики зависимостей и взаимодействий величин.

При анализе экспериментальных кривых важно из характера их развития выявить физический смысл происходящих явлений, взаимодействий X и Y .

Часто экспериментальные значения нанесены на координатное поле. Система точек в координатных осях называется корреляционным полем (рис.4.).

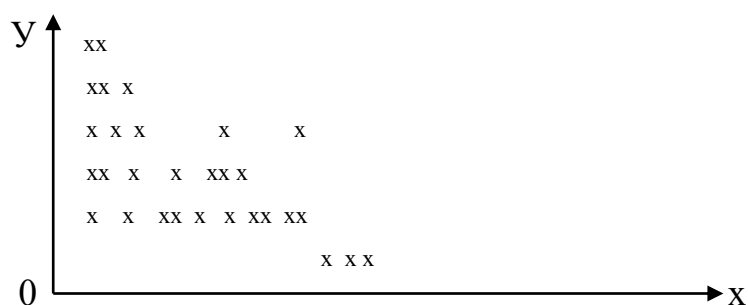


Рис.4. Корреляционное поле экспериментальных точек, отражающих взаимосвязь длины зерновки пшеницы и ее ширины

Для проведения графика и нахождения вида функции, описывающей выявленную зависимость существуют специальные приемы аппроксимации экспериментальных данных.

7.2. Аналитическое представление результатов исследований (метод средних, м.н.к.)

В результате определения зависимости зольности муки y_i от исходной влажности зерна x_i , поступающего в переработку, получены данные:

$x_i, \%$	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0
$y_i, \%$	0,60	0,57	0,52	0,51	0,45

Требуется найти функциональную зависимость, связывающую эти точки, при этом значения, вычисленные по формуле, должны мало отличаться от экспериментальных данных.

В общем виде эмпирическая формула будет иметь вид:

$$\bar{y} = f(x) \quad (25)$$

Изобразим точки на графике:

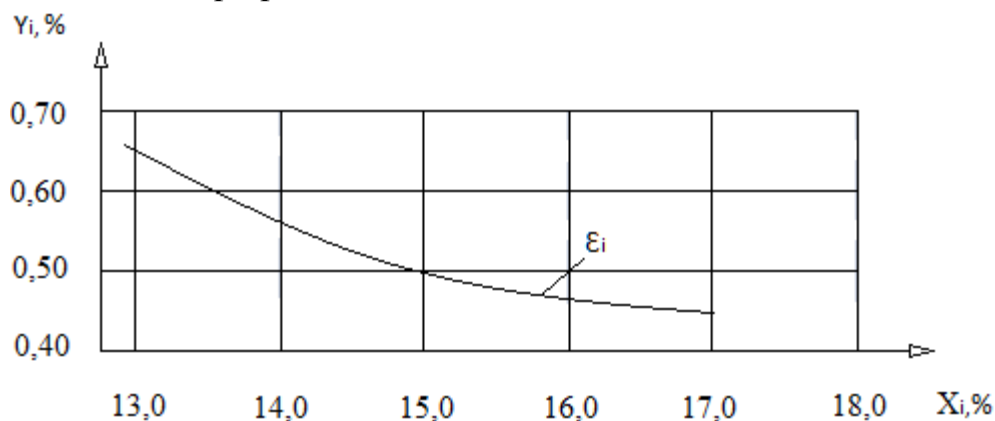


Рис.5. График зависимости зольности муки от влажности зерна.

Проведем кривую, возможно ближе совпадающую с экспериментальными точками. Вид кривой—парабола. Отклонение по вертикали точек $M_i(X_i, Y_i)$ от

кривой $Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x^2$ взятое со знаком "+" или "-" называется невязками ε_i .

Согласно методу средних – за наилучшее положение эмпирической кривой принимается то, при котором алгебраическая сумма всех невязок будет равна 0:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0 \quad (26)$$

Выписываем невязки:

$$\begin{aligned} \varepsilon_i &= \bar{y} - y_1 \\ \begin{cases} \varepsilon_1 = \alpha_0 + \alpha_1(13.0) + \alpha_2(13.0)^2 - 0,60 \\ \varepsilon_2 = \alpha_0 + \alpha_1(14.0) + \alpha_2(14.0)^2 - 0,57 \\ \varepsilon_3 = \alpha_0 + \alpha_1(15.0) + \alpha_2(15.0)^2 - 0,52 \\ \varepsilon_4 = \alpha_0 + \alpha_1(16.0) + \alpha_2(16.0)^2 - 0,51 \\ \varepsilon_5 = \alpha_0 + \alpha_1(17.0) + \alpha_2(17.0)^2 - 0,45 \end{cases} \end{aligned} \quad (27)$$

Группируем невязки в 3 группы, т.к. неизвестных 3. Решаем систему уравнений с 3 неизвестными:

$$\begin{cases} \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 0 \\ \varepsilon_3 + \varepsilon_4 = 0 \\ \varepsilon_5 = 0 \end{cases}$$

В результате получаем:

$$\bar{y} = 2,31 - 3,16x + 4,13x^2$$

Проверка: по таблице и графически.

Метод наименьших квадратов – наилучшими параметрами считаются те, для которых сумма квадратов невязок будет минимальна:

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \rightarrow \min \quad (28)$$

Для линейной зависимости:

$$\alpha_0 \cdot n + \alpha_1 \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \quad (29)$$

$$\alpha_0 \cdot \sum_{i=1}^n x_i + \alpha_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i$$

где: n – число экспериментов.

Из данной системы можно определить значение коэффициентов в эмпирической кривой, описываемой функцией линейной зависимости. Но вид кривых, отражающих экспериментальные точки, чаще всего отличается от прямой. Следовательно, есть необходимость предварительно определить вид функции, используя линейную интерполяцию.

Наиболее часто встречаются зависимости:

$$\begin{array}{ll} \text{I } y = \alpha x + b; & \text{V } y = \frac{1}{\alpha x + b} \\ \text{II } y = \alpha \cdot x^b; & \text{VI } y = \frac{x}{\alpha x + b} \\ \text{III } y = \alpha \cdot b^x; & \text{VII } y = \alpha \cdot \ln x + b \\ \text{IV } y = \alpha + \frac{b}{x} \end{array}$$

Порядок расчета ясен из таблицы 1.

Пример:

Изучая влияние длительности отволаживания зерна (X_i) на зольность муки (Y_i) получены следующие точки эксперимента:

X	1	2	4	8	10	12
Y	0,60	0,45	0,38	0,34	0,33	0,32

Найти эмпирическую формулу, описывающую данные точки.

1. Определим вид эмпирической формулы.

Порядок расчета ясен из таблицы 1.

$\bar{X}_s, \bar{Y}_s$ – промежуточные точки, рассчитываются по формуле из таблицы 1.

X_1, Y_1 – начальные точки экспериментального ряда;

X_n, Y_n – конечные точки экспериментального ряда;

$\hat{y}_s$ – среднее геометрическое значение Y_1 и Y_n .

Определение $\hat{y}_s$: Из таблицы (1) определили, что $\bar{X}_s = 6.5$ (1 строка); в таблице экспериментальных точек такого значения X_i нет, следовательно необходимо найти значение $\hat{y}_s$ методом интерполирования, при этом выбираются два значения X_i в интервале между которыми располагается $\bar{X}_s$.

В нашем случае это $X_3 = 4$ и $X_4 = 8$.

Соответствующие им значения $Y_3 = 0,38$ и $Y_4 = 0,34$.

$$\hat{y}_s = y_i + \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \cdot (\bar{X}_s - x_i) \quad (30)$$

В нашем случае:

$$\hat{y}_s = 0,38 + \frac{0,34 - 0,38}{8 - 4} \cdot (6,5 - 4) = 0,355$$

Затем определяем:

$$|\hat{y}_s - \bar{y}_s| = 0,105$$

и т.д. по всем строкам.

Тот вид функции, в которой $|\hat{y}_s - \bar{y}_s|$ окажется минимальной, то это функция лучше остальных описывает экспериментальные точки. В нашем случае это функция вида:

$$y = a + \frac{b}{x}$$

В линеаризованном виде: $y = ax + b$, следовательно мы можем определить коэффициенты в этом уравнении, решив систему уравнений (29):

Таблица 1.

№	$\bar{X}_s$	$\bar{Y}_s$	$\hat{Y}_s$	$\hat{Y}_s - \bar{Y}_s$	Вид формулы	Способ линеаризации (выравнивания)
1	$\frac{X_1+X_n}{2} = \frac{1+12}{2} = 6,5$ среднее арифметическое	$\frac{y_1+y_n}{2} = \frac{0,60+0,32}{2} = 0,46$ среднее арифметическое	0,355	0,105	$y = ax + b$	
2	$\sqrt{X_1 \cdot X_n} = \sqrt{1 \cdot 12} = 3,4$ среднее геометрическое	$\sqrt{y_1 \cdot y_n} = \sqrt{0,6 \cdot 0,32} = 0,44$ среднее геометрическое	0,401	0,039	$y = a \cdot x^b$	$y = a + b \cdot x$ где: $X = \lg x$; $Y = \lg y$; $a = \lg a$
3	$\frac{X_1+X_n}{2} = \frac{1+12}{2} = 6,5$ среднее арифметическое	$\sqrt{y_1 \cdot y_n} = \sqrt{0,6 \cdot 0,32} = 0,44$ среднее геометрическое	0,355	0,085	$y = a \cdot v^x$ или $y = a \cdot e^{\beta \cdot x}$ где: $\beta = \ln v$	$y = a + \beta \cdot x$ где: $Y = \lg y$; $a = \lg a$; $\beta = \lg v$
4	$\frac{2X_1 \cdot X_n}{X_1+X_n} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 12}{1+12} = 1,85$ среднее гармоническое	$\frac{y_1+y_n}{2} = 0,46$ среднее арифметическое	0,473	0,012	$y = a + \frac{b}{x}$	$y = a \cdot x + b$ где: $y = x \cdot y$
5	$\frac{X_1+X_n}{2} = \frac{1+12}{2} = 6,5$ среднее арифметическое	$\frac{2y_1 \cdot y_n}{y_1+y_n} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 0,32}{0,6+0,32} = 0,42$ среднее гармоническое	0,355	0,065	$y = \frac{1}{ax + b}$	$y = ax + b$ где: $y = \frac{1}{y}$
6	$\frac{2X_1 \cdot X_n}{X_1+X_n} = 1,85$ среднее гармоническое	$\frac{2y_1 \cdot y_n}{y_1+y_n} = 0,42$ среднее гармоническое	0,473	0,053	$y = \frac{x}{ax + b}$	$y = ax + b$ где: $y = \frac{x}{y}$
7	$\sqrt{X_1 \cdot X_n} = \sqrt{1 \cdot 12} = 3,4$ среднее геометрическое	$\frac{y_1+y_n}{2} = 0,46$ среднее арифметическое	0,401	0,059	$y = a \lg x + b$	$y = ax + b$; $X = \lg x$

$$\alpha \cdot 6 + \beta \cdot 37 = 2.42.$$

$$\alpha \cdot 37 + \beta \cdot 329 = 12.88$$

Решив систему получаем:

$$\alpha=0,53$$

$$\beta=-0,02$$

$$\gamma=0,53x- 0,02$$

Возвращаясь к исходному выражению функции получаем:

$$\gamma = 0,53 - \frac{0,02}{x}$$

Уточняем проверку полученного уравнения.

Расчет коэффициентов в выбранной функции осуществляем на ЭВМ «Искра» – 1256. Программа рассчитана на то, что студентом уже определен вид функции, наиболее оптимально описывающий его экспериментальные данные. На дисплее высвечиваются функции, наиболее часто используемые в практике аппроксимации. Выбрав одну из них, он должен ввести значения данных X_i и Y_i .

В результате расчета на АЦПУ ЭВМ «Искра»–1256 выводится следующая информация:

- вид уравнения с численными значениями коэффициентов;
- данные эксперимента (могут быть использованы для построения графиков);
- абсолютная среднеквадратическая погрешность (в единицах измерения и в %).

Студенту предлагается осуществить расчет, используя другой вид функции. Результаты 3–4 расчетов студентом сравниваются, анализируются (по величинам погрешности и графически) и делается вывод об оптимальном уравнении, описывающем экспериментальные точки.

7.3 Коэффициенты парной линейной корреляции, множественной линейной корреляции, коэффициент регрессии

Для количественного выражения достоверности взаимосвязи между двумя определяемыми признаками вычисляется *коэффициент линейной парной корреляции*. Коэффициент парной корреляции оценивает прочность (силу) взаимосвязи между переменными. X и Y может принимать любые значения в пределах от -1 до $+1$, в этом случае можно говорить о наличии функциональной зависимости X и Y . Знак указывает на характер взаимосвязи изучаемых величин: прямая линейная зависимость, когда с возрастанием значения X увеличивается значение y ($r \rightarrow +1$), обратная линейная зависимость, когда с уменьшением значения X увеличивается значение y ($r \rightarrow -1$). При $r=0$ линейная связь между X и Y отсутствует, но может существовать нелинейная корреляционная зависимость.

Корреляция между двумя признаками определяется по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (31)$$

где: X_i, Y_i – единичные значения изучаемых величин X и Y ;

n – число единичных значений X и Y ;

$\bar{X}_i, \bar{Y}_i$ – средние арифметические значения X и Y .

Пример: Требуется рассчитать коэффициент парной линейной корреляции для оценки взаимосвязи размеров зерновки пшеницы: X – длина зерновки, Y – ширина ее. Есть данные 12-ти замеров этих величин.

Последовательность операций ясна из таблицы 2.

Средние арифметические значения:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{52,0}{9} = 5,78$$

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} = \frac{29,3}{9} = 3,25$$

Используя данные последних трех столбцов табл. 2 получаем:

$$r = \frac{0,661}{\sqrt{1,112 \cdot 0,538}} = \frac{0,661}{0,773} = 0,855$$

Положительное значение полученного коэффициента означает, что при увеличении длины зерновки происходит возрастание ее ширины, высокая величина его указывает на хорошо выраженную, в корреляционном смысле, взаимосвязь этих двух линейных размеров зерновки пшеницы.

Считается, что коэффициент корреляции достоверно отличен от нуля, т.е. взаимосвязь между двумя анализируемыми признаками существует достоверно, если он по абсолютной величине превышает свою утроенную ошибку (S_r):

$$|r| = 3S_r \quad (32)$$

где:

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

Вспомогательная таблица для расчета r между X –длиной зерновки и Y – шириной зерновки пшеницы.

Таблица 2.

п	X_i	Y_i	$(X_i - \bar{X})$	$(Y_i - \bar{Y})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	$(X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})$
1.	5,80	3,10	0,02	-0,15	0,000	0,022	-0,003
2.	5,10	2,80	-0,68	-0,45	0,462	0,202	0,306
3.	6,30	3,60	0,52	0,35	0,270	0,122	0,182
4.	5,60	3,30	-0,18	0,05	0,032	0,022	-0,009
5.	5,90	3,60	0,12	0,35	0,014	0,122	0,042
6.	5,60	3,10	-0,18	-0,15	0,032	0,022	0,027
7.	5,50	3,10	-0,28	-0,15	0,078	0,022	0,042
8.	6,20	3,40	0,42	0,15	0,176	0,022	0,063
9.	6,00	3,30	0,22	0,05	0,048	0,002	0,011
	$\sum_{i=1}^n X_i$ = 52,0	$\sum_{i=1}^n Y_i$ = 29,3			$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ = 1,112	$\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$ = 0,538	$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})$ = 0,661

$$S_r = \sqrt{\frac{1-0,855^2}{9-2}} = \sqrt{\frac{0,269}{7}} = 0,196$$

Далее $0,196 \cdot 3 = 0,588$

$0,855 > 0,588$

Следовательно корреляционная зависимость между длиной и шириной зерновки действительно существует.

Достоверное существование коэффициента корреляции r связано с уровнем значимости α и числом степеней свободы испытания. В приложении 6 приведены абсолютные значения минимальных величин коэффициентов корреляции r_{min} при $f = n - 2$ (где: n число испытаний). Если полученное значение r равно или больше табличного r_{min} , то имеются все основания считать, что взаимосвязь между двумя варьирующими признаками достоверна.

Для рассмотренного примера: $f = 9 - 2 = 7$ для $\alpha=0,05$;
 $r_{min}=0,67; r=0,855$.

$r > r_{min}$, следовательно, взаимосвязь между длиной и шириной зерновки достоверно существует для уровня значимости $\alpha=0,05$.

В некоторых случаях приходится рассматривать статистические связи между несколькими величинами одновременно. Для этого определяют *множественный линейный коэффициент корреляции* по следующей формуле:

для случая изучения трех величин X , Y , и Z :

$$R_{x,y,z} = \sqrt{\frac{r_{yx}^2 + r_{yz}^2 - 2r_{yz} \cdot r_{xz}}{1 - r_{xz}^2}} \quad (33)$$

где: r_{yx} – коэффициент парной линейной корреляции между величинами X и Y ;

r_{yz} – коэффициент парной линейной корреляции между величинами Y и Z ;

r_{xz} – коэффициент парной линейной корреляции между величинами X и Z .

Каждый из r_{yx} ; r_{yz} ; r_{xz} определяется по приведенной выше формуле 31.

Коэффициент регрессии $B_{y/x}$ показывает, насколько в среднем изменяется независимая переменная Y при условии, что переменная X изменяется на единицу (регрессия признака Y по признаку X).

Коэффициент регрессии определяется по следующим соотношениям:

Для случая регрессии Y по X :

$$B_{y/x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}} \quad (34)$$

Для случая регрессии X по Y :

$$B_{x/y} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n}}{\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n}} \quad (35)$$

Для рассмотренного выше примера (табл. 2):

$$B_{y/x} = \frac{169,95 - \frac{52,0 \cdot 29,3}{9}}{301,56 - \frac{(52,0)^2}{9}} = \frac{0,67}{1,12} = 0,598$$

$$B_{x/y} = \frac{169,95 - \frac{52,0 \cdot 29,3}{9}}{95,95 - \frac{(29,3)^2}{9}} = \frac{0,67}{0,57} = 1,175$$

Значит, при изменении величины X (длины зерновки) на единицу (на 1 мм), величина Y (ширина зерновки) изменяется на 0,598 единиц (мм), в другом случае: изменение ширины зерновки на единицу (мм) вызывает изменение длины зерновки на 1,175 единиц (мм).

Ошибки для коэффициентов регрессии могут быть вычислены по формулам:

$$S_{B_{y/x}} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-2}} \quad (36)$$

$$S_{B_{x/y}} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-2}} \quad (37)$$

Для приведенного примера:

$$S_{B_{y/x}} = \sqrt{\frac{1}{1,112} \cdot \frac{0,538}{9-2}} = \sqrt{0,069} = 0,262$$

$$S_{B_{x/y}} = \sqrt{\frac{1}{0,538} \cdot \frac{1,112}{9-2}} = \sqrt{0,295} = 0,543$$

8. Расчет ожидаемой экономической эффективности от применения научно–исследовательской дипломной работы в производстве

В целях правильного подхода к расчету ожидаемой экономической эффективности предлагается использовать соответствующие ГОСТы.

Для наглядности расчета ожидаемой экономической эффективности приведены примеры:

Пример 1.

Внедрение усовершенствованного метода определения содержания металломагнитной примеси даст возможность получить экономический эффект по сравнению с методом, описанным в ГОСТ 13496.9–73 за счет улучшения условий выполнения анализов, надежности и объективности результатов измерений.

Расчет экономической эффективности от применения экрана из немагнитного материала произведен согласно «Методическим указаниям по определению экономической эффективности использования новой техники, изобретений и рационализаторских предложений» по формуле:

$$\mathcal{E} = (3_1 - 3_2) \cdot A,$$

где: Э—экономическая эффективность, (тенге.);

Z_1 —приведенные затраты на выполнение одного анализа по определению м/м примеси;

Z_2 —приведенные затраты на выполнение одного анализа по определению м/м примеси усовершенствованным методом;

T_1 —затраты времени на проведение одного анализа;

T_2 —затраты времени на проведение одного анализа усовершенствованным способом;

0,126—стоимость одной минуты работы лаборанта (тенге).

$$Z_1 = T_1 \cdot 0,126$$

$$Z_2 = T_2 \cdot 0,126$$

A_1 — количество выполняемых анализов

$$Z_1 = 30 \cdot 0,126 = 3,8 \text{ тенге}$$

$$Z_2 = 16 \cdot 0,126 = 2 \text{ тенге}$$

$$\text{Э} = (3,8 - 2) \cdot 3404,5 = 6130 \text{ тенге}$$

Затраты на проведение одного анализа складываются из стоимости часовой ставки лаборанта, равной 7,6 тенге.

В стоимость анализа по усовершенствованному методу дополнительно входит стоимость экрана, которая составляет 22 тенге и на один анализ 0,02 тенге.

Экономический эффект при анализе крупы и муки усовершенствованным методом в год одного предприятия составит 6130 тенге.

Затраты времени на проведение анализа

Таблица 3.

Виды операций	ГОСТ 13496.9–96	Новый метод
Взятие навески	3 мин.	3 мин.
Извлечение м/м примеси	15 мин.	1 мин.
Определение максимального размера частиц	6 мин.	6 мин.
Записи и посчет результатов	3 мин.	3 мин.
Всего затрачено времени	30 мин.	6 мин.
Количество анализируемых проб в смену	14,6 раз	14,6 раз
Количество анализируемых проб в месяц	309,5 раз	309,5 раз

Пример 2.

Важнейшей задачей современного этапа развития экономики является усиление интенсификации общественного производства и повышение уровня народного хозяйства.

Главная задача состоит в повышении темпов и эффективности развития экономики на базе ускорения научно–технического прогресса и реконструкции предприятий, интенсивное использование созданного производственного потенциала, совершенствование системы управления, хозяйственного механизма и достижения на этой основе дальнейшего подъема благосостояния нашего народа .

При экструзионной обработке обычно для измельчения экструдированного продукта применяют дробилки ДДМ, ДМ, ДДР и другие. На этих дробилках затраты электроэнергии высокие, что увеличивает себестоимость одной тонны получаемого экструдата.

Одним из видов измельчающего оборудования является энтолейторы РЗ–БЭР, БЗ–БЭЗ, РЗ–БЭМ, которые предназначены для дополнительного измельчения крупок и дунстов после вальцевых станков с широковатыми вальцами 1...3–ий размольной системы, а также для стерилизации.

В связи с тем, что полученный не измельченный экструдат имеет хрупкое вспученное строение, мы считаем возможным использовать энтолейтор, так как стоимость дробилки 14400 тенге, а стоимость энтолейтора 7900 тенге, затраты электроэнергии на дробилке 35 кВт, на энтолейторе 2,5 кВт, дробилка больше по габариту, чем энтолейтор, при этом качество продукта получаем одинаковое.

В предлагаемой технологической схеме заменяем нории грузоподъемностью 2 т/час пневмотранспортом, так как пневмотранспортный продукт транспортируется быстрее, экономичнее, выгоднее.

Данные для расчета экономической эффективности использования энтолейтора РЗ–БЭР вместо дробилки ДДМ

Таблица 4.

Показатели	обознач.	един. измер.	базовая техника	новая техника
Количество оборудования	А	шт.	1	1
Цена единицы оборудования	Ц	Тенге	14400	7900
Производительность	П	т/ч	5	2,3
Установленная мощность электродвигателя	М _{эл}	кВт	55	4
Затраты электроэнергии на измельчение	З _{эл}	кВт	35	2,5
Стоимость 1 кВт · ч	С _{эл}	тенге	2	2
Экономия при выработке 14400 т экструдата		тенге	-	936000

$K_1 = K_2$ —капитальные вложения по базовой и новой технике.

Годовой экономический эффект определяем по формуле:

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2) \cdot A_r,$$

где: Z_1 и Z_2 —затраты электроэнергии на одну тонну продукции с помощью базовой и новой техники, кВт.

A_r — годовой объем производства продукции в натуральных единицах.

$$\mathcal{E} = (35 \cdot 2 - 2,5 \cdot 2) \cdot 14400 = 936000 \text{ тенге}$$

Пример 3.

Чемолганский комбикормовый завод в 2009 г. выработал 139859 т. готовой продукции (комбикорма и БВД) из них для птиц выработано 66044т.

При этом в ЦПС для производства этого количества комбикорма выработано 15791 т. предсмесей. При этом затраты на одну тонну составили 10,4 тенге, основная зарплата составила 10,4 тенге, цеховые расходы –19,7 тенге. Для выработки 15791 т. предсмесей потребовалось 93 суток, при работе ЦПС в течении 24 часов.

В тоже время при использовании разработанных циклограмм ЦПС можно перевести на 2–х сменную работу (общая продолжительность работы цеха в сутки 16 часов). При общей продолжительности работы ЦПС 16 часов цех может выработать вместо 75,5 т., при базовом варианте – 113,5т. при использовании разработанных циклограмм. Т.е на выработку одной тонны комбикорма будет затрачиваться топлива и электроэнергии–6,9 тенге.

Основная зарплата составит 6,9 тенге .

Цеховые расходы составят 17,4 тенге, т.е. экономия на одну тонну составит 9,3 тенге или при производстве 15791т. экономический эффект составит 146855 тенге в год, а производительность труда возрастет на 50%.

Для расчета ожидаемой экономической эффективности использованы данные, приведенные в таблицах 5, 6.

Затраты на производство одной тонны продукции

Таблица 5.

Показатели	по плану	по отчету
1. Сырье и материалы	1575	1589
2.Топливо и э/энергия на технические цели	8,7	10,4
3.Основная з/плата производственных рабочих	10,0	10,4
4.Дополнительная з/плата	0,3	0,4
5.Отчисления на социальное страхование	0,4	0,5
6. Цеховые расходы	19,5	19,7
7.Общезаводские расходы	40,6	40,5
8. Себестоимость		

Экономические показатели Чемолганского комбикормового завода за 2009г.

Таблица 6.

Показатели	плановая	фактическая	±
1.Товарная продукция	170270 т.т.	176550	103,7
2.Объем реализуемой продукции	220440 т.т.	239760	108,8
3.НЧП(нормативно–чистая продукция)	16700 т.т.	17200	103,0
4. Выработка к/к	128700 т.	130886	101,7
5. Выработка БВД	5000 т.	8973	179,5
6. Выработка на 1–го ППП	851350 тенге	882750	103,7
7.Темы роста средней з/платы на 1–го ППП к факту 1993г.	90,7%	105,6	
8. Средняя з/плата на 1–го ППП	1600 тенге	2096 тенге	116,4
9. Средняя з/плата на 1–го ХПП	1800 тенге	1850 тенге	115,6
10. Затраты на 1 тенге Т.П.	9,8 тенге	9,83	
11. Грузооборот	190 т.т.	221	116,3
12. Выработка на 1–го ХПП	1520 т.	1768	116,3
13. Издержки обращения	5550 т. тенге	5830	105,1
14.Темпы роста производительности труда на 1–го ХПП к плану	107,4%	124,2	
15. Себестоимость продукции	234870 т.тенге	235770	+90 удорожание себестоимости

Виды и количество вырабатываемой продукции

Таблица 7.

Виды продукции	Ед. изм.	Фактически произведено		Стоимость фактически выпущенной продукции за отчетный год в оптовых ценах предприятия, т.тенге
		за отчетный год	за предыдущий год	
Комбикорма – всего	тн.	130885	138001	175550
Из госресурсов	тн.	130885	138001	
Привлеченного сырья	тн.			
птиц - всего	тн.	66044	70971	96890
для молодняка	тн.	41917		
свиней	тн.	46893	62395	50260
КРС	тн.	10257	1308	12730
овец	тн.	1732	205	1210
рыб	тн.	4428	101	3720
БВД	тн.	8978	8039	7360
гранулированного комбикорма	тн.	19839	19519	890
Кап. ремонт				1000
Всего:				176550

Показатели	Ед. изм.	Базов.	Расчетная
1. Средняя выработка предсмесей за сутки	т/сут	75,7	113,5
2. Продолжительность работы оборудования в сутки	час	16	16
3. Основная з/плата на 1тн продукции	тенге	10,4	6,9
4. Топливо и электроэнергия на технические цели	тенге	10,4	6,9
5. Производительность труда	%	100	150
6. Общая стоимость экономического эффекта при производстве 15791тн предсмесей	тенге	-	146855

Приложение 1

Значение критерия Стьюдента $t(\alpha; f)$ при различных уровнях значимости.

Числостепеней f свободы	Уровень значимости		Числостепеней f свободы	Уровень значимости	
	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$		$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$
1	12,71	63,66	10	2,23	3,17
2	4,30	9,93	11	2,20	3,11
3	3,18	5,84	12	2,18	3,06
4	2,78	4,60	13	2,16	3,01
5	2,57	4,03	14	2,15	2,98
6	2,45	3,71	30	2,04	2,75
7	2,37	3,50	60	2,02	2,70
8	2,31	3,36	120	1,98	2,66
9	2,26	3,25		1,96	2,58

Приложение 2

Значение критерия α_T для определения грубых ошибок

Число повторностей n	$\alpha=0,05$		$\alpha=0,01$	
	$\alpha_T (1)$	$\alpha_T (2)$	$\alpha_T (1)$	$\alpha_T (2)$
3	0,941	1,000	0,988	1,000
4	0,765	0,967	0,889	0,992
5	0,642	0,845	0,780	0,929
6	0,560	0,736	0,697	0,836
7	0,570	0,661	0,637	0,778
8	0,468	0,607	0,590	0,710
9	0,437	0,565	0,555	0,667
10	0,412	0,531	0,527	0,632
11	0,392	0,504	0,502	0,603
12	0,376	0,408	0,482	0,579
15	0,338	0,430	0,438	0,522
20	0,300	0,372	0,391	0,464
24	0,281	0,347	0,367	0,434
30	0,260	0,322	0,341	0,402

где: $\alpha_T (1)$ —табличное значение критерия для определения грубых ошибок в случае исключения одного «сомнительного» результата.

$\alpha_T (2)$ —табличное значение критерия для определения грубых ошибок в случае исключения сразу двух «сомнительных» результатов.

Приложение 3

Значение критерия $\gamma_{\text{табл.}}$ для определения грубых ошибок

Число степеней f свободы	α		Число степеней f свободы	α	
	0,01	0,05		0,01	0,05
1	1,414	1,412	14	2,837	2,523
2	1,723	1,689	15	2,871	2,551
3	1,955	1,809	16	2,903	2,557
4	2,130	1,996	17	2,932	2,600
5	2,565	2,093	18	2,959	2,623
6	2,374	2,172	19	2,984	2,644
7	2,464	2,237	20	3,008	2,644
8	2,540	2,294	21	3,030	2,683
9	2,606	2,343	22	3,051	2,701
10	2,663	2,387	23	3,071	2,717
11	2,414	2,426			
12	2,759	2,461			
13	2,800	2,493			

где: f—число степеней свободы, определяют по формуле: $f=n-2$
n—число экспериментальных данных.

Приложение 4

Значение критерия Кохрена G для уровня значимости $\alpha=0,05$

Число дисперсий N	Число степеней свободы f максимальной дисперсии $S^2(\text{ук})_{\text{max}}$									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0,9985	0,9750	0,9392	0,9257	0,8584	0,8534	0,8332	0,8159	0,8010	0,7341
3	0,9669	0,8709	0,7977	0,7457	0,7071	0,6771	0,6530	0,6333	0,6167	0,5466
4	0,9065	0,7679	0,6841	0,6287	0,5895	0,5598	0,5563	0,5175	0,5017	0,4366
5	0,8412	0,6838	0,5981	0,5440	0,5063	0,4783	0,4564	0,4387	0,4241	0,3645
6	0,7808	0,6161	0,5321	0,4803	0,4447	0,4184	0,3980	0,3817	0,3682	0,3125
10	0,6020	0,4450	0,3733	0,3311	0,3029	0,2823	0,2666	0,2541	0,2439	0,2032
20	0,3894	0,2705	0,2205	0,1921	0,1735	0,1602	0,1501	0,1422	0,1357	0,1108

Приложение 5

Значение критерия Фишера F_T для уровня значимости $\alpha = 0,05$

Число степеней свободы знаменателя f_2	Число степеней свободы числителя f_1								
	1	2	3	4	5	6	12	24	
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	243,9	249,0	254,3
2	18,5	19,0	19,2	19,3	19,3	19,3	19,4	19,5	19,5
3	10,1	9,6	9,3	9,1	9,0	8,9	8,7	8,6	8,5
4	7,7	6,9	6,6	6,4	6,3	6,2	5,9	5,8	5,6
5	6,6	5,8	5,4	5,2	5,1	5,0	4,7	4,5	4,4
6	6,0	5,1	4,8	4,5	4,4	4,3	4,0	3,8	3,7
7	5,6	4,7	4,4	4,1	4,0	3,9	3,6	3,4	3,2
8	5,3	4,5	4,1	3,8	3,7	3,6	3,3	3,1	2,9
9	5,1	4,3	3,9	3,6	3,5	3,4	3,1	2,9	2,7
10	5,0	4,1	3,7	3,5	3,3	3,2	2,9	2,7	2,5
11	4,8	4,0	3,6	3,4	3,2	3,1	2,8	2,6	2,4
12	4,8	3,9	3,5	3,3	3,1	3,0	2,7	2,5	2,3
30	4,2	3,8	2,9	2,7	2,5	2,4	2,1	1,9	1,6
60	4,0	3,2	2,8	2,5	2,4	2,3	1,9	1,7	1,4

Приложение 6

Абсолютное значение минимальных величин коэффициентов корреляции при $f = n-2$

Число степеней f свободы	Уровень значимости		Число степеней f свободы	Уровень значимости	
	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$		$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$
1	0,95	0,99	24	0,39	0,50
2	0,88	0,96	26	0,37	0,48
3	0,81	0,92	28	0,36	0,46
4	0,75	0,87	30	0,35	0,45
5	0,71	0,83	35	0,33	0,42
6	0,67	0,80	40	0,30	0,39
7	0,63	0,76	45	0,29	0,37
8	0,60	0,74	50	0,27	0,35
9	0,58	0,71	60	0,25	0,33
10	0,55	0,68	70	0,23	0,30
11	0,53	0,66	80	0,22	0,28
12	0,51	0,64	90	0,21	0,27
13	0,50	0,62	100	0,20	0,25
14	0,48	0,61	125	0,17	0,23
15	0,47	0,59	150	0,16	0,21
16	0,46	0,58	200	0,14	0,18
17	0,44	0,56	300	0,11	0,15
18	0,43	0,55	400	0,10	0,13
19	0,42	0,54	500	0,09	0,12
20	0,40	0,52	1000	0,06	0,08

*ФОРМАТ А1-594*841 мм*

*Угловой штамп для чертежей и
технологических схем,
общий размер 185*55 мм*

					ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)			
Изм	Лист	Ф. И. О	Подпис	Дата	НАЗВАНИЕ	Лист	Масса	Масштаб
Диплом								
Руковод								
Кон.						Лист	Листов	
Кон.								
Кон.				Тема дипломного проекта (работы)				
Зав.								

Форма листа изложена

(требование ЕСКД)

Общий размер листа 297*210 мм,

Общий размер очерченной рамки 257*175 мм.

17	23	15	10	100	10
Диплом				Название раздела и подраздела дипломного проекта (работы)	лист
Консульт.					
Руковод.					

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Рсчет и подбор технологического оборудования

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1 Технико-экономическое обоснование

5.2 Технико-экономические показатели

Форма листа изложения главы (раздела)

(требование ЕСКД)

Общий размер листа 297*210 мм,

Общий размер очерченной рамки 257*175 мм.

5

17	23	15	10	70	15	17	18
----	----	----	----	----	----	----	----

				НАЗВАНИЕ ГЛАВЫ	Лист	Масса	Масштаб
	Ф. И. О	Подпис	Дата				
Дипломн.				Тема дипломного (курсового) проекта (работы)	Лист	Листов	
Руковод.							
Консульт							
Зав. каф.							

Литература

1. ОСТ 95 18-2001 Порядок проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Основные положения
2. Курочкин А.А. Дипломное проектирование по механизации переработки сельскохозяйственной продукции. Гриф Министерства сельского хозяйства. -М.:КолосС, 2006
3. Грачев Ю.П., Плаксин Ю.М. Математические методы планирования экспериментов. Математические методы планирования эксперимента. - М.: ДеЛи. принт, 2005. -296 с.
4. Л.И. Горчакова, М.В. Лопатин. Экономические расчеты в дипломных проектах по техническим специальностям: Метод, указания для студентов ФТК / СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. 28с.
5. М.Б. Быкова, Ж.А. Гореева, Н.С. Козлова, Д.А. Подгорный. Выполнение и оформление выпускных квалификационных работ, научно-исследовательских работ, курсовых работ магистров и отчетов по практикам. Москва: МИСИС, 2017. — 76 с.
6. Васильева, Т.В. Введение в магистерскую программу: учебное пособие / Томск: ТПУ, 2017. — 91 с.
7. Дорофеев, А.А. Учебная литература по инженерным дисциплинам: системная дидактика, методика и практика проектирования: монография / Москва: 2012. — 398 с.