**Методические указания к выполнению контрольной работы**

Каждый студент заочной формы обучения выполняет вариант задания, соответствующий двум последним цифрам его индивидуального шифра. Контрольная работа оформляется в виде записки объёмом 8 – 20 листов формата А4. Записка печатается на принтере на одной стороне листа, другая сторона остаётся свободной для замечаний руководителя, внесения исправлений и дополнений. Поля: верхнее – 25, нижнее – 25, левое – 30, правое – 15 мм. Тип шрифта «TimesNewRoman Cyr». Размер шрифта 14. Межстрочный интервал «Одинарный». Выравнивание по ширине. Размер отступа в первой строке абзаца должен быть одинаковым по всему тексту – 1,27.

Заголовки и подзаголовки отделяют от основного текста сверху и снизу двумя интервалами. Заголовки набираются прописными, а подзаголовки строчными буквами. Точка в конце заголовка и подзаголовка не ставится, и они не подчёркиваются. Выравнивание по центру.

Первая страница записки – титульный лист, вторая – содержание. Далее следуют ответ на теоретический вопрос, условие и решение задачи. В конце работы приводится список использованной литературы, ставятся дата выполнения работы и подпись. Все рисунки в задаче должны быть выполнены при помощи MS Excel.

**Задание 1. Технические требования и методы контроля качества нефти и нефтепродуктов (реферат)**

Цель задания – самостоятельное углубленное изучение ТНПА по техническим требованиям и методам контроля качества нефтепродуктов, приобретение навыков работы с каталогами и электронными базами данных, анализ технических и организационных факторов, оказывающих влияние на качество нефтепродукта.

Отчёт по данному заданию должен включать в себя следующие разделы:

* 1. Краткое определение и область применения нефтепродукта.
  2. Технические требования к качеству нефтепродукта.
  3. Методы контроля качества нефтепродукта.
  4. Технические и организационные факторы, влияющие на качество нефтепродукта.
     1. Правила приемки, транспортирования и хранения.
     2. Причины, приводящие к изменению качества нефтепродукта.
     3. Способы восстановления качества нефтепродукта.
     4. Причинно-следственная диаграмма, влияния различных факторов на качество нефтепродукта.

Причинно-следственная диаграмма (Диаграмма Исикавы) представляет собой схему, показывающую отношения между показателем качества и воздействующими на него факторами. В качестве главных факторов, оказывающих влияние на нефтепродукт, следует проанализировать такие факторы, как: **человек или человеческий фактор, оборудование, материалы, методы (технологии), измерения, среда.** Укажите вторичные причины, воздействующие на главные факторы, оказывающие положительное и отрицательное влияние на качество нефтепродукта.

Методика построения и пример диаграммы Исикавы приведены в [практическом занятии №2 «Статистические методы управления качеством. Семь простых методов»](#Исикава), и на сайте «[Инструменты качества](http://www.tools-quality.ru/index.php/q7/isikava)».

**Варианты заданий 01 – 25 (26 – 50)**

1. (26) Технические требования и методы контроля качества нефти.
2. (27) Технические требования и методы контроля качества сжиженных газов.
3. (28) Технические требования и методы контроля качества автомобильных бензинов.
4. (29) Технические требования и методы контроля качества реактивного топлива.
5. (30) Технические требования и методы контроля качества дизельного топлива.
6. (31) Технические требования и методы контроля качества печного топлива.
7. (32) Технические требования и методы контроля качества котельного топлива.
8. (33) Технические требования и методы контроля качества парафинов и церезинов.
9. (34) Технические требования и методы контроля качества ароматических углеводородов.
10. (35) Технические требования и методы контроля качества бензинов-растворителей.
11. (36) Технические требования и методы контроля качества нефтяных кислот.
12. (37) Технические требования и методы контроля качества отработанных нефтепродуктов.
13. (38) Технические требования и методы контроля качества нефтяных дорожных битумов.
14. (39) Технические требования и методы контроля качества битумных эмульсий.
15. (40) Технические требования и методы контроля качества строительных и кровельных битумов.
16. (41) Технические требования и методы контроля качества битумных мастик.
17. (42) Технические требования и методы контроля качества моторных масел для карбюраторных двигателей.
18. (43) Технические требования и методы контроля качества моторных масел для дизельных двигателей.
19. (44) Технические требования и методы контроля качества трансмиссионных масел.
20. (45) Технические требования и методы контроля качества турбинных масел.
21. (46) Технические требования и методы контроля качества компрессорных масел.
22. (47) Технические требования и методы контроля качества электроизоляционных масел.
23. (48) Технические требования и методы контроля качества индустриальных масел общего назначения.
24. (49) Технические требования и методы контроля качества приборных масел.
25. (50) Технические требования и методы контроля качества технологических и белых масел.

**Рекомендуемая литература к составлению реферата**

1. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник/ Под ред. В.М. Школьникова. Изд. 2-е. – М.: Изд. центр «Техинформ», 1999. – 596 с.
2. Ю.В. Поконова. Нефть и нефтепродукты. – С.Пб.: АНО НПО «Мир и семья», 2003. – 904 с.
3. Справочник нефтепереработчика: Справочник. /Под ред. Г.А. Ластовкина, Е.Д. Радченко и М.Г. Рудина. – Л.: Химия, 1986. – 648с.
4. Мановян А.К. Технология переработки природных энергоносителей.– М.: Химия, КолосС, 2004. –456 с.
5. Химия нефти. Руководство к лабораторным занятиям: Учеб. Пособие для вузов/ И.Н. Дияров, И.Ю. Батуева, А.Н. Садыков, Н.Л. Солодова. – Л.: Химия, 1990. – 240с.
6. Соколов В.З., Харлампович Г.Д. Производство и использование ароматических углеводородов. – М.: Химия, 1980. – 336с.
7. Государственные стандарты. Нефтепродукты, смазки, присадки. – М.: Изд-во.стандартов, 1977. – 304 с.
8. Государственные стандарты. Нефтепродукты. Общие методы испытаний. – М.: Изд-во. стандартов, 1977. – 379 с.
9. Национальный фонд технических нормативных правовых актов Республики Беларусь [www.tnpa.by](http://www.tnpa.by), cм. [Приложение Е. ТНПА. Нефть и нефтепродукты.](#ПЕ)

**Задание 2. Обработка экспериментальных данных определения свойств нефти и нефтепродуктов**

Цель задания – провести обработку результатов определения свойств нефти и нефтепродуктов. Оценить сходимость и воспроизводимость результатов, полученных в двух лабораториях. Варианты заданий и методики их решения приведены ниже.

**Варианты 01 – 09 (26 – 34)**

**Задача.** Провести обработку результатов определения содержания механических примесей в нефти и нефтепродуктах. Оценить сходимость и воспроизводимость результатов, полученных в двух лабораториях. Варианты заданий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Варианты заданий

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Содержание механических примесей, % | | | |
| Лаборатория 1 | | Лаборатория 2 | |
|  |  |  |  |
| 01 (26) | 0,1164 | 0,1217 | 0,1073 | 0,1009 |
| 02 (27) | 0,0045 | 0,0012 | 0,0006 | 0,0034 |
| 03 (28) | 0,0092 | 0,0078 | 0,0088 | 0,0091 |
| 04 (29) | 0,0082 | 0,0078 | 0,0068 | 0,0061 |
| 05 (30) | 0,0568 | 0,0611 | 0,0499 | 0,0489 |
| 06 (31) | 2,5688 | 2,9781 | 2,6004 | 2,6243 |
| 07 (32) | 0,0945 | 0,0950 | 0,0941 | 0,0944 |
| 08 (33) | 0,0041 | 0,0038 | 0,0039 | 0,0040 |
| 09 (34) | 0,6258 | 0,6271 | 0,6277 | 0,6274 |

**Методика обработки результатов:** ([ГОСТ 6370](http://www.tnpa.by/KartochkaDoc.php?UrlRN=15993&UrlIDGLOBAL=15993) «Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей»).

Стандарт распространяется на нефть, жидкие нефтепродукты и присадки и устанавливает метод определения механических примесей. Настоящий стандарт не распространяется на пластические смазки и битумы.

Сущность метода заключается в фильтровании испытуемых продуктов с предварительным растворением медленно фильтрующихся продуктов в бензине или толуоле, промывания осадка на фильтре растворителем с последующим высушиванием и взвешиванием.

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

**Сходимость:** Два результата определения, полученные одним лаборантом, признаются достоверными (при доверительной вероятности 95%), если расхождения между ними не превышают значения, указанные в табл. 5.2.

Таблица 5.2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Механические примеси, %** | **Сходимость, %** | **Воспроизводимость, %** |
| До 0,01 | 0,0025 | 0,005 |
| Св. 0,01 до 0,1 | 0,005 | 0,01 |
| Св. 0,1 до 1,0 | 0,01 | 0,02 |
| Св. 1 | 0,1 | 0,20 |

**Воспроизводимость:** Два результата определения, полученные разными лаборантами, в двух разных лабораториях, признаются достоверными (при доверительной вероятности 95 %), если расхождения между ними не превышают значения, указанные в табл. 5.2.

Массовая доля механических примесей до 0,005% включительно оценивается как их отсутствие.

**Пример решения задачи**

**Исходные данные:**

Лаборатория 1 (; ).

Лаборатория 2 (; ).

**Решение:**

Результат испытания – среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

* в первой лаборатории → 0,22%,
* во второй лаборатории→ 0,20%.

**Оценка сходимости** результатов анализа:

Расхождение между результатами определений, полученными одним исполнителем (в одной лаборатории) составляет:

* в первой лаборатории %;
* во второй лаборатории %.

Результаты испытаний является достоверными (с 95 %-ной доверительной вероятностью), т.к. расхождения между ними не превышают 0,01%.

**Оценка воспроизводимости** результатов анализа:

Расхождение между результатами определений полученных разными лаборантами, в двух разных лабораториях, составляет:



**Вывод:** результаты испытаний, полученные в двух разных лабораториях, достоверны «воспроизводимы» (с 95%-ной доверительной вероятностью), т.к. расхождение между ними не превышает 0,02%.

**Варианты 10 – 17 (35 – 42)**

**Задача.** Провести обработку результатов определения температуры размягчения битума. Оценить сходимость и воспроизводимость результатов, полученных в двух лабораториях. Варианты заданий приведены в таблице 4.

**Методика обработки результатов:** ([ГОСТ 11506](http://www.tnpa.by/KartochkaDoc.php?UrlRN=944&UrlIDGLOBAL=944) «Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару.»). Настоящий стандарт распространяется на нефтяные битумы и устанавливает метод определения температуры их размягчения по кольцу и шару от 25 до 200 С.

За температуру размягчения битума принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений, округленных до целого числа.

**Сходимость метода**

Два результата определения, полученные одним лаборантом на одних и тех же аппаратуре и пробе битума, признаются достоверными (при 95%-ной вероятности), если расхождение между ними не превышает значения, указанного в табл. 5.3.

**Воспроизводимость метода**

Два результата определения, полученные в разных лабораториях на одной и той же пробе битума, признаются достоверными (с 95%-ной доверительной вероятностью), если расхождение между ними не превышает значения, указанного в табл. 5.4.

Таблица 5.3

Варианты заданий

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Температура размягчения битума, °С | | | |
| Лаборатория 1 | | Лаборатория 2 | |
|  |  |  |  |
| 10 (35) | 51,5 | 50,0 | 52,0 | 51,0 |
| 11 (36) | 102,5 | 104,0 | 99,0 | 100,5 |
| 12 (37) | 64,5 | 66,0 | 65,0 | 65,0 |
| 13 (38) | 82,0 | 84,0 | 80,0 | 81,0 |
| 14 (39) | 48,0 | 48,0 | 48,0 | 48,0 |
| 15 (40) | 18,0 | 20,0 | 19,0 | 19,0 |
| 16 (41) | 58,0 | 57,0 | 57,0 | 57,0 |
| 17 (42) | 23,0 | 23,5 | 23,0 | 22,0 |

Таблица 5.4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Температура  размягчения, С | Сходимость, С | Воспроизводимость, С |
| До 80 | 1 | 2 |
| Св. 80 | 2 | 4 |

**Пример решения задачи**

**Исходные данные:** Лаборатория 1 (°С; = 44,5 °С).

Лаборатория 2 (= 45,0 °С; = 46,0 °С).

**Решение:**

Результат испытания – среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

* в первой лаборатории 44,25→ 44 °С,
* во второй лаборатории45,5→ 46 °С.

**Оценка сходимости** результатов анализа:

Расхождение между результатами определений, полученными одним исполнителем (в одной лаборатории) составляет:

* в первой лаборатории 0,5<1°С;
* во второй лаборатории 1≤1°С;

Результаты испытаний является достоверными (с 95%-ной доверительной вероятностью), т.к. расхождения между ними не превышают 1°С.

**Оценка воспроизводимости** результатов анализа:

Расхождение между результатами определений полученных разными лаборантами, в двух разных лабораториях, составляет:

°С

**Вывод:** результаты испытаний, полученные в двух разных лабораториях, достоверны «воспроизводимы» (с 95%-ной доверительной вероятностью), т.к. расхождение между ними не превышает 2°С.

**Варианты 18 – 25 (43 – 50)**

**Задача.** Провести обработку результатов определения содержания воды в нефти и нефтепродуктах. Оценить сходимость и воспроизводимость результатов, полученных в двух лабораториях. Варианты заданий приведены в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Варианты заданий

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | – объем воды в приемнике-ловушке, см3  (объём пробы см3) | | | |
| Лаборатория 1 | | Лаборатория 2 | |
|  |  |  |  |
| 18 (43) | 10,64 | 10,58 | 10,49 | 10,50 |
| 19 (44) | 20,55 | 20,72 | 20,35 | 20,20 |
| 20 (45) | 0,91 | 0,80 | 0,85 | 0,90 |
| 21 (46) | 0,60 | 0,95 | 0,70 | 0,80 |
| 22 (47) | 4,12 | 4,20 | 4,30 | 4,15 |
| 23 (48) | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,03 |
| 24 (49) | 0,72 | 0,71 | 0,73 | 0,72 |
| 25 (50) | 5,21 | 5,18 | 5,15 | 5,13 |

**Методика обработки результатов: (**[ГОСТ 2477](http://www.tnpa.by/KartochkaDoc.php?UrlRN=10084&UrlIDGLOBAL=10084) «Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды»).

Настоящий стандарт устанавливает метод определения воды в нефти, жидких нефтепродуктах, пластичных смазках, парафинах, церезинах, восках, гудронах и битумах.

Сущность метода состоит в нагревании пробы нефтепродукта с нерастворимым в воде растворителем и измерении объема сконденсированной воды. Стандарт не распространяется на битумные эмульсии.

Массовую (X) или объемную (X1) долю воды в процентах вычисляют по формулам:

,  (5.1)

где – объем воды в приемнике-ловушке, см3;

*m* – масса пробы, г;

*V* – объем пробы, см3.

**Примечание.** Для упрощения вычисления плотность воды при комнатной температуре принимают за 1 г/см3, а числовое значение объема воды в см3 – за числовое значение массы воды в г; при массе нефтепродукта (100 ± 0,1) г за массовую долю воды принимают объем воды, собравшейся в приемнике-ловушке, в см3.

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух определений.

Результат испытания округляют с точностью до 0,1 %.

Объем воды в приемнике-ловушке 0,03 см3 и меньше считается следами.

Отсутствие воды в испытуемом нефтепродукте определяется состоянием, при котором в нижней части приемника-ловушки не видно капель воды.

В сомнительных случаях наличие воды проверяется методом потрескивания. Для этого испытуемый нефтепродукт (кроме дизельного топлива) нагревают до 150°С в пробирке, помещенной в масляную баню. При этом отсутствием воды считается случай, когда не слышно потрескивания.

При испытании дизельных топлив 10 см3 испытуемого продукта при температуре окружающей среды наливают в сухую пробирку вместимостью 25 см3 и осторожно нагревают на спиртовке. Отсутствием воды считается случай, когда не слышно потрескивания; при однократном потрескивании испытание повторяют. При повторном испытании дизельного топлива даже однократное потрескивание свидетельствует о присутствии воды.

**Точность метода** при использовании приемника-ловушки 10 и 25 см3.

**Сходимость:** Два результата определений, полученные одним исполнителем, признаются достоверными (с 95%-ной доверительной вероятностью), если расхождение между ними не превышает:

 0,1 см3– при объеме воды, меньшем или равном 1,0 см3;

 0,1 см3или 2% от среднего значения объема (в зависимости от того, какая из этих величин больше) – при объеме воды более 1,0 см3.

**Воспроизводимость:** Два результата испытаний, полученные в двух разных лабораториях, признаются достоверными (с 95%-ной доверительной вероятностью), если расхождение между ними не превышает:

 0,2 см3 – при объеме воды, меньшем или равном 1,0 см3;

 0,2 см3или 10 % от среднего значения объема (в зависимости от того, какая из этих величин больше) – при объеме воды свыше 1,0 см3до 10 см3;

 5 % от величины среднего результата – при объеме воды более 10 см3.

**Пример решения задачи:**

Провести обработку результатов определения содержания воды в образце нефтепродукта (объём пробы  см3). Оценить сходимость и воспроизводимость результатов, полученных в двух лабораториях.

**Исходные данные:**

Лаборатория 1 (= 7,80 см3; = 7,65 см3).

Лаборатория 2 (= 7,52 см3; =7,70 см3).

**Решение:** Находим объемную (*X1*) долю воды в процентах по формуле (1). В связи с тем, что объём пробы  см3, то:

*Х1(1,1)*= 7,8 %; *Х1(1,2)*= 7,7 %;

*Х1(2,1)*= 7,5 %; *Х1(2,2)*= 7,7 %.

Находим среднее арифметическое результатов двух определений:

, 

**Вывод:** Содержание воды в образце согласно результатам, полученным:

* в первой лаборатории 7,8 %об.,
* во второй лаборатории 7,6 %об.

**Оценка сходимости** результатов анализа:

Расхождение между результатами определений, полученными одним исполнителем (в одной лаборатории) составляет:

* в первой лаборатории см3;
* во второй лаборатории см3.

В связи с тем, что объём воды более 1,0 см3, а расхождение больше 0,1 см3 рассчитаем процент отклонения от среднего значения объёма.

* для первой лаборатории



* для второй лаборатории



Выводы:

1. Результаты испытаний, полученные в первой лаборатории, является достоверными (с 95%-ной доверительной вероятностью), т.к. отклонение между ними относительно среднего значения не превышает 2%.
2. Результаты испытаний, полученные во второй лаборатории не достоверны, т.к. отклонение между ними относительно среднего значения превышает 2%. Необходимо проведение повторных испытаний.
3. Провести оценку воспроизводимости результатов анализа невозможно в связи с недостоверными результатами, полученными во второй лаборатории.

**Задание 3. Обработка результатов межлабораторных сличений с целью выявления систематической погрешности**

Цель задания – освоение методики обработки результатов межлабораторных сравнительных испытаний с целью выявления систематической погрешности и оценки качества работы испытательных лабораторий.

Методы борьбы с систематическими погрешностями заключаются в их обнаружении и последующем исключении путем полной или частичной компенсации. Одним из способов выявления систематической погрешности является проведение межлабораторных сравнительных испытаний одного и того же образца, с последующей обработкой результатов. Данный метод также можно применять для оценки воспроизводимости результатов экспериментов.

Если статистические данные разбиты на группы по какому-либо признаку, то для оценки влияния различных факторов, определяющих изменяемость значения какого-либо признака, можно воспользоваться **дисперсионным анализом** с последующим разложением дисперсии на составляющие: межгрупповую и внутригрупповую дисперсии.

Дисперсионный анализ используется для проверки гипотезы о сходстве средних значений двух или более выборок, принадлежащих одной и той же генеральной совокупности.

Для того, чтобы с определённой доверительной вероятностью утверждать, что в разных лабораториях испытания проводятся с одинаковой точностью необходимо проверить гипотезу равенства дисперсий. Для проверки равенства дисперсий используется критерий Фишера. Методика и пример проведения анализа представлены ниже.

**Задача:** В четырёх различных лабораториях была определена теплота сгорания одного и того же образца газообразного топлива. Полученные результаты представлены в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Экспериментальные данные по определению низшей теплоты сгорания газообразного топлива (кДж/м3) в 4 различных лабораториях

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер лаборатории | | | |
| №1 | №2 | №3 | №4 |
| 33603 | 33603 | 33603 | 33556 |
| 33612 | 33603 | 33603 | 33549 |
| 33607 | 33595 | 33595 | 33552 |
| 33595 | 33599 | 33598 | 33557 |
| 33603 | 33599 | 33590 | 33557 |

Необходимо установить, воспроизводимы ли результаты эксперимента и, если результаты невоспроизводимы, проанализировать и доказать, какая лаборатория допускает систематическую погрешность при выполнении анализа.

**Пример решения задачи:**

1. Вычисление среднеарифметического значения величины:

Внутри эксперимента (в каждой из лабораторий )

 (5.2)

Результаты расчёта:

, , , 

Между экспериментами (между лабораториями )

 (5.3)

где

*i =* 1*…N* – количество измерений в одном эксперименте (в одной лаборатории) (N=5);

*j =* 1*… m* – количество экспериментов (испытательных лабораторий) (*m*= 4).

1. Вычисление дисперсии измерений внутри эксперимента (в каждой из лабораторий )

 (5.4)

Результаты расчёта: , , , 

1. Вычисление средних дисперсий

Внутри эксперимента:

 (5.5)

Между экспериментами:

 (5.6)

1. Вычисление статистики Фишера (*F* – статистика)

 (5.7)

1. Сравнение рассчитанного критерием Фишера *F* с критическим *Fкр*, зависящим от уровня значимости *(α)* и степени свободы. Если *F <Fкр*, то результаты считаются воспроизводимыми, а точность измерений в анализируемых лабораториях одинакова с доверительной вероятностью *(*1 *- α)*. Как правило, принимается *α =* 0,05, т.е. (доверительная вероятность 0,95 или 95 %). Значения *F* – критерия Фишера приведены в табл.5.7.

Таблица 5.7

Значения F-критерия Фишера при уровне значимости α=0,05

| **Степень свободы**  *m∙*(*N –* 1) | **Степень свободы (*m* – 1),**  (*m* – количество групп данных, *N* – количество данных в одной группе) | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| 10 | 4,96 | 4,10 | 3,71 | 3,48 | 3,33 | 3,22 | 3,07 |
| 11 | 4,84 | 3,98 | 3,59 | 3,36 | 3,20 | 3,09 | 2,95 |
| 12 | 4,75 | 3,88 | 3,49 | 3,26 | 3,11 | 3,00 | 2,85 |
| 13 | 4,67 | 3,80 | 3,41 | 3,18 | 3,02 | 2,92 | 2,77 |
| 14 | 4,60 | 3,74 | 3,34 | 3,11 | 2,96 | 2,85 | 2,70 |
| 15 | 4,54 | 3,68 | 3,29 | 3,06 | 2,90 | 2,79 | 2,64 |
| 16 | 4,49 | 3.63 | 3,24 | 3,01 | 2,85 | 2,74 | 2,59 |
| 17 | 4,45 | 3,59 | 3,20 | 2,96 | 2,81 | 2,70 | 2,55 |
| 18 | 4,41 | 3,55 | 3,16 | 2,93 | 2,77 | 2,66 | 2,51 |

При степени свободы *m*– 1 = 3 и *m*∙(*N* – 1) = 16, *Fкр*= 3,24. Условие *F <Fкр* не выполняется, следовательно, результаты испытания не воспроизводимы и точность измерений неудовлетворительна. В связи с этим необходимо проанализировать полученные результаты на наличие систематической погрешности.

Дисперсии измерений внутри эксперимента (в лаборатории) равны , , , . Дисперсии в 1 и 3 лабораториях выше, чем во 2 и 4. Наибольшая дисперсия в 1 лаборатории, наименьшая во 2. Следовательно, наихудшая сходимость результатов в 1 лаборатории, наилучшая во 2.

Сравним среднеарифметического значения величины внутри эксперимента (в лаборатории). Они равны: , , , . Ясно видно, что среднеарифметическое значение величины в 4 лаборатории заметно отличается от средних результатов, полученных в остальных лабораториях. Вероятно, 4 лаборатория и является причиной неудовлетворительных результатов межлабораторных сличений.

Чтобы подтвердить или опровергнуть данную гипотезу отбросим результаты, полученные в 4 лаборатории, и проанализируем, воспроизводимы ли результаты в оставшихся трёх лабораториях. Для этого повторим расчёт без данных 4 лаборатории. Исходные данные для расчета находятся в табл. 17. Пример расчёта приведен ниже:

1. Вычислим среднеарифметического значения величины в каждой из лабораторий (по формуле 10) , , , и между экспериментами, между лабораториями (по формуле 11) ;
2. Дисперсии измерений внутри эксперимента, в каждой из лабораторий (по формуле 12) , , 
3. Средние дисперсии внутри эксперимента: (по формуле 13)  и между экспериментами (по формуле 14) 
4. Статистика Фишера (по формуле 15) 

При степени свободы *m* – 1 = 2 и *m*∙(*N* – 1) = 12,*Fкр*= 3,88 условие *F <Fкр*выполняется.

**Выводы:**

1. Результаты испытаний, проведенных в лабораториях 1, 2 и 3, с доверительной вероятностью 95% воспроизводимы и точность измерений удовлетворительна.

2. В 4 лаборатории выявлена систематическая погрешность, приводящая к занижению результатов эксперимента.

**Примечание.** Данное задание можно выполнить с использованием пакета анализа MS Excel.

Для получения результатов необходимо:

* 1. Набрать в рабочем листе MS Excel таблицу исходных данных.
  2. Выбрать команду «Анализ данных» в меню «Данные», и далее «Однофакторный дисперсионный анализ». Если команда «Анализ данных**»** отсутствует в меню «Сервис», то необходимо запустить программу установки MS Excel и установить пакет анализа. После этого его необходимо выбрать и активизировать с помощью команды «Надстройки» меню «Файл, Параметры»(для MS Excel 2007, 2010).
  3. В появившемся диалоговом окне указать входные данные. Для этого необходимо выделить ячейки, содержащие экспериментальные данные.
  4. Установить метку в квадратике возле надписи «Метки в первой строке»
  5. Указать параметры вывода результатов анализа и нажать кнопку «ОК».

В результате получите следующий отчёт, приведенный в виде таблиц 5.8 и 5.9:

Таблица 5.8

Однофакторный дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Группы | Счет | Сумма | Среднее | Дисперсия |
| №1 | 5 | 168020 | 33604 | 39 |
| №2 | 5 | 167999 | 33599,8 | 11,2 |
| №3 | 5 | 167989 | 33597,8 | 30,7 |
| №4 | 5 | 167771 | 33554,2 | 12,7 |

Таблица 5.9

Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Источник  вариации | *SS* | *df* | *MS* | *F* | *P-*значение | *F*  критическое |
| Между группами | 8150,55 | 3 | 2716,8 | 116,104 | 4,53E-11 | 3,238866952 |
| Внутри групп | 374,4 | 16 | 23,4 |  |  |  |
| Итого | 8524,95 | 19 |  |  |  |  |

Результаты не воспроизводимы, т.к. *F > F* критическое. Далее с целью удобства восприятия проведем анализ результатов графически (рис.5.1).



Рис. 5.1 Распределение дисперсий и среднее значение результата эксперимента в испытательных лабораториях.

Ясно видно, что среднеарифметическое значение величины в 4 лаборатории заметно отличается от средних результатов, полученных в остальных лабораториях. Вероятно, 4 лаборатория и является причиной неудовлетворительных результатов межлабораторных сличений. Аналогичным образом повторим расчёт без данных лаборатории №4. Результаты расчета приведены в табл. 5.10 и 5.11.

Таблица 5.10

Однофакторный дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Группы | Счет | Сумма | Среднее | Дисперсия |
| №1 | 5 | 168020 | 33604 | 39 |
| №2 | 5 | 167999 | 33599,8 | 11,2 |
| №3 | 5 | 167989 | 33597,8 | 30,7 |

Таблица 5.11

Дисперсионный анализ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Источник  вариации | SS | df | MS | F | P-  значение | F –критическое |
| Между группами | 100,133 | 2 | 50,066 | 1,856 | 0,198379 | 3,8852 |
| Внутри групп | 323,6 | 12 | 26,966 |  |  |  |
| Итого | 423,733 | 14 |  |  |  |  |

Результаты воспроизводимы, т.к. *F < F* критическое.

**Выводы:**

1. Результаты испытаний, проведенных в лабораториях 1, 2 и 3, с доверительной вероятностью 95% воспроизводимы и точность измерений удовлетворительна.

2. В 4 лаборатории выявлена систематическая погрешность, приводящая к занижению результатов эксперимента.

Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 5.12.

Таблица 5.12

Экспериментальные данные по определению низшей теплоты сгорания топлива (кДж/м3). Варианты заданий

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер лаборатории | | | | | | | | | | | | | |
| №1 | №2 | №3 | №4 |  | №1 | №2 | | | №3 | | №4 | | |
| Вариант 1 (26) | | | | Вариант 2 (27) | | | | | | | | |
| 33603 | 33605 | 33603 | 33605 | 33580 | | 33605 | | 33603 | | 33600 | | |
| 33605 | 33607 | 33600 | 33607 | 33584 | | 33590 | | 33600 | | 33590 | | |
| 33590 | 33591 | 33595 | 33609 | 33581 | | 33608 | | 33595 | | 33605 | | |
| 33595 | 33599 | 33595 | 33608 | 33586 | | 33599 | | 33601 | | 33599 | | |
| 33603 | 33599 | 33590 | 33610 | 33590 | | 33599 | | 33590 | | 33610 | | |
| Вариант 3 (28) | | | | Вариант 4 (29) | | | | | | | | |
| 33580 | 33591 | 33591 | 33581 | 33621 | | 33620 | | 33620 | | 33621 | | |
| 33584 | 33592 | 33581 | 33590 | 33620 | | 33614 | | 33619 | | 33625 | | |
| 33581 | 33594 | 33582 | 33580 | 33621 | | 33615 | | 33615 | | 33620 | | |
| 33586 | 33599 | 33584 | 33595 | 33621 | | 33620 | | 33619 | | 33615 | | |
| 33590 | 33598 | 33590 | 33600 | 33621 | | 33618 | | 33614 | | 33618 | | |
| Вариант 5 (30) | | | |  | Вариант 6 (31) | | | | | | | | |
| 33621 | 33620 | 33615 | 33621 | 33605 | | 33615 | | | 33611 | 33605 | | |
| 33620 | 33621 | 33614 | 33625 | 33605 | | 33612 | | | 33614 | 33611 | | |
| 33621 | 33615 | 33615 | 33620 | 33607 | | 33615 | | | 33610 | 33611 | | |
| 33621 | 33620 | 33615 | 33615 | 33610 | | 33610 | | | 33612 | 33610 | | |
| 33621 | 33618 | 33612 | 33618 | 33608 | | 33609 | | | 33612 | 33608 | | |
| Вариант 7(32) | | | | Вариант 8 (33) | | | | | | | | |
| 33608 | 33611 | 33611 | 33613 | 33608 | | 33611 | | | 33611 | 33613 | | |
| 33611 | 33612 | 33614 | 33611 | 33611 | | 33612 | | | 33614 | 33611 | | |
| 33607 | 33614 | 33610 | 33611 | 33607 | | 33614 | | | 33610 | 33611 | | |
| 33610 | 33610 | 33612 | 33610 | 33610 | | 33610 | | | 33612 | 33610 | | |
| 33609 | 33609 | 33612 | 33611 | 33608 | | 33609 | | | 33612 | 33611 | | |
| Вариант 9 (34) | | | |  | Вариант 10 (35) | | | | | | | | |
| 43115 | 43114 | 43112 | 43120 | 43115 | | 43114 | | | 43114 | 43117 | | |
| 43115 | 43121 | 43111 | 43118 | 43115 | | 43121 | | | 43116 | 43117 | | |
| 43114 | 43118 | 43110 | 43116 | 43114 | | 43118 | | | 43114 | 43116 | | |
| 43111 | 43116 | 43112 | 43116 | 43111 | | 43116 | | | 43116 | 43116 | | |
| 43116 | 43115 | 43111 | 43117 | 43116 | | 43115 | | | 43112 | 43117 | | |
| Продолжение табл. 5.12 | | | | | | | | | | | | |
| №1 | №2 | №3 | №4 |  | №1 | №2 | | | №3 | | №4 | | |
| Вариант 11 (36) | | | |  | Вариант 12 (37) | | | | | | | | |
| 43115 | 43114 | 43114 | 43111 | 43115 | | 43114 | | | 43114 | 43112 | | |
| 43115 | 43121 | 43116 | 43112 | 43115 | | 43116 | | | 43116 | 43112 | | |
| 43114 | 43114 | 43114 | 43111 | 43114 | | 43114 | | | 43114 | 43111 | | |
| 43111 | 43116 | 43116 | 43112 | 43111 | | 43112 | | | 43116 | 43112 | | |
| 43116 | 43115 | 43112 | 43112 | 43116 | | 43112 | | | 43112 | 43112 | | |
| Вариант 13 (38) | | | | Вариант 14 (39) | | | | | | | | |
| 45209 | 45208 | 45210 | 45206 | 45209 | | 45208 | | | 45210 | 45206 | | |
| 45210 | 45208 | 45209 | 45206 | 45210 | | 45208 | | | 45209 | 45206 | | |
| 45206 | 45203 | 45209 | 45207 | 45206 | | 45203 | | | 45212 | 45207 | | |
| 45201 | 45203 | 45208 | 45207 | 45201 | | 45203 | | | 45210 | 45207 | | |
| 45206 | 45204 | 45210 | 45207 | 45206 | | 45204 | | | 45210 | 45207 | | |
| Вариант 15 (40) | | | |  | Вариант 16 (41) | | | | | | | | |
| 40681 | 40680 | 40678 | 40688 | 40681 | | 40680 | | | 40685 | 40688 | | |
| 40680 | 40690 | 40680 | 40689 | 40690 | | 40680 | | | 40690 | 40689 | | |
| 40682 | 40670 | 40685 | 40688 | 40688 | | 40670 | | | 40685 | 40688 | | |
| 40680 | 40685 | 40683 | 40689 | 40680 | | 40680 | | | 40683 | 40689 | | |
| 40680 | 40675 | 40682 | 40685 | 40685 | | 40675 | | | 40682 | 40685 | | |
| Вариант 17 (42) | | | | Вариант 18 (43) | | | | | | | | |
| 40681 | 40680 | 40685 | 40682 | 44120 | | 44115 | | | 44140 | 44120 | | |
| 40680 | 40682 | 40683 | 40683 | 44140 | | 44125 | | | 44138 | 44130 | | |
| 40682 | 40680 | 40680 | 40680 | 44125 | | 44124 | | | 44130 | 44120 | | |
| 40680 | 40680 | 40683 | 40680 | 44130 | | 44131 | | | 44120 | 44125 | | |
| 40685 | 40681 | 40682 | 40682 | 44115 | | 44120 | | | 44140 | 44125 | | |
| Вариант 19 (44) | | | |  | Вариант 20 (45) | | | | | | | | |
| 44120 | 44115 | 44140 | 44120 | 44120 | | 44125 | | | 44120 | 44120 | | |
| 44120 | 44125 | 44138 | 44130 | 44120 | | 44125 | | | 44125 | 44130 | | |
| 44122 | 44124 | 44130 | 44120 | 44122 | | 44124 | | | 44130 | 44120 | | |
| 44124 | 44131 | 44120 | 44125 | 44124 | | 44131 | | | 44130 | 44125 | | |
| 44115 | 44120 | 44140 | 44125 | 44115 | | 44120 | | | 44130 | 44125 | | |
| Вариант 21(46) | | | | Вариант 22 (47) | | | | | | | | |
| 33608 | 33611 | 33611 | 33613 | 33608 | | 33611 | | | 33611 | 33613 | | |
| 33611 | 33612 | 33614 | 33611 | 33611 | | 33612 | | | 33614 | 33611 | | |
| 33607 | 33616 | 33610 | 33611 | 33609 | | 33614 | | | 33610 | 33611 | | |
| 33612 | 33610 | 33612 | 33612 | 33610 | | 33610 | | | 33612 | 33618 | | |
| 33609 | 33609 | 33612 | 33611 | 33608 | | 33609 | | | 33613 | 33611 | | |
| Продолжение табл. 5.12 | | | | | | | | | | | | |
| №1 | №2 | №3 | №4 |  | №1 | №2 | | | №3 | | №4 | | |
| Вариант 23 (48) | | | |  | Вариант 24 (49) | | | | | | | | |
| 43115 | 43114 | 43112 | 43121 | 43115 | | 43114 | | | 43114 | 43117 | | |
| 43115 | 43121 | 43111 | 43118 | 43115 | | 43121 | | | 43118 | 43117 | | |
| 43114 | 43118 | 43113 | 43116 | 43110 | | 43118 | | | 43114 | 43116 | | |
| 43112 | 43112 | 43112 | 43116 | 43111 | | 43116 | | | 43116 | 43119 | | |
| 43116 | 43115 | 43111 | 43117 | 43116 | | 43115 | | | 43112 | 43117 | | |
| Вариант 25 (50) | | | | | | | | | | | | | |
| 43113 | 43114 | 43114 | 43111 |  | | | | | | | | | |
| 43112 | 43126 | 43116 | 43112 |
| 43114 | 43114 | 43112 | 43118 |
| 43111 | 43116 | 43116 | 43112 |  | 43116 | | 43115 | 43112 | | | | 43112 | |