

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

### **по дисциплине «Обработка экспериментальных данных»**

#### **Цель практических занятий по всему курсу:**

- научить студентов определять и приводить погрешности при обработке результатов экспериментальных исследований;
- получить навыки научно обоснованного подхода к определению погрешностей при измерениях;
- научить определять погрешности в косвенных измерениях;
- научить студентов статистическому анализу случайных погрешностей;
- научить студентов аппроксимировать с помощью наименьших квадратов.

Особенностью учебного плана по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение (степень бакалавр), составленного на основании ФГОС 3+ВО (приказ от 1.10.2015 г. № 1083) является усиление самостоятельной подготовки студентов, а занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов должны составлять не более 50 процентов аудиторных занятий (п. 6.11 ФГОС). Подготовка к практическим занятиям проводится студентами после установочных лекций и самостоятельно (см. раздел «Методические рекомендации по самостоятельной работе по дисциплине «Обработка экспериментальных данных»). Студентам выдается темы для самостоятельного изучения разделов курса, которые в дальнейшем детально обсуждаются на практических занятиях.

**Используемые технологии преподавания.** Практические занятия являются формой индивидуально-группового и практико-ориентированного обучения на основе реальных или модельных ситуаций применительно к виду и профилю профессиональной деятельности. При планировании и проведении практических занятий исходим из того, что они предназначены прежде всего для углубления и расширения знаний, полученных в результате самостоятельной работы студента по учебнику или учебному пособию, а также для овладения методикой работы с научным материалом при подготовке выпускной квалификационной работы. Каждое практическое занятие начинается с краткого обобщения главнейших теоретических положений, которые были изучены на лекции и должны служить исходным моментом в работе студентов по данной теме. Для заинтересованности студентов по некоторым темам такое обобщение поручается сделать одному из студентов. Для этого требуется заранее предупредить студента о возможности такого поручения, что служит известным стимулом к их предварительной подготовке. Заключительное слово принадлежит преподавателю, так как отметить самое важное,

точно сформулировать основные теоретические положения или охарактеризовать наиболее правильные методы работы студенту не всегда удается.

Естественно, необходимо после обобщения давать иногда дополнительные разъяснения студентам по теоретическим вопросам, но это необходимо сделать кратко, чтобы не превратить практические занятия в лекцию.

Не всегда преподавателю необходимо немедленно давать студентам разъяснения по возникшему у них вопросу, поскольку после выполнения работы студент сам может получить ответы на свои вопросы. Необходимо четко спланированное практическое занятие выполнить, что возможно, если преподаватель не будет отвлекаться на вопросы. Если вопрос не связан с планом занятия, целесообразно отослать студента к учебнику, учебному пособию или пригласить на консультацию.

Но иногда необходимо дать разъяснение по вопросу, прямо не относящемуся к текущему занятию (при повышенной сложности вопросов, от разрешения которых зависит дальнейшая самостоятельная работа). Иногда возникает необходимость дать поручение одному из студентов сделать на очередном практическом занятии краткое сообщение по поставленному вопросу. Однако таким методом нужно пользоваться очень осторожно, поскольку студенты могут перестать обращаться с вопросами к преподавателю.

Иногда необходимо разъяснение сделать в процессе дальнейшей работы группы. Методика преподавания по каждой теме должна быть гибкой и учитывать подготовку студентов воспринимать поставленные задачи.

Когда теория темы достаточно выяснена на лекциях, необходимо перейти к проведению практических занятий. В начале занятий рекомендуется напомнить основные выводы на лекциях и провести решение типовых задач, при этом решение лучше проводить совместно со студентом и только потом выдавать каждому студенту индивидуальное задание. Это позволяет студенту более широко применить полученные знания, а с другой стороны – подготовиться к совершенно самостоятельному выполнению домашнего задания. Для преподавателя такие индивидуальные задания служат способом проверки знаний (хотя и с использованием учебной литературы), проверки усвоения учебного материала.

Поскольку в группе могут быть достаточно слабые студенты, то необходимо при выдаче задания установить определенный средний уровень, а от занятия к занятию его повышать. Студент должен сам ощущать рост своей подготовки, иначе практические могут оказаться для него неинтересными. Если студент на доске не может решить задачу,

то преподаватель должен опросить группу о методах решения, но стараться это сделать самому.

Как правило, студенты отдают себе отчет и в том, в какой мере им необходимы данные занятия для предстоящей самостоятельной работы. Как только они поймут, что все учебные возможности занятий исчерпаны, интерес к ним будет утрачен. Учитывая этот психологический момент, необходимо проводить занятия так, чтобы все студенты были заняты напряженной, творческой работой, поисками правильных и точных решений. Студент должен получить возможность раскрыться, проявить способности с использованием всех полученных знаний и навыков, поэтому при разработке плана занятий и индивидуальных заданий учитывается подготовка и интересы каждого студента. Если это будет выполнено, в аудитории не возникнет и мысли о том, что возможности практических занятий исчерпаны.

При проведении занятий необходимо всегда выступать в роли консультанта, наблюдая за работой каждого студента и вовремя оказывая педагогически оправданную совершенно необходимую помощь, не подавляя самостоятельности в работе, заботливо развивая самоконтроль каждого студента на основе укрепления сосредоточенного внимания к работе, к поставленной задаче. Разумеется, вмешательство в работу студента не может быть одинаковым; все зависит от знания и каждого студента в отдельности.

Одному студенту не надо никакой помощи несмотря на возникшие затруднения, он сам найдет путь для правильного решения; другому – нужно небольшое напоминание теории или метода, и он также самостоятельно пойдет дальше. С некоторыми же требуется дополнительная работа в аудитории или на консультации. Опыт работы говорит о том, что решение задач на аудиторной доске целесообразно лишь в том случае, когда возникли общие для аудитории затруднения, требующие разъяснений преподавателя, а также для сравнения различных методов решения одной и той же задачи. Решение задач на доске в течение всего учебного занятия преподавателем или студентом с механическим списыванием задачи другими студентами не способствует развитию самостоятельной работы студентов.

Большую ценность имеют беглые указания преподавателя по ходу работы в аудитории; они содействуют выработке наиболее правильных приемов работы, из которых в конечном счете складывается система работы. Во всех без исключения случаях нельзя затягивать процесс восполнения каких-либо пробелов в знаниях, это уменьшает эффективность практических занятий.

Очень важно так ставить практические занятия, чтобы они вели студентов к дальнейшей углубленной самостоятельной творческой работе, указывали путь к ее осуществлению и вооружали необходимыми методами практической работы.

Каждое занятие целесообразно заканчивать кратким заключением, и указаниями преподавателя к дальнейшей работе или же разбором предстоящего домашнего задания. Тогда практические занятия наряду с лекциями будут содействовать созданию перспективы в работе каждого студента;

Занятия проводятся с использованием компьютерных технологий, по некоторым разделам курса кафедрой выпущены учебные пособия, а электронные версии их размещены в электронной библиотеке ВлГУ, а также на сайте кафедры. Это позволяет в любой момент обратиться к источнику.

На практических занятиях используются методы проблемного обучения – организация учебных занятий, которые предполагают создание под руководством преподавателя проблемных ситуаций и активную самостоятельную деятельность студентов по их разрешению.

Усвоение студентами знаний, добытых в ходе активного поиска и самостоятельного решения проблем более прочные, чем при традиционном обучении. Кроме того, при таком обучении происходит воспитание активной, творческой личности студента, умеющего видеть и решать нестандартные профессиональные проблемы

Наконец, при проведении практических занятий используется проектный метод обучения. Студентам выдается индивидуальное задание. Под руководством преподавателя студенты решают возникшие проблемные ситуации, в результате чего и происходит творческое овладение профессиональными знаниями, навыками и умениями и развитие мыслительных способностей. При этом студенты используют учебные компьютерные программы для проведения расчетов, построения графиков.

**План проведения практических занятий.** На практических занятиях решаются примеры решения типовых задач по следующим темам.

**Тема 1.** (1 неделя – 2 ч. для освоения этого материала). Оценка погрешностей при считывании шкалы и в случае многократных измерений.

Примеры задач. Перепишите результат в стандартной форме  $x_{\text{наил}} \pm \delta x$  для измерений

наилучшая оценка длины = 36 мм,  
вероятный интервал 35,5...36,5 мм;

наилучшая оценка напряжения = 5,3 В,  
вероятный интервал 5,2...5,4 В;

наилучшая оценка измерения = 2,4 с;  
вероятный интервал 2,3...2,5 с.

**Тема 2.** (1 неделя – 2 ч. для освоения этого материала). Проверка пропорциональности с помощью графика. Относительные погрешности. Значение цифры и относительные погрешности. Умножение двух измеренных значений.

**Тема 3.** (1 неделя – 2 ч. для освоения этого материала). Сумма и разности; произведение и частных. Независимые погрешности в сумме. Произвольная функция одной переменной. Общая формула для вычисления погрешностей в косвенных измерениях.

Примеры для решения. Студент измеряет плотность жидкости пять раз и получает результаты (в кг/м<sup>3</sup>): 1,8; 2,0; 2,0; 1,9; 1,8. Что вы могли бы предположить о наилучшей оценке погрешности, основываясь на его измерениях?

**Тема 4.** (1 неделя – 2 ч. для освоения этого материала). Среднее и стандартное отклонение. Стандартное отклонение как погрешность единичного измерения. Стандартное отклонение среднего. Систематические ошибки.

Примеры задач. Вычислите следующие выражения: а.  $(5\pm 1)+(8\pm 2)-(10\pm 4)=$  б.  $(5\pm 1)\cdot(8\pm 2)$ ; в.  $(10\pm 1)/(20\pm 2)$ ; г.  $2\pi(10\pm 1)$ .

**Тема 5.** (1 неделя – 2 ч. для освоения этого материала). Гистограммы и распределения. Предельные распределения. Нормальные распределения. Оценка числовых характеристик и параметров распределения. Распределение выборочных характеристик. Доверительные интервалы. Графическое представление результатов механических измерений.

Примеры решения задач. Построить графики измеренных величин.

<i>x</i>	19,1	25,0	30,1	36,0	40,0	45,1	50,0
<i>y</i>	76,30	77,80	79,75	80,80	82,35	83,90	85,10

**Тема 6.** (1 неделя – 2 ч. для освоения этого материала). Аппроксимация результатов экспериментальных исследований.

Примеры для решения. Аппроксимировать результаты измерений, представленных в таблице.

<i>x</i>	2	3	4	5	6	7	8
<i>y</i>	19,2	25,3	33,4	41,2	48,7	54,3	61,2

**Тема 7.** (1 неделя – 2 ч. для освоения этого материала). Компьютерное моделирование по результатам ряда экспериментальных исследований при двух, трех и более независимых величинах.

В качестве примера можно воспользоваться примерами из занятий 6 и 7 для построения графиков и аппроксимации полученных кривых.

**Тема 8.** (1 неделя – 2 ч. для освоения этого материала). Аппроксимация методом наименьших квадратов. Расчёт коэффициентов полиномов.

**Пример.** Требуется определить зависимость эффективного крутящего момента  $M_e$  (Н·м) бензинового двигателя от частоты вращения коленчатого вала  $n_d$  (мин<sup>-1</sup>) при снятии внешней скоростной характеристики по результатам девяти наблюдений, приведенных в табл. 5.

Таблица 5.

Результаты замеров и расчетов крутящего момента бензинового двигателя

$n_d$	$M_{ei}$	$\Delta M_{ei}$	$\Delta^2 M_{ei}$	$u_i$	$u_i M_{ei}$	$u_i^2$	$u_i^2 M_{ei}$	$M_{ei\text{выч.}}$	$M_{ei\text{выч.}} - M_{ei\text{набл.}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1500	90	6	-2	-4	-360	16	1440	92,53	2,53
2000	96	4	-2	-3	-288	9	864	96,18	0,18
2500	100	2	-1	-2	-200	4	400	100,15	0,15
3000	102	1	-1	-1	-102	1	102	102,38	0,38
3500	103	-2	0	0	0	0	0	102,9	- 0,1
4000	101	-2	-3	1	101	1	101	101,58	0,58
4500	99	-5	-3	2	198	4	396	98,56	- 0,4
5000	94	-8	-	3	282	9	846	93,78	- 0,22
5500	86	-	-	4	344	16	1376	87,23	1,23
$\Sigma$	<b>871</b>	-	-	<b>0</b>	<b>-25</b>	<b>60</b>	<b>5525</b>	-	-

**Тема 9.** (1 неделя – 2 ч. для освоения этого материала). Проверка значимости коэффициентов при обработке экспериментальных данных. Проверка адекватности модели.

В качестве примера можно воспользоваться решением в 8 для проверки адекватности модели внешней скоростной характеристики.