

Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины

Исследовательский семинар «Экспериментальный раздел магистерской диссертации» профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» относится к модулю «Научно-исследовательская работа» государственного компонента учебного плана магистратуры.

Цель исследовательского семинара:

Целью исследовательского семинара «Экспериментальный раздел магистерской диссертации» профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» является приобретение знаний о современных методах экспериментальных исследований, обеспечивающих наиболее эффективное решение широкого круга прикладных научно-исследовательских задач.

Задачи исследовательского семинара:

Продемонстрировать особенности поиска оптимальных решений и современных методах экспериментальных исследований в области систем ТГВ,

Изучить особенности процессов и установок систем ТГВ на основе имеющегося отечественного и зарубежного теоретического и практического опыта;

В результате изучения дисциплины магистрант должен:

знать

- методы статистической обработки экспериментальных данных;
- методы планирования эксперимента;
- методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности.

уметь

- планировать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования;

- вычислять вероятностные характеристики случайных процессов, проводить их математический анализ;

владеть

- методами сбора, обработки и представления информации для анализа и улучшения качества результатов исследования;

- методами планирования эксперимента, его реализации и математической обработки;

- современными методами компьютерной реализации вероятностных и статистических моделей для решения практических задач.

ЭУМК разработан на основании Образовательного стандарта для специальности 1-70 80 01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»), и предназначен для реализации требований учебной программы по исследовательскому семинару «Экспериментальный раздел магистерской диссертации» для специальности 1-70 80 01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации

«Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»). ЭУМК разработан в полном соответствии с утвержденной учебной программой по учебной дисциплине компонента учреждения высшего образования Исследовательский семинар «Экспериментальный раздел магистерской диссертации».

Цели ЭУМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;

- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют образовательным стандартам высшего образования специальности 1-70 80 01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»), а также учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

Структура электронного учебно-методического комплекса по исследовательскому семинару «Экспериментальный раздел магистерской диссертации»:

Теоретический раздел ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

Раздел контроля знаний ЭУМК содержит материалы для экзамена, позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Вспомогательный раздел включает учебные программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Теория и практика обеспечения надежности, безопасности и долговечности конструкций, зданий и сооружений», список основной и дополнительной литературы.

Рекомендации по организации работы с УМК:

- лекции проводятся с использованием персонального компьютера и мультимедийного проектора;
- при подготовке к экзамену используется конспект лекций, техническая основная и вспомогательная литература;
- экзамен проводится в письменном виде, вопросы для экзамена приведены в разделе контроля знаний.

ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Тема 1 Роль эксперимента в физике и истории науки

Тема 2 Экспериментальные исследования как метод познания

Тема 3 Классификация, принципы и определения экспериментальных методов исследований

Тема 4 Цель, задачи и основные понятия экспериментальных исследований

Тема 5 Физические величины и системы единиц измерения

Тема 6 Основные этапы планирования и проведения эксперимента

Тема 7 Основы анализа данных экспериментальных исследований

III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Вопросы к экзамену

IV ВСПОМАГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

І ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

ТЕМА 1 РОЛЬ ЭКСПЕРИМЕНТА В ФИЗИКЕ И ИСТОРИИ НАУКИ

Процесс познания мира – важнейшая и наиболее ценная часть жизнедеятельности человека. Фундаментальные знания обладают абсолютной ценностью, из которых следуют все практические, так называемые прикладные, знания. Новые фундаментальные знания человек создает путем исследовательских экспериментов. Эксперименту принадлежит ключевая роль в процессе научного познания окружающего мира. Эксперимент позволяет находить решения во всех областях деятельности, например, в производстве необходимых предметов, создании новых технологий, поиске лекарств и способов лечения и т. д.

Это способ создания новых практических знаний, когда оказывается недостаточно имеющихся теоретических знаний или опыта. Эксперимент, как правило, соотносится с теорией, которую он может опровергать или давать основания для создания новых теоретических положений. В эксперименте проверяется не теория в целом, а ее наблюдаемые следствия. Здесь проявляются две функции эксперимента:

- исследовательская, источник теории;
- проверочная, критерий «истинности», непротиворечивости теории.

Выдающийся исследователь П. Л. Капица говорил: «Теория – это хорошая вещь, но правильный эксперимент остается навсегда». Тем самым утверждаются, во-первых, главенствующая роль эксперимента в познании мира и, во-вторых, его фундаментальная ценность.

Что служит ответом на вопрос: откуда мы знаем и почему уверены в том, что все действительно так в окружающем нас мире? Что Земля имеет форму шара? Что в ядре гелия два протона и два нейтрона? Что сила притяжения между двумя телами прямо пропорциональна их массам и обратно пропорциональна квадрату расстояний? Что уравнения Максвелла правильно описывают электромагнитные явления? Мы знаем это из физических экспериментов. Только с помощью эксперимента можно проверить физическую модель. Так, в начале XIX в. в «Кратком руководстве к физике» говорится: «Физика есть сколько приятная, столько и полезная наука, толкующая свойства тел или предметов, нас окружающих. Свойства тел познаются или через наблюдения, когда тело рассматривается в естественном состоянии, т. е. так, как оно есть, или через опыты, когда тело приводят в такое состояние, до которого оно само дойти никогда не сможет».

Физика - наука экспериментальная, основанная на опыте, количественных измерениях и построении математических зависимостей. Универсальность физики, ее полезность, а часто и необходимость для других сфер знания связаны с тем, что физика исследует наиболее фундаментальные, глубинные процессы и структуры материи, создает фундамент практически во всех областях естествознания. Благодаря этому физический эксперимент открывает путь к пониманию мироздания.

Принципы измерения таких базовых величин, как длина, время и масса, известны людям с древних времен. Тогда люди от простого созерцания природных явлений начали постепенно переходить к их изучению с помощью осознанно поставленных экспериментов, результаты которых выражаются числами. Примерно к XVI–XVII вв. сложился принцип физического познания природы, который до сих пор состоит на вооружении у науки и который можно схематически проиллюстрировать следующим образом:

Явление – Гипотеза – Предсказание – Эксперимент – Теория

Для объяснения какого-либо явления сначала формулируют гипотезу, которая могла бы раскрыть его сущность. На основании гипотезы делают предсказание, которое, например, можно представить как некоторое число или набор чисел. Эти числа проверяют экспериментально, производя измерения.

Если числа, полученные в результате эксперимента, согласуются с предсказанным, гипотеза получает ранг физической теории. В противном случае формулируют новую гипотезу, делают новое предсказание и ставят новый эксперимент.

Важно, что результаты эксперимента, также как и предсказания физической модели, не качественные, а количественные, т. е. представляют собой набор чисел. Поэтому сравнение вычисленных и измеренных результатов может стать убедительной однозначной процедурой. В экспериментах используется все многообразие доступных предметов, которые становятся средствами проведения исследования. Из них формируется аппаратура, которая включает в себя как самые простые предметы, так и наиболее сложные. Например, Броун в 1827 г. открыл тепловое движение частиц, наблюдая крупинки торфа в воде. С тех пор хаотическое броуновское движение наблюдают у других частиц вещества, атомов, электронов и т. д. Первую фотографию обратной стороны Луны получили, послав 7 октября 1959 г. с космодрома Байконур ракету – советскую автоматическую межпланетную станцию «Луна-3» со сложнейшей аппаратурой на борту. Большая часть современных исследовательских экспериментов осуществляется с помощью компьютеров методом так называемого компьютерного моделирования. При этом используют как планшеты, так и суперкомпьютеры. У каждого времени, каждого этапа развития человечества были и есть свои различные средства исследования.

[вернуться к оглавлению](#)

ТЕМА 2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК МЕТОД ПОЗНАНИЯ

Наблюдение, научное наблюдение, эксперимент. Гипотеза и верификация.

Наблюдение есть преднамеренное планомерное восприятие объекта или явления, проводимое с целью выявления его существенных свойств или особенностей. Это активная форма познания мира, форма деятельности, требующая уяснения задачи и разработки методики. Наблюдение может производиться по определенному плану, с определенной целью. В процессе наблюдения формируется чувственное восприятие объекта, это исследование объекта в его естественном состоянии, без воздействия со стороны наблюдателя.

Научное наблюдение характеризуется тем, что в процесс наблюдения добавляется измерение параметров объекта, результаты записываются и обрабатываются.

В процессе наблюдения или научного наблюдения исследователь не вмешивается в природу наблюдаемого процесса, не может изучать его «в чистом виде», отделив от среды существования объекта, не может воспроизводить явление столько раз, сколько потребуется, исследовать явление в различных условиях. Изменение процесса исследования требует перехода к эксперименту.

Эксперимент (лат. *experimentum* - опыт, проба, испытание) как общенаучный способ познания занимает важнейшее место в методологии современной науки. В эксперименте, в отличие от наблюдения, создаются условия для более интенсивного анализа, для активного и сознательного воздействия на исследуемые объекты, часто с глубоким вмешательством в те или иные процессы. Основная характеристика эксперимента состоит в том, что экспериментатор (Э) активно воздействует на объект исследования (О) и изучает реакцию объекта на это воздействие:

Экспериментальные исследования основаны на управлении объектом и измерениях эффектов управления, т. е. отклика объекта. Другими словами, эксперимент – это метод исследования, базирующийся на управлении объектом с помощью ряда воздействующих на него факторов, контроль за действием которых осуществляет исследователь.

Таким образом, эксперимент представляет собой процедуру изучения явления в специально создаваемых, контролируемых условиях, позволяющих активно управлять ходом данного процесса, т. е. вмешиваться в него и видоизменять его в соответствии с исследовательскими задачами, а также воспроизводить изучаемое явление при воспроизведении данных условий.

Основой эксперимента является измерение параметров объекта исследований и характеристик воздействия на него. Под измерением понимают получение количественной информации в виде зависимостей измеряемой величины от процедуры измерения в задаваемых условиях.

Научный эксперимент ставится с определенной целью, проводится по подготовленному плану, подразумевает измерения. В научном эксперименте заранее разрабатывают программу исследования, формулируют цели, задачи, предмет и объект исследования, выдвигают гипотезы и разрабатывают методические приемы проверки гипотезы.

Гипотеза представляет собой теоретическое представление о возможном результате будущего эксперимента, построенное на основании предыдущего опыта, а также идей, предположений, вносимых исследователем.

Гипотеза не может быть верифицирована, она может быть лишь не опровергнута. Абсолютного знания не существует, есть только расширение познаний.

Эксперимент обычно проводится с определенной целью и строится на основе некоторой системы научных знаний. В эксперименте исследователь формирует из эмпирической предметности собственный объект исследования и теоретическое знание об этом объекте.

Исследовательский эксперимент строится на основе связи с теорией. Эксперимент и теория – две взаимодополняющие формы познания, две стороны единого процесса познания, но требования к теории и эксперименту неодинаковы. Значение эксперимента часто проистекает из его соотношения с теорией, но эксперимент может иметь и свое собственное значение, не зависящее от теории. В эксперименте проверяется не теория в целом, а ее наблюдаемые следствия. Эксперимент проверяет специфическую интерпретацию данной теории.

Философия дает такое общее определение: эксперимент есть преобразование чувственно-данного предмета с целью его объективного (теоретического) понимания и воплощения в наблюдаемых процессах теоретического конструкта с целью его предметной проверки.

[вернуться к оглавлению](#)

ТЕМА 3 КЛАССИФИКАЦИЯ, ПРИНЦИПЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

В литературе можно найти достаточно много подходов к классификации экспериментов. Из основных разновидностей экспериментов можно отметить:

- по условиям проведения – естественные и искусственные;
- по форме представления результатов – качественные и количественные;
- по целям исследования – преобразующие, модельные, экстремальные, контролирурующие, констатирующие, поисковые, сравнительные, решающие и др.;
- по количеству факторов – однофакторные и многофакторные;
- по степени контролируемости факторов – активные и пассивные (региструемые).

Рассмотрим некоторые виды классификации экспериментов подробнее.

По условиям проведения.

Естественный эксперимент предполагает изучение объекта в реальных условиях его существования и чаще применяется в биологических науках (например, исследование люминесцентных излучений живых клеток). В физике это может быть, например, исследование излучения Вселенной, падающего на поверхность Земли, разряда молний, полярного сияния и других плазменных явлений в атмосфере. В технических науках такой эксперимент используется, например, для испытания изготовленных объектов, в этом случае его называют натурным.

Искусственный эксперимент требует для своего проведения специально создаваемой обстановки и чаще используется в физике, позволяя достичь заданных параметров (например, энергия частиц), обеспечить достаточные условия для устранения побочных факторов, эффективно использовать время и ресурсы. Такие исследования выполняются, например, на ускорителях ионов и электронов.

По форме представления результатов.

Качественный эксперимент дает общее представление о действии тех или иных факторов на исследуемый процесс и обычно используется на этапе поиска, для предварительной оценки. При проведении качественных экспериментов устанавливается факт существования каких-либо явлений, но количественные характеристики при этом не даются. Любой эксперимент заканчивается представлением результатов, формулировкой выводов, выдачей рекомендаций. Эта информация может быть представлена в виде графиков, чертежей, таблиц, формул, статистических данных или словесных описаний. Качественный эксперимент, как правило, предусматривает именно словесное описание.

Однако только словесное описание не позволяет дать количественные рекомендации, анализировать свойства объекта в иных условиях, решать задачи его управления.

Количественный эксперимент подразумевает достаточно точное измерение всех существенных факторов, подробное и точное изучение эффектов.

Позволяет не только фиксировать существование того или иного явления, но и устанавливать количественные взаимосвязи между факторами, определяющими протекание процесса, а также устанавливать математическую модель влияния этих факторов на то или иное явление.

Часто качественные и количественные эксперименты являются этапами одного общего исследования.

По целям исследования.

Преобразующий эксперимент предполагает активное изменение структуры и функций изучаемого объекта, преднамеренное создание условий, которые должны способствовать появлению его новых качеств.

Модельный эксперимент проводится с целью построения теоретической (лабораторной) модели изучаемого объекта.

Экстремальный эксперимент направлен на решение задач оптимизации. Его целью является нахождение таких сочетаний факторов, которые соответствуют оптимальным значениям целевой функции (например, выявление оптимальных режимов, оптимальных составов или конструктивных параметров).

Контролирующий эксперимент решает задачу обеспечения контроля над изучаемым объектом, управления объектом с помощью воздействующих факторов с одновременным изучением изменений его состояния в зависимости от воздействия.

Констатирующий эксперимент представляет собой процедуру проверки какого-либо исходного предположения; целью данного эксперимента является фиксация наличия или отсутствия определенных свойств, отношений, эффектов, состояний и т. п.

Поисковый эксперимент не имеет систематического характера; часто он является лишь начальной стадией в серии экспериментальных исследований. Проводится в тех ситуациях, когда недостаточно известен комплекс факторов, влияющих на изучаемый объект. Такой эксперимент носит поисковый, предварительный характер.

Сравнительный эксперимент преследует обычно весьма простую цель: произвести оценку наличия различий между двумя исследуемыми группами. Также сравнительный эксперимент может проводиться с целью оценки влияния различных факторов на процесс ранжирования их по степени влияния на интересующий показатель процесса.

Важным видом эксперимента является решающий, или критический, эксперимент – эксперимент, исход которого однозначно определяет, является ли конкретная теория или гипотеза непротиворечивой. Этот эксперимент должен дать предсказанный результат, который не может быть выведен из других, общепринятых гипотез и теорий. Для его проведения характерна ситуация, когда две или несколько гипотез примерно в равной степени согласуются с имеющимся эмпирическим базисом и конкурируют друг с другом, претендуя на роль ведущих. В этом случае решающим экспериментом становится такой, результаты которого однозначно свидетельствуют в пользу одной теоретической системы и опровергают альтернативную ей систему. Для этого, конечно, сам эксперимент должен быть спланирован так, чтобы основной вопрос, решаемый в ходе

экспериментального исследования, был сформулирован дихотомически, т. е. чтобы он допускал только два возможных ответа: да или нет.

Примерами решающих экспериментов могут служить: знаменитый маятник Фуко, благодаря которому Ж. Б. Л. Фуко продемонстрировал вращение Земли, доказав справедливость теории Коперника и опровергнув теорию Птолемея; эксперимент И. Ньютона по интерференции света; опыт О. Ж. Френеля с открытием белого пятна в тени диска, благодаря которому была открыта дифракция света и поддержана волновая теория света в противовес корпускулярной. При этом следует заметить, что вопрос о действительной роли решающих экспериментов в развитии научного знания весьма непросто. Далеко не всегда решающий эксперимент расценивается современниками как именно решающий; часто это удается понять лишь намного позже.

По количеству факторов.

Однофакторный, или классический, эксперимент – это эксперимент с одной независимой и одной зависимой переменными. Это понятие базируется на допущении, что исследователь имеет возможность варьировать факторы в исследовательской ситуации и способен выделить изучаемую зависимость в чистом виде.

Однофакторный пассивный эксперимент проводится путем выполнения определенного количества измерений единственного входного параметра и соответствующих значений выходного параметра в дискретные моменты времени. Аналитическая зависимость между этими параметрами вследствие случайного характера возмущающих воздействий рассматривается в виде зависимости математического ожидания от значений, носящей название регрессионной. Целью однофакторного пассивного эксперимента является построение регрессионной модели – установление зависимости $y = f(x)$. Доля однофакторных экспериментов в современной экспериментальной физике невелика и составляет около 2 %.

Многофакторный эксперимент – это эксперимент с несколькими независимыми и обычно одной зависимой переменными. Многофакторный пассивный эксперимент проводится при контроле значений нескольких входных параметров, и его целью является установление зависимости выходного параметра от двух или более переменных: $y = F(x_1, x_2, \dots)$. К его преимуществам относятся эффективность использования времени и средств (что может выражаться в сокращении числа опытов, необходимых для решения исследовательской задачи), а также значительная информативность эксперимента (так как получаемый результат показывает удельный вес каждого фактора в их совокупном действии).

По степени контролируемости факторов.

Активный эксперимент – это такой эксперимент, когда уровень (значение) фактора для каждого опыта задает исследователь. Он целенаправленно изменяет условия функционирования процесса и наблюдает результаты. Такой эксперимент можно планировать.

Активный эксперимент предполагает возможность существенного управления независимыми переменными в соответствии с планом, отвечающим определенным требованиям. К активному планируемому эксперименту относят исследования, которые состоят из нескольких этапов, связанных между собой таким

образом, что результаты обработки эксперимента, выполненного на предыдущем этапе, используются для разработки стратегии опытов последующего этапа.

Но не всегда независимая переменная хорошо контролируема. Иногда исследователь может лишь констатировать изменение переменной, не имея возможности целенаправленно воздействовать на нее. В этом случае имеет место ситуация пассивного, или регистрирующего, эксперимента.

Пассивный эксперимент - это эксперимент, в котором исследователь регистрирует уровень факторов в каждом опыте, но не задает его значение. Здесь экспериментатор наблюдает за поведением зависимой переменной, стараясь извлечь максимум информации об изучаемых взаимосвязях. В дальнейшем он обрабатывает результаты такой регистрации и пытается их интерпретировать. По существу такой эксперимент является научным наблюдением. Помимо перечисленных в методологии науки называют и другие виды экспериментов. Приведем несколько примеров. Отсеивающий эксперимент позволяет отобрать основные, наиболее значимые факторы, влияющие на процесс или явление, без установления количественных соотношений между ними.

Экстраполирующий эксперимент – эксперимент, поставленный с целью предсказания явления, оценки его протекания в дальнейшем (экономическое прогнозирование, предсказание погоды, предсказание нагрузки электросистем).

Творческий эксперимент обычно предполагает своей целью открытие нового явления, объяснение неизвестного ранее эффекта.

Компьютерный (численный) эксперимент – это эксперимент над математической моделью объекта исследования на ЭВМ, который состоит в том, что по одним параметрам модели вычисляют другие ее параметры и на этой основе делают выводы о свойствах объекта, описываемого математической моделью. Данный вид эксперимента можно лишь условно отнести к эксперименту, потому как он не отражает природные явления, а лишь является численной реализацией созданной человеком математической модели. Действительно, при некорректности математической модели ее численное решение может расходиться с физическим экспериментом. Этот вид эксперимента также называют математическим, или вычислительным, экспериментом, так как на основе компьютерной обработки введенных данных получают результат в виде математического решения той или иной задачи. К преимуществам математического эксперимента, способствовавшим его широкому применению в современной науке, относится помимо высокой точности проводимых расчетов то, что в таком исследовании каждый участвующий фактор можно свободно варьировать без риска катастрофических последствий, который может возникнуть в натурном эксперименте. Типичные эксперименты, выполняемые с помощью суперкомпьютеров, – это моделирование глобальных явлений в атмосфере и предсказание погоды, моделирование извержений вулканов и океанических штормов, атакже ядерных взрывов.

[Вернуться к оглавлению](#)

ТЕМА 4 ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целями эксперимента обычно являются:

- получение новых эмпирических данных, подлежащих дальнейшему обобщению;
- выявление согласования или противоречия с имеющимися гипотезами или теориями.

Можно выделить две функции эксперимента:

- исследовательскую, когда эксперимент является источником теории;
- проверочную, когда эксперимент выступает как критерий истинности.

Из важнейших требований, предъявляемых к постановке эксперимента, можно отметить следующие:

- чистота, т. е. такая постановка опыта, чтобы на изучаемый процесс не накладывались посторонние связи;
- воспроизводимость – эксперимент должен быть осуществлен и описан так, чтобы он мог быть повторен другими исследователями;
- точность – эксперимент должен соответствовать поставленной задаче.

В экспериментальной физике данные о параметрах исследуемого объекта получают из измерений. Таким образом, в основе эксперимента – измерение параметров объекта при определенных на него воздействиях. Одной из задач проведения эксперимента является поиск таких параметров физических явлений, которые можно измерить, получив числовые значения. Между этими измеренными значениями можно установить определенную функциональную зависимость. Свойства физических объектов и процессов, которые можно прямо или косвенно измерить, называют физическими величинами. Значение физической величины представляет собой оценку размера этой величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц. Физические законы, связывающие между собой эти величины, представляют в виде математических уравнений.

При измерении физической величины ее значение G сравнивают с единицей измерения $[G]$. Число, которое получается при измерениях, называют числовым значением $\{G\}$ физической величины. Поэтому любую физическую величину можно представить в виде выражения

Физическая величина – это одно из свойств физического объекта (физической системы или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Единица измерения физической величины – это физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено значение, равное 1, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

Значение физической величины – это оценка размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц.

Измерение - это получение количественных значений измеряемых физических величин в виде зависимостей параметров объекта от координат и времени в условиях воздействия. Путем измерений сопоставляются две группы факторов:

- предсказанные теорией;
- найденные в результате измерений.

Измерить непосредственно интересующие параметры объекта бывает очень сложно. Поэтому выделяют два вида измерений – прямые и косвенные

Прямое измерение – это измерение, при котором значение измеряемой величины непосредственно считывается со шкалы прибора, проградуированного в соответствующих единицах измерения. Уравнение прямого измерения имеет вид, где x – значение измеряемой величины; C – цена деления шкалы прибора в единицах измеряемой величины; n – отсчет по индикаторному устройству в делениях шкалы.

В качестве примеров прямого измерения можно привести измерение длины предмета с помощью линейки или микрометра, измерение силы тока амперметром, измерение температуры термометром и т. д..

Косвенным называется измерение, результат которого определяют на основании прямых измерений величин, связанных с измеряемой величиной известной зависимостью. Уравнение косвенного измерения имеет вид

где x - искомая величина, являющаяся функцией величин y_1, y_2, \dots, y_n , измеряемых прямым методом.

Примерами таких измерений можно назвать определение объема тела по прямым измерениям его геометрических размеров, нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения.

Косвенные измерения распространены в тех случаях, когда искомую величину невозможно или слишком сложно измерить непосредственно или когда прямое измерение дает менее точный результат. Роль их особенно велика при измерении величин, недоступных непосредственному экспериментальному сравнению (например, размеров астрономического или внутриатомного порядка).

Измерения классифицируются, в частности, по точности – равноточные и неравноточные; по числу измерений – однократные и многократные; по характеру изменения измеряемой величины – статические и динамические; по метрологическому назначению – метрологические и технические; по общим приемам получения результатов – прямые, косвенные, совместные и совокупн.

Под методом измерений понимают совокупность физических явлений, устанавливающих связи между параметрами исследуемого объекта и измеряемыми величинами.

Способ измерения – совокупность операций, выполняемых при осуществлении измерений. Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

[вернуться к оглавлению](#)

ТЕМА 5 ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ И СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ

Размерность физической величины показывает, как связана данная величина с основными физическими величинами, поэтому нет нужды отдельно определять единицу измерения для каждой физической величины: они выражаются через произведение основных физических единиц с целыми показателями степени и численных множителей. Следует отметить, что физическая величина и ее размерность – разные понятия. Одинаковую размерность могут иметь совершенно разные по своей природе физические величины; например, работа и вращающий момент или сила электрического тока и напряженность магнитного поля. Размерность не содержит информации о том, является ли данная физическая величина скаляром, вектором или тензором. Однако размерность важна для проверки правильности соотношений между физическими величинами.

Многие физические величины связаны между собой математическими уравнениями, но можно выделить несколько независимых величин, которые не сводятся одна к другой. Их называют основными физическими величинами.

В 1960 г. было заключено международное соглашение о выборе основных физических величин. Эти величины, а также производные физические величины составляют основу Международной системы единиц СИ (Système International d'Unités), Международная система единиц – система единиц, основанная на Международной системе величин, вместе с наименованиями и обозначениями, а также набором приставок и их наименованиями и обозначениями вместе с правилами их применения, принятая XI Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 г., последующие конференции внесли в СИ ряд изменений.

СИ определяет семь основных и производные единицы физических величин, а также набор приставок. Установлены стандартные сокращенные обозначения для единиц и правила записи производных единиц.

Основными единицами физических величин являются: килограмм, метр, секунда, ампер, кельвин, моль и кандела. В рамках СИ считается, что эти единицы имеют независимую размерность, т. е. ни одна из основных единиц не может быть получена из других.

Производные единицы определяются из основных через алгебраические действия, такие, как произведение и деление основных величин. Наиболее важные из них имеют собственные названия и краткие обозначения (например, радиан).

Приставки можно использовать перед названиями единиц; они означают, что единицу нужно умножить или разделить на определенное целое число, являющееся степенью числа 10. Например, приставка «кило» означает умножение на 1000 (1 километр = 1000 метров). Приставки СИ называют также десятичными приставками, с их помощью обозначают кратные (единицы, которые в целое число раз превышают основную единицу измерения некоторой физической величины) и дольные (составляют определенную долю от установленной единицы измерения величины) единицы. Для кратных единиц используют такие приставки: гекто-, кило-, тера-; для дольных – фемто-, нано-, деци- и пр.

[вернуться к оглавлению](#)

ТЕМА 6 ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Рассмотрим основные этапы эксперимента:

- постановка задачи;
- предварительное изучение объекта исследования;
- выбор метода и/или разработка методики исследования;
- проведение экспериментальных исследований;
- обработка полученных экспериментальных результатов;
- оформление полученных данных и формулировка выводов.

Первым шагом при проведении экспериментальных исследований является постановка физической задачи, которая формулируется на базе анализа априорной информации. Это один из наиболее важных и сложных этапов исследования. Правильная постановка задачи в значительной мере предопределяет успех всей проводимой работы.

Второй этап – анализ, выбор и правильная подготовка объекта исследования, что также является неотъемлемой частью постановки эксперимента.

Стадия предварительного изучения объекта исследования важна, так как только после изучения его известных свойств и характеристик можно составить представление о работе и дальнейшем исследовании объекта.

Стандартизация процедуры подготовки образцов при проведении серии измерений оказывает существенное влияние на полученные результаты и минимизацию случайных ошибок.

Следующим ответственным этапом является выбор методов и/или разработка методики измерений. Каждая оригинальная экспериментальная работа выполнена с использованием своей методики, т. е. рационального набора средств измерений, составленных определенным образом и предназначенных для исследования конкретного объекта или явления. Экспериментатору важно выбрать и разработать методику, позволяющую изучить свойства или параметры системы, исследование которых было запланировано при постановке задачи.

При этом необходимо минимизировать воздействие на измерительный процесс внешних факторов, влияние которых не изучается при решении данной задачи.

Для проведения экспериментальных исследований обычно используется экспериментальная установка – совокупность средств измерения, представляющая собой единую конструкцию и предназначенная для измерения определенной физической величины или изучения процесса.

Экспериментальная установка должна пройти этап апробации и тестирования (а при необходимости - и сертификации) ее наиболее ответственных узлов. Поэтому в начале работы обычно проводятся контрольные измерения. Основные принципы обработки экспериментальных данных и оформления результатов рассмотрены в следующих разделах.

[вернуться к оглавлению](#)

ТЕМА 7 ОСНОВЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении экспериментальных исследований одной из важных задач является краткое и грамотное описание полученных данных с оценкой статистической значимости различий и проверкой выдвинутых гипотез. Далее будут рассмотрены основные типы ошибок и базовые принципы обработки и представления результатов измерений.

Ошибки измерений

В результате измерений экспериментатор получает числовые значения нужной физической величины. При прямых измерениях эти значения получаются непосредственно, а при косвенных измерениях вначале определяют одну или несколько исходных физических величин, а затем по их значениям вычисляют нужную величину.

При многократном повторении одного и того же измерения получают числовые значения, отличающиеся друг от друга в каком-то диапазоне. Поэтому возникает вопрос об истинном значении изучаемой физической величины, а также о точности, с которой его можно определить по имеющимся данным.

Отклонения результатов измерения x от «истинного» значения x_0 (определение «истинного» значения будет рассмотрено далее) называют ошибками измерения e : $e = x - x_0$.

Ошибки измерений физических величин необходимо проанализировать, попытаться установить их причину и свести их к минимуму.

Ошибки измерений можно разделить на три основные группы:

- систематические;
- случайные (или статистические);
- грубые.

Перечисленные виды ошибок можно проиллюстрировать условной схемой, представленной на рис.3.1. Систематические ошибки приводят к смещению группы полученных значений относительно истинного. Случайные ошибки определяют разброс значений относительно «истинного» значения.

Систематические ошибки – это ошибки, которые вызываются факторами, действующими одинаковым образом при многократном повторении одних и тех же измерений. Наглядным примером такой ошибки можно назвать измерение роста группы студентов в обуви – в таком случае полученный результат будет отличаться от истинного на толщину подошвы. Систематические ошибки имеют множество причин, и их обычно трудно обнаружить, поскольку при повторении измерений они, как правило, сохраняют свое значение. Прибор может давать очень малый разброс показаний, но результат будет неверным вследствие наличия систематической ошибки.

Типичными источниками систематических ошибок можно назвать:

- несовершенство используемой измерительной аппаратуры (ошибки линейности, градуировки, калибровки, дрейф нулевой точки и т. п.);
- несовершенство используемого метода измерений;
- плохая настройка измерительной аппаратуры;

- недостаточная стабильность условий опыта;
- влияние окружающей среды;
- постоянные ошибки экспериментатора;
- неучтенные влияния других параметров.

Наличие систематических погрешностей может быть обнаружено путем анализа условий измерения одного и того же значения измеряемой величины разными методами или приборами. Систематические погрешности нельзя уменьшить увеличением числа проводимых измерений. Должны устраняться вызывающие их причины. Общим методом выявления причин систематических погрешностей является калибровка (поверка), которая представляет собой поверку прибора во всем диапазоне измеряемой величины с помощью известного эталона. Следует отметить, что постоянное совершенствование экспериментальной техники во многих случаях позволяет избежать систематических ошибок. Например, в прошлом исследования атомных и молекулярных частиц были сильно затруднены взаимодействием этих частиц с молекулами остаточных газов, но после внедрения безмасляных мембранных и турбомолекулярных насосов проведение опытов в сверхвысоком вакууме позволило почти полностью исключить систематические ошибки такого рода.

Систематическая погрешность может оставаться постоянной или закономерно меняться при повторных измерениях одной и той же физической величины. Примером переменной систематической погрешности может быть погрешность измерения напряжения источника питания, если результат измерения зависит от напряжения. Отличительной особенностью систематических ошибок является то, что при их обнаружении они могут быть почти полностью устранены или учтены введением соответствующей поправки, однако их нахождение является сложной задачей. Источники подобных ошибок всегда стараются устранить, однако в эксперименте всегда остается вероятность неучтенной систематической ошибки.

Случайные ошибки – это неустраняемые флуктуации измеряемых величин на уровне их малых значений, они всегда присутствуют в эксперименте и являются причиной разброса результатов повторных измерений как между собой, так и относительно «истинного» значения измеряемой величины. Случайный характер таких ошибок является постулатом. Значение этой погрешности не может быть определено в каждом эксперименте, поэтому измерения повторяются определенное количество раз, а полученная совокупность данных обрабатывается с помощью методов теории вероятностей и математической статистики. Увеличивая число измерений, можно получить достаточно точную оценку случайной ошибки. В экспериментальной физике случайным ошибкам уделяют наибольшее внимание.

К ошибкам третьего типа относят грубые ошибки, или промахи, которые возникают вследствие непредвиденного изменения условий эксперимента, низкого качества измерений, поломок прибора, ошибок экспериментатора, механических ударов прибора, неправильной регистрации показаний прибора, отключения источника питания и т. п. Результат, содержащий грубую ошибку,

резко отличается от остальных измерений. Такие результаты должны быть исключены из рассмотрения до обработки результатов эксперимента.

Существует следующая трактовка влияния разных видов ошибок:

- систематические ошибки влияют на правильность результата;
- случайные ошибки влияют на точность измерений;
- грубые ошибки дают «выпадающие» из общего диапазона значения, которые следует удалять.

Точность эксперимента, отражающая близость полученных результатов к «истинному» значению искомой величины, тем выше, чем меньше его погрешность. Следует отметить, что истинных значений экспериментально измеряемых величин не бывает. Некоторые авторы говорят о возможности применения термина «истинное значение» только к таким фундаментальным физическим постоянным, как скорость света, заряд электрона и другим, которые, вероятно, имеют точные значения, а приводимый разброс связан с ограничением точности измерений.

Истинное значение всех остальных экспериментально измеряемых величин может быть определено только как некоторое математическое ожидание (среднее значение случайной величины в теории вероятностей).

Истинное значение величины, определяемой в результате эксперимента, всегда остается неизвестным, поэтому и погрешности эксперимента могут быть оценены лишь приближенно.

Отклонение измеренного значения x определяемой величины от истинного ее значения называется погрешностью Δx i -го измерения. Полная погрешность измерений является суммой указанных составляющих и может быть представлена в абсолютном, относительном или нормированном виде.

В качестве нормирующего значения используют некоторое постоянное условно принятое значение величины, имеющее размерность измеряемой величины. В качестве нормирующего множителя может выступать, например, верхний предел показаний прибора или абсолютное значение разности верхнего и нижнего пределов шкалы.

Понятие ошибки измерения имеет прямое отношение к таким вопросам, как цель эксперимента, его метод и значимость. Важно планировать и проводить эксперимент так, чтобы точность окончательного результата соответствовала его цели.

В качестве наглядного примера неудачной интерпретации экспериментальных данных по причине ошибочного представления погрешности эксперимента можно привести «открытие» холодного ядерного синтеза в 1989 г. .

Исследователи из университета г. Юта (США) Стенли Понс и Мартин Флейшман объявили, что им удалось осуществить ядерный синтез на установке, состоящей из палладиевых цилиндров, погруженных в сосуд с дейтерием.

Ученые установили, что их прибор испускает нейтроны и гамма-лучи, что является свидетельством ядерной, а не химической реакции. Это заявление вызвало огромный интерес в научном мире и прессе. Говорилось о начале новой эры дешевой и неограниченной энергии для всего человечества. Однако эти утверждения оказались неверными. Наряду с другими экспериментальными по-

грешностями Понс и Флейшман пренебрегли простой процедурой оценки ошибок экспериментальных данных. Зафиксированные ими результаты не превышали обычного фона излучения в университете.

[вернуться к оглавлению](#)

III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Основные задачи исследовательской работы. Основные понятия и определения.
2. Классификация экспериментальных исследований.
3. Общая характеристика объекта исследования
4. Методология научного исследования.
5. Эмпирическое и теоретическое исследование.
6. Натурные и модельные эксперименты.
7. Ступени и уровни научного исследования.
8. Методы эмпирического исследования. Наблюдение, измерение, эксперимент.
9. Методы теоретического исследования.
10. Идеализация, формализация, принятие гипотезы, создание теории.
11. Физические и математические модели.
12. Основные этапы научного исследования.
13. Анализ современного состояния рассматриваемой проблемы.
14. Анализ полученных результатов и их оформление.
15. Оценка погрешностей результатов эксперимента.
16. Основные понятия теории погрешностей.
17. Ошибки измерений: систематические, случайные, промахи.
18. Классификация ошибок.
19. Экспериментальная оценка характеристик средств измерения.
20. Абсолютная и относительная погрешность.
21. Математическое выражение погрешностей.
22. Понятия об абсолютной и относительной погрешности.
23. Теория планирования эксперимента.
24. Основные понятия и определения теории планирования эксперимента.
25. Целевая функция, выбор варьируемых переменных, план эксперимента.
26. Основы теории построения эмпирических зависимостей по экспериментальным данным.
27. Средства измерений.
28. Измерение температуры. Термометры расширения, термоэлектрические термометры сопротивления, пирометры излучения.
29. Измерение давления. Виды средств измерения. Жидкостные приборы для измерения давления.
30. Методика измерения давления.
31. Измерение расхода и количества вещества.
32. Счетчики, физические газоанализаторы.

[вернуться к оглавлению](#)

IV ВСПОМАГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор БрГТУ

_____ М.В.Нерода

« » _____ 2021 г.

Регистрационный № УД- _____ /уч.

Исследовательский семинар «Экспериментальный раздел магистерской диссертации»

Учебная программа для специальности:

1-70 80 01 Строительство зданий и сооружений

Профилизация: Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна

2021 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта
(название образовательного стандарта)

ОСВО 1- 70 80 01-2019, утв. Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 81 от 26.06.2019 и учебного плана высшего образования второй ступени (магистратуры) по специальности 1-70 80 01 Строительство зданий и сооружений (профилизация «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»).

СОСТАВИТЕЛЬ:

Новосельцев В.Г., заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Новик Ю.Н., главный эксперт отдела экспертизы инженерного обеспечения управления экспертизы проектно-сметной документации дочернего республиканского унитарного предприятия «Госстройэкспертиза по Брестской области»
Шостак Д.Ю., главный специалист теплоснабжения и вентиляции ОАО «Брест-проект».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции
Заведующий кафедрой _____ подпись В.Г.Новосельцев
(протокол № _____ от _____ 20 ____);

Методической комиссией факультета инженерных систем и экологии
Председатель методической комиссии _____ подпись О.П.Мешик
(протокол № _____ от _____ 20 ____);

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № _____ от _____ 20 ____)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Место исследовательского семинара.

Исследовательский семинар «Экспериментальный раздел магистерской диссертации» профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» относится к модулю «Научно-исследовательская работа» государственного компонента учебного плана магистратуры.

Цель исследовательского семинара:

Целью исследовательского семинара «Экспериментальный раздел магистерской диссертации» профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» является приобретение знаний о современных методах экспериментальных исследований, обеспечивающих наиболее эффективное решение широкого круга прикладных научно-исследовательских задач.

Задачи исследовательского семинара:

Продемонстрировать особенности поиска оптимальных решений и современных методах экспериментальных исследований в области систем ТГВ,

Изучить особенности процессов и установок систем ТГВ на основе имеющегося отечественного и зарубежного теоретического и практического опыта;

В результате изучения учебной дисциплины формируются следующие компетенции:

УПК-1: владеть теорией надежности, уметь анализировать и выявлять факторы, влияющие на безопасность производственных объектов и систем ТГВ при их проектировании, эксплуатации, модернизации и реконструкции, знать практические приемы обеспечения долговечности систем ТГВ.

УПК-4: Владеть методами планирования эксперимента, математической статистики, математического анализа и моделирования, применять полученные знания в научно-исследовательской работе

В результате изучения дисциплины магистрант должен:

знать

– методы статистической обработки экспериментальных данных;

- методы планирования эксперимента;
- методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности.

уметь

- планировать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования;
- вычислять вероятностные характеристики случайных процессов, проводить их математический анализ;

владеть

- методами сбора, обработки и представления информации для анализа и улучшения качества результатов исследования;
- методами планирования эксперимента, его реализации и математической обработки;
- современными методами компьютерной реализации вероятностных и статистических моделей для решения практических задач.

Связи с другими учебными дисциплинами

Перечень дисциплин, необходимых для изучения исследовательского семинара «Экспериментальный раздел магистерской диссертации» профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»: отопление, вентиляция, газоснабжение, теплоснабжение, кондиционирование воздуха и холодоснабжение, высшая математика.

План учебной дисциплины для заочной формы получения высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
1-70-80-01	Строительство (ТГВиОВБ)	1	1	198	7							экзамен

1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1.1. ВОПРОСЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ

Основные задачи исследовательской работы. Основные понятия и определения. Классификация экспериментальных исследований. Общая характеристика объекта исследования

Методология научного исследования. Эмпирическое и теоретическое исследование. Натурные и модельные эксперименты. Ступени и уровни научного исследования. Методы эмпирического исследования. Наблюдение, измерение, эксперимент. Методы теоретического исследования. Идеализация, формализация, принятие гипотезы, создание теории. Постановка задач исследований. Физические и математические модели. Основные этапы научного исследования. Анализ современного состояния рассматриваемой проблемы. Анализ полученных результатов и их оформление.

Оценка погрешностей результатов эксперимента. Основные понятия теории погрешностей. Ошибки измерений: систематические, случайные, промахи. Классификация ошибок. Экспериментальная оценка характеристик средств измерения. Абсолютная и относительная погрешность. Математическое выражение погрешностей. Понятия об абсолютной и относительной погрешности.

Теория планирования эксперимента. Основные понятия и определения теории планирования эксперимента. Целевая функция, выбор варьируемых переменных, план эксперимента. Основы теории построения эмпирических зависимостей по экспериментальным данным.

Средства измерений. Измерение температуры. Термометры расширения, термоэлектрические термометры сопротивления, пирометры излучения. Датчики и вторичные приборы. Измерение давления. Виды средств измерения. Жидкостные приборы для измерения давления. Методика измерения давления. Измерение расхода и количества вещества. Счетчики, физические газоанализаторы.

2. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Перечень литературы

Основная

1. Теоретические основы и практика научных исследований: учеб. пособие / Н. Г. Эйсмонт, В. В. Даньшина, С. В. Бирюков ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2018

2. Теория и практика научного эксперимента: учебное пособие / И.К. Будникова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2014. – 132 с.

3. Жарский, И. М. Планирование и организация эксперимента: Учебное пособие / И. М. Жарский, Б. А. Каледин, И. Ф. Кузьмицкий. – Мн.: БГТУ, 2003.

4. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов / И.Б. Рыжков. –2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2013. – 224 с.

Дополнительная

1. Рогов, В. А.Методика и практика технических экспериментов : учеб. пос. / Г. Г. Позняк. - М. : Академия, 2005. - 288 с.

2. Космин, В. В. Основы научных исследований (Общий курс) [Текст] : учебное пособие / В. В. Космин. - 2-е изд. - М. : ИНФРА-М, 2014. - 214 с.

3. Кузнецов И.Н. Основы научных исследований: учеб. пособие / И.Н. Кузнецов. – М.: Дашков и К, 2014. – 284 с.

4. Кожухар, В. М. Основы научных исследований : учеб. пособие /В. М. Кожухар. – М. : Дашков и К°, 2010. – 216 с

5. Рожков, Н. Ф. Планирование и организация измерительного эксперимента : учеб. пособие / Н. Ф. Рожков. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2009. – 132 с.

6. Потапов, В. И. Как выполнить научное исследование, написать, оформить и защитить магистерскую диссертацию : учеб. пособие / В. И. Потапов, Д. В. Постников. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. – 117 с.

[вернуться к оглавлению](#)