УДК 536.212.3:378.147

ПРИМЕР ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ТЕОРИИ ТЕПЛООБМЕНА В МОСКОВСКОМ ПОЛИТЕХЕ

Андреенков А.А.

Дементьев А.А.

Московский политехнический университет (107023, г. Москва, ул. Б.Семёновская, д. 38) e-mail: mospolytech@mospolytech.ru

На практические и лабораторные занятия по общетехническим дисциплинам отводится значительная доля времени аудиторных занятий. Для преподавателей является важным организовать эти занятия так, чтобы уровень знаний учащихся повышался. При этом проведение практических занятий становится предпочтительным из-за невысокой материально-технической составляющей. Но в этих случаях отмечается снижение результатов процесса обучения из-за потери учащимся мотивации к действию и ослабления самоконтроля. Возникает необходимость формирования контрольно-побудительного аспекта, который ненавязчиво, но методично, способствовал бы активации ресурсов самоконтроля. Рассмотренный пример организации практических занятий по теории теплообмена предлагает использовать компьютерные технологии. Реализуется данный подход построением материалов задания в виде блоков, с последующим его выполнением на компьютере, что показано на примере занятия, посвященного изучению теплоотдачи при свободной конвекции в неограниченной среде. Алгоритму и методика проведения занятия, рассмотренные в статье, позволили авторам разработать несложную компьютерную программу. Преподаватели технического вуза без проблем могут разработать аналогичные. Программа генерирует исходные данные числовой задачи, осуществляет пошаговый контроль выполнения задания учащимся по каждому из трех вариантов теплоносителей. Выполняя задание, учащийся знакомится с критериальным методом решения задач теории теплообмена.

Ключевые слова: практическое занятие, критерий подобия, свободная конвекция.

EXAMPLE OF COMPUTERIZED PRACTICAL LESSONS ON THE THEORY OF HEAT TRANSFER IN THE MOSCOW POLYTECHNIC UNIVERSITY

Andreyenkov A.A.

Dementyev A.A.

Moscow Polytechnic University (107023, Moscow, B. Semenovskaya str., 38) e-mail: mospolytech@mospolytech.ru

Practical and laboratory lessons on technical disciplines have a large percentage of classroom time. For teachers it is important to organize these activities so that the level of knowledge of students will be increased. The practical training is getting preferred due to the low logistical component. But in these cases there is a decrease in the results of the learning process due to the loss of students ' motivation to action and the weakening of self-control. There has to be control and motive aspect, which unobtrusively but systematically, would facilitate the activation of resources of self-control. The example of organization of practical lessons on the theory of heat exchange proposes to use computer technology. This approach is implemented with materials submission by blocks, followed by performing on computer, as shown in the example of the lesson devoted to the study of heat transfer at free convection in an unlimited environment. The authors made a simple computer program, which realized the algorithm and task execution for the class, as discussed in the article. Teachers of technical University can easily develop the same. The program generates original data of the example, provides step-by-step control of execution of students tasks at each of the three variants of heat transfer fluids. Thus, student learns the criterion method for tasks deciding of the theory of heat transfer.

The Key Words: practical lesson, similarity criterion, free convection.

Учитывая требования федерального образовательного стандарта высшего образования, учебные планы разрабатываются вузами таким образом, что лекциям по общетехническим дисциплинам отводится, как правило, существенно меньше времени, чем лабораторным и практическим занятиям. Принятое перераспределение аудиторных часов в пользу указанных занятий нельзя не признать положительным моментом – их вклад в

изучение дисциплины и формирование соответствующих составляющих компетенций общеизвестен: они, в частности, подвигают учащегося на индивидуальное творчество и развивают у него соответствующие навыки, активизируют усвоение материала, и вообще характеризуются повышенной результативностью остаточных знаний.

Вместе с тем, на преподавателей вузов ложится основное бремя поиска ответа на вопрос: как подготовить материалы и организовать аудиторные занятия по дисциплине, чтобы информации была наилучшим образом представлена и усвоена учащимся?

В данной статье вариант ответа на данный вопрос рассмотрен в контексте организации практического занятия по теории теплообмена, как дисциплины, которая изучается практически во всех технических вузах, но с учетом конкретного направления или специализации студентов.

Вопросы по организации лабораторных занятий не рассматриваются в данной публикации, но следует отметить, что их перечень обусловлен, как правило, наличием и доступностью материальной базы, со всеми сопровождающими нюансами и вытекающими отсюда последствиями, которые, как представляется, и усилили тенденции перехода от физических (натурных) экспериментов к выполнению виртуальных работ. Подчас, именно «материально-технические затруднения» являются весомым аргументом для введения вместо лабораторного практикума решение задач на практических занятиях.

Итак, концепция практических занятий позволяет минимизировать материальную составляющую для их реализации: очевидно, основа практических занятий по теории теплообмена – это числовое решение задач, в условии которых моделируют практические примеры (технические явления), а поиск решения может носить коллективный или индивидуальный характер – такая практика общепринята в высшей школе.

Вместе с тем, учитывая специфику теории теплообмена, предлагаемые задачи должны численно проиллюстрировать или дать качественно-количественную оценку рассматриваемым явлениям или теоретическим положениям.

С этой целью учащимся предлагаются для решения задачи сравнительного характера, которые предусматривают анализ результатов выполненных расчетов, подчас, весьма громоздких. В этом случае, серия расчетов является необходимым условием для последующего анализа расчетных значений и формулировки окончательного вывода (заключения) по полученным результатам.

Легко заметить, что доминирование расчетной – математической – составляющей, безусловно, важной и значимой, «заслоняет» собственно теплофизический аспект примера. Ресурсы учащегося – внимание, усидчивость – расходуются на этом неотъемлемом, но продолжительном подготовительном этапе, что затрудняет и приостанавливает движение к

выполнению анализа: правильная реализация формульно-математического аппарата представляется учащемуся конечной целью, поэтому, считая задачу выполненной, субъект, что называется, «выключается из процесса» по факту выполнения работы, как ему кажется.

Задачей преподавателя становится «обратная перенастройка» учащегося на основную цель, но она представляется новой, поставленной сверх той, которую он вроде бы достиг. Таким образом, учащийся воспринимает происходящее, как воздействие негативного раздражающего фактора, что ослабляет его интерес к процессу и препятствует осмысленному участию и восприятию хода занятия, превращая последнее в рутину.

В итоге, его внимание рассеивается, теряется самоконтроль – учащийся постепенно самоустраняется от участия в работе, вплоть до интеллектуальной пассивности [1].

Таким образом, основная сложность видится не только в правильной постановке и раскрытии смыслового содержания числового примера, а в сосредоточении и удержании внимания учащегося на изначальной цели и в координации направления её достижения. При этом, как показывает преподавательский опыт, возникает некоторое противоречие: преподавателю необходимо избегать постоянного напоминания и указок, чтобы многократное повторение не нивелировало новизну и актуальность смысловой составляющей задачи и не пресекло самостоятельность творчества, но при этом побудительный аспект должен присутствовать и чувствоваться учащимся.

Как вариант решения данного вопроса видится в организации выполнения задания на практическом занятии по некоторому подобию «дорожной карты», когда логически преемственная последовательность пунктов, с «прозрачностью» и с контролем правильного выполнения в режиме реального времени, однозначно приводит к достижению изначально поставленной цели. Это осуществляется структурированием материала в виде информационных блоков, содержащих сведения по теории и математическому аппарату, справочные величины, и выполнением задания на компьютере, с отражением промежуточных результатов и конечных числовых ответов в бланке протокола для последующего анализа [2], [4].

Учитывая специфику рассматриваемой дисциплины, в предлагаемых задачах акцент сделан на изучение положений теории подобия: обобщенные координаты и критериальные уравнения для подобных явлений.

В качестве примера рассмотрим компьютеризированное практическое занятие по теме «Теплоотдача при свободной конвекции в неограниченной среде», как наиболее простую и наглядную задачу для первого знакомства учащегося с критериальными уравнениями. Чтобы у читателя сформировалось представление о выполняемом учащимися задании, ниже приводятся необходимые сведения, не перегруженные формулами, – для подробного

знакомства и изучения, например, [5].

Так, конвекция – процесс распространения теплоты путем перемещения жидкости или газа в пространстве между областями с разными температурами. Свободная конвекция происходит в неравномерно нагретых текучих средах, находящихся в поле действия гравитационных, центробежных или каких-либо других массовых сил; для «чистоты» рассмотрения явления вводится, как правило, условие неограниченного объема среды. В этих случаях, из-за разности плотностей нагретых и холодных слоев в среде возникает подъемная (архимедова) сила, которая вызывает перемещение более легких объемов жидкости или газа вверх. На их место опускаются холодные слои, обладающие большей плотностью.

Широко распространенным сложным явлением теплообмена является теплоотдача, которая представляет собой процесс переноса теплоты между поверхностью твердого тела и движущейся текучей средой. В этом процессе частицы теплоносителя, непосредственно соприкасающиеся с твердой поверхностью, обусловливают теплообмен теплопроводностью, в остальной части потока теплообмен осуществляется теплопроводностью и конвекцией.

Тепловой поток, передаваемый теплоотдачей, рассчитывают с помощью закона Ньютона-Рихмана. В данном уравнении ключевым элементом является осредненное значение коэффициента теплоотдачи между жидкостью и поверхностью твердого тела, значение коэффициента теплоотдачи зависит от большого числа абсолютных величин (температуры среды и поверхности объекта, теплофизические параметры теплоносителя, размеры и форма поверхности тела и др.). Такая многопараметрическая зависимость и взаимное влияние аргументов друг на друга создают известные трудности с представлением и непосредственным получением значения коэффициента теплоотдачи по справочным данным.

Вместе с тем, учение об условиях подобия физических явлений – теория подобия – вводит критерии подобия – безразмерные комплексы, составленные из размерных физических величин, они определяют рассматриваемые физические явления и дают смысловое значение тому или иному критерию подобия.

Числа подобия, составленные из величин, заданных при математическом описании процесса, являются определяющими критериями подобия, а числа подобия, содержащие определяемую величину, – определяемыми. Использование критериев подобия упрощает выполнение расчетов, в том числе при обработке экспериментальных данных; критерии подобия позволяют получить по результатам исследования ряда подобных явлений единую зависимость – обобщить результаты, – а также распространить результаты отдельного опыта на множество подобных явлений. Поэтому критерии подобия особенно важны для

физического моделирования технических устройств или явлений, что проще и дешевле испытаний натурных объектов.

Для теплоотдачи существует функциональная зависимость между определяемой обобщенной переменной числом Нуссельта и определяющими числами Рейнольдса, Грасгофа, Прандтля.

В случае теплоотдачи при свободной конвекции в неограниченной среде, такой зависимостью является критериальное уравнение М.А. Михеева.

Указанное уравнение устанавливает зависимость числа Нуссельта от чисел Грасгофа и Прандтля, с учетом используемых в зависимости от значений составляющих табличных коэффициентов и показателей степеней, при этом рассматриваются значения чисел Прандтля при температуре теплоносителя вблизи поверхности и вдали от неё.

Так учащийся начинает своё знакомство с критериальным методом и инженерным подходом к решению практических задач теории теплообмена.

Реализуется следующий алгоритм выполнения задания учащимся.

Неотъемлемой составляющей для подготовки и выполнения задания учащимся является учебно-методическое пособие, содержащее в себе все материалы по указанным выше блокам. В теоретической части пособия приводится необходимая информация по рассматриваемому явлению. При выполнении работы с помощью компьютера учащийся использует пособие – раздел справочных данных и расчетные формулы.

Также необходим инженерный микрокалькулятор для выполнения самостоятельных вычислений, результаты которых заносятся в подготовленный по указанному образцу бланк протокола. Ведение протокола структурирует расчеты, облегчает выполнение анализа и приучает к оформлению технических записей, сам оформленный протокол является вещественным результатом выполненного задания.

Оригинальный вариант исходных данных генерируется компьютерной программой, которая задает ряд величин с использованием случайных чисел.

Условие задачи: цилиндрическая вертикальная труба, имеющая постоянную среднюю температуру, омывается холодным теплоносителем. В качестве исходных данных заданы размеры трубы (длина и наружный диаметр), теплоноситель (в случайной последовательности – воздух, вода и трансформаторное масло), температура среды на удалении от трубы (остаётся постоянной для трех вариантов теплоносителей).

Далее, рассматривая каждый случай поочередно, по запросу программы учащийся вводит в компьютер, например, теплофизический параметр, который предварительно должен рассчитать методом линейной интерполяции табличных значений, или значение числа подобия, или коэффициент и показатель степени для критериального уравнения, и т.п.

Использование справочных таблиц пособия позволяет учащемуся получить и закрепить навыки работы со справочной технической литературой. Данные приведены согласно [6].

Программа осуществляет пошаговый контроль вводимых величин, отслеживая их относительную точность до 1 %. Исправленные значения величин при необходимости вносятся без перезагрузки программы.

В итоге, для трёх предложенных ему вариантов учащийся вычисляет по критериальному уравнению число Нуссельта, определяет коэффициент теплоотдачи от трубы к среде и, затем, находит тепловой поток по уравнению Ньютона-Рихмана. На основании выполненных расчетов учащийся делает заключение и выводы о сложном влиянии параметров на коэффициент теплоотдачи, о качественном изменении его значений при смене теплоносителя и об общей величине теплового потока.

Алгоритм выполнения такого задания не отличается сложностью и реализуется посредством элементарной компьютерной программы, что при существующем быстродействии современных персональных компьютеров позволяет не учитывать время машинного счета [3].

Поскольку акцент при выполнении задания сделан на активизацию самостоятельной деятельности учащегося, чему, как представляется, рассмотренные обстоятельства должны способствовать в полной мере, то при выполнении задания функции преподавателя несут консультационно-мониторинговый характер. А учащийся, оставаясь в рамках поставленной задачи, самостоятельно вырабатывает и принимает решения, ведет поиск требуемых программой величин, использует расчетные формулы, выполняет расчеты, вводит данные в компьютер и т.п. Как показала практика, успех данного подхода, зависит от качественного уровня учебного пособия, объясняющего физическую сущность изучаемого явления и освещающего ход работы, содержащего формульно-математический аппарат, справочные данные, примеры решения задач и алгоритм выполнения задания.

Также установлено, что для выполнения задания целесообразно отводить два академических часа, а хорошие результаты достигаются при индивидуальном выполнении работы учащимся на персональном компьютере, поэтому занятие группы (подгруппы) учащихся необходимо проводить в компьютерном классе.

Выполненная авторами работа по организации и проведению компьютеризированных практических занятий по теории теплообмена позволяет сформулировать следующие выводы и рекомендации:

- преподаватели вуза, владея базовыми знаниями в области программирования, могут самостоятельно реализовать алгоритм выполнения работы на компьютере посредством

несложной компьютерной программы;

- тщательная отладка компьютерной программы занимает продолжительное время, только в этом случае гарантирована правильность работы программы и безошибочная оценка ею действий учащегося;
- оригинальность исходных данных позволяет повторять работу многократно;
- необходимо разработать учебно-методическое пособие, которое минимизировало бы дополнительные пояснения преподавателя;
- самостоятельный аспект работы учащегося существенно активизируется, что благоприятно сказывается на изучении материала и качестве его усвоения.

Представленные в настоящей статье материалы могут представлять интерес и учитываться при разработке компьютеризированных практических занятий по дисциплинам, имеющим схожую логическую структуру с рассмотренным примером.

Литература:

1. Андреенков А.А., Дементьев А.А. Использование информационных технологий при изучении технической дисциплины // Профессиональное образование в России и за рубежом. - 2015. - №3 (19). - С. 115-119.

2. Андреенков А.А., Дементьев А.А. Методика организации компьютеризированного практического занятия по теплотехнике // Высшее образование сегодня. - 2016. - №11. - С. 15-17.

3. Андреенков А.А., Дементьев А.А. Организация самостоятельной работы с помощью компьютерных технологий при изучении технической дисциплины // Высшее образование сегодня. - 2014. - №12. - С. 76 -78.

4. Дементьев А.А., Андреенков А.А. Использование информационных технологий для самоконтроля знаний при изучении технической дисциплины // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. -2014. -Т.5. № 2. - С. 135-138.

5. Камфер Г.М., Луканин В.Н., Шатров М.Т. и др. Теплотехника / Под ред. Луканина В.Н. – М.: Высшая школа, 2009. – 672 с.

6. Физические величины: Справочник / под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. –1232 с.