

**ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ЗАДАЧНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД
К РЕАЛИЗАЦИИ «ОСНОВ» ОБУЧЕНИЯ КУРСА БИОФИЗИКИ В МЕДВУЗЕ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Туйчиев Л.Н., Марасулов А.Ф., Базарбаев М.И., Собиржонов А.З.

**МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ ЁРДАМИДА ТИББИЁТ ИНСТИТУТИДА
БИОФИЗИКА КУРСИНИНГ “АСОСЛАРИНИ” АМАЛГА ОШИРИШДА
ИНТЕГРАЦИЯЛАШТИРИЛГАН ВАЗИФА ВА ЙЎНАЛТИРИЛГАН ЁНДАШУВЛАР**

Туйчиев Л.Н., Марасулов А.Ф., Базарбаев М.И., Собиржонов А.З.

**INTEGRATED TASK-ORIENTED APPROACH TO THE IMPLEMENTATION
OF THE “FUNDAMENTALS” OF BIOPHYSICS COURSE
AT THE MEDICAL INSTITUTE USING MATHEMATICAL MODELING**

Tuychiev L.N., Marasulov A.F., Bazarbayev M.I., Sobirjonov A.Z.

Ташкентская медицинская академия

Биофизика йўналиши бўйича тиббиёт мутахассислиги йўналиши талабаларини тайёрлашнинг замонавий масалалари ва услуги математик моделлаштириш асосида таърифланган. Тиббиёт йўналиши талабаларини ўқитишда математик моделлаштиришни қўллашнинг назарий асослари келтирилган.

Калит сўзлар: математик моделлаштириш, биофизикавий ҳодисалар, модель, тиббиёт олийгоҳи, талаба, фундаменталлик, илмий-текишириш фаолияти.

Present-day problems and methods for implementing fundamental and professionally directed training in the biophysics of medical students with the use of mathematical modeling are outlined. Theoretically, the possibilities of using mathematical modeling in teaching biophysics to students of medical universities are justified.

Key words: mathematical modeling, biophysical phenomenon, model, medical high school, student; fundamentalism, scientific research activity.

В настоящее время в медицинских вузах наметилась тенденция к сокращению учебного времени на изучение фундаментальных естественнонаучных предметов, хотя в базовой подготовке врача они занимают доминирующее место, поскольку обеспечивают уровень профессиональной подготовки, раскрывают способы и механизмы устойчивого взаимодействия человека с окружающей средой, обеспечивают функциональную основу профессиональной деятельности. В процессе изучения таких предметов у студентов формируются не только определенные знания, умения и навыки, но и естественнонаучное мышление, которое является важным психическим новообразованием для врача. Естественнонаучное мышление понимается как отражение субъектом объективного мира в понятиях, суждениях, умозаключениях в процессе реализации теоретической и практической деятельности, при решении конкретных противоречий, проблем, задач [6].

Подготовка специалиста с высоким творческим потенциалом, обладающего логическим мышлением, способного осваивать и создавать современные инновационные технологии, по нашему мнению, должна быть построена на основе комплексного методического подхода, объединяющего фундаментальное и общепрофессиональное образование, с использованием в учебном процессе различных дидактических принципов (межпредметной свя-

зи, единства фундаментальности и профессиональной направленности, научности и др.), с применением математического моделирования и современных компьютерных технологий, усиливающих творческую составляющую обучения [4,5].

Медик для успешной работы по специальности должен обладать глубокими фундаментальными знаниями по физике, биофизике, математике и знать области их приложения в профессиональной деятельности. Без знания их законов, принципов, механизмов деятельность в разнообразных областях медицины и биологии невозможна [1]. Важнейший компонент профессиональной деятельности медика — математическое моделирование процессов и явлений, лежащих в основе технологий и технологических процессов, медико-биологических исследований.

Метод моделирования в биофизике применяется для познания физико-химических процессов, механизмов, лежащих в основе физиологических и патологических процессов. Основная задача такого моделирования – выделение изучаемого явления в «чистом» виде, попытка отфильтровать тот или иной процесс от возмущающих факторов и сопровождающих явлений в сложной системе, показать сущность исследуемого процесса.

Мы будем рассматривать математическое моделирование в рамках вариативного компонента при решении биофизических задач с профессиональным

содержанием, используя арсенал стандартных биофизических моделей, явлений и процессов, которые дают верные прогнозы при их применимости только в определенных границах [7-10].

Математическое моделирование описывает биофизические процессы математическими выражениями, логически связанными между собой, т. е. в форме дифференциальных, интегральных, алгебраических уравнений и неравенств [3].

Как показывает практика, большинство студентов медицинских вузов, демонстрируя умение работать с математическим аппаратом на занятиях по математике, испытывают трудности в использовании математических методов при решении биофизических задач как абстрактного, так и профессионального содержания. Очевидна необходимость ориентировать студентов на такую учебную деятельность по биофизике, которая позволит оказать существенное влияние на их профессиональное развитие в целом.

В связи с этим математическое моделирование приобретает большое значение как метод научного познания в организации содержания биофизического образования, в соответствии с которым можно осуществлять реализацию учебного процесса и эффективно формировать естественнонаучное мышление студентов медиков.

При этом определяются аналитико-рефлексивные, конструктивно-прогностические, оценочно-информационные, организационно-деятельностные, коррекционно-регулирующие типы задач, направленные на развитие контекстно-средовых, предметно-специализированных, аксиологических компетенций личностно-профессионального становления студентов. В процессе такой работы осуществляется отбор интегративного учебно-профессионального содержания биофизического образования; проводится его структурирование в соответствии с кругом обозначенных задач; определяются способы и организационные формы эффективного освоения этого содержания студентами.

В качестве основного средства диагностики естественнонаучного мышления студентов в условиях интеграции содержания образования рекомендуется использовать критериально-ориентированные тесты.

Курс биофизики в медвузе включает три «основы»: теоретический курс, излагаемый в виде лекций, практические занятия, на которых проводится решение задач, и лабораторные занятия. Теоретический материал сообщается в основном на лекционных курсах, умение решать задачи отрабатывается во время практических занятий, а развитие навыков эксперимента и анализа его результатов происходит в процессе занятий в общем биофизическом практикуме. Кроме того, в медицинском вузе целесообразно использовать курсовые работы по биофизике и научно-исследовательскую работу студентов.

Использование математического моделирования на лекциях по курсу биофизики показывает универсальность математического аппарата, дает возможность унифицировать описание разнообразных по своей природе процессов. В таком случае лекции

становятся более динамичными, наглядными, строгими по сравнению с традиционными. На лекционных занятиях математическое моделирование из-за ограниченного количества часов используется фрагментарно, поэтому в дальнейшем нами не рассматривается. Основное внимание будет обращено на возможности применения моделирования на практических и лабораторных занятиях.

Использование математического моделирования на лекциях по курсу биофизики показывает универсальность математического аппарата, дает возможность унифицировать описание разнообразных по своей природе процессов. Такие лекции становятся более динамичными, наглядными, строгими по сравнению с традиционными. На лекционных занятиях математическое моделирование из-за ограниченного количества часов используется фрагментарно, поэтому в дальнейшем нами не рассматривается. Основное внимание будет обращено на возможности применения моделирования на практических и лабораторных занятиях.

Решение биофизических задач на практических занятиях соответствует проведению теоретических исследований в биофизике. Фактически при решении любой биофизической задачи, поставленной таким образом, что она описывает реальные объекты, а не идеализированные понятия (тело, материальную точку, абстрактную волну и т. д.), студенту приходится прибегать к математическому моделированию. При этом устанавливается, какие биофизические законы описывают исследуемую систему, какие приближения могут быть сделаны в процессе решения задачи, какие идеализированные понятия целесообразно использовать при написании уравнений, чем и на каком основании можно пренебречь.

Решение биофизических задач с использованием математического моделирования осуществляется по трехэтапной схеме. Раскроем содержание каждого из этих этапов.

1. Первый этап – этап формализации – переход от практической задачи, которую предстоит решить, к построению биофизической, а затем математической модели.

2. Второй этап – решение задачи внутри математической модели, сформулированной на первом этапе.

3. Третий этап – этап интерпретации – перевод полученного решения математической задачи на язык исходной биофизической задачи.

Математическое моделирование биофизических процессов и явлений при решении биофизических задач медико-биологического характера также происходит поэтапно:

1) качественный анализ предложенной задачи и постановка математической задачи;

2) построение математической модели;

3) проверка адекватности построенной модели реальной ситуации и ее корректировка в случае недостаточного соответствия реальному процессу;

4) решение поставленной задачи с помощью построенной модели;

5) внутримодельное решение;

- 6) интерпретация ответа;
7) исследование проведенного решения.

Представим этапы решения практических задач с помощью этапов математического моделирования (табл.).

Таблица

| Этапы решения практических задач | Этапы математического моделирования |
|----------------------------------|--|
| Этап формализации | - постановка задачи и ее качественный анализ - построение математической модели - проверка адекватности модели и ее корректировка в случае необходимости |
| Решение задачи внутри модели | - решение поставленной задачи с помощью построенной модели - внутримодельное решение |
| Этап интерпретации | - интерпретация ответа - исследование проведенного решения |

Остановимся на этапах решения практических задач более подробно и проиллюстрируем их с помощью этапов математического моделирования.

Наиболее ответственным следует признать первый этап математического моделирования – процесс создания биофизической модели изучаемого явления. От постановки задачи, умения определять главное в анализируемой системе и выделять ее характерные черты, от правильной формулировки цели исследования в конечном счете зависит качество полученного результата.

Степень адекватности построенной модели реальной ситуации, прежде всего, зависит от понимания исследователями сущности моделируемой системы. При создании биофизической модели абстрагируемся от ряда деталей, несущественных для конкретной задачи. Так, например, решая задачи механики, где это возможно, будем моделировать тело материальной точкой. Если же эта модель непригодна, то обратимся к упруго деформированному телу и лишь в крайнем случае учтем пластические деформации. Для биофизических явлений процесс схематизации, или идеализации, играет решающую роль [2]. В биофизической задаче рассматриваем технологический процесс, связанный с моделями объектов, определяем биофизические законы и явления, составляющие технологический процесс смоделированных объектов.

После того как существенные факторы выявлены, можно приступить к их переводу на язык математических понятий и величин и постулированию соотношений между этими величинами, т. е. к созданию адекватной математической модели. Процесс конструирования модельных систем можно рассматривать на различных уровнях познания.

В структуре познавательного процесса обычно выделяются два различных уровня (этапа) познания: эмпирический и теоретический. Эмпирическое знание представляет собой данные опыта и простейшие свя-

зи между ними, которые выражены соответствующим языком. Эти связи и есть эмпирические законы (Ома, Бойля – Мариотта). Теоретические законы служат выражением средств логики связей между явлениями, которые устанавливаются косвенным путем. Эмпирические законы объединяют данные опыта, а теоретические – эмпирические данные. При этом биофизическая модель отображается наиболее простой математической моделью, что немаловажно, так как позволяет избежать излишних математических трудностей.

Выражение исследуемого явления в виде системы уравнений, неравенств, функций и количественных зависимостей называется формализацией.

К наиболее эффективным приемам формальной трансформации систем знаний с целью упрощения относятся:

1) введение удобных знаково-символических средств; 2) выбор новых или преобразование старых координатных систем; 3) выбор масштабов величин. На этапе теоретического моделирования открывается наибольший простор для научного творчества. Один и тот же предмет может быть обозначен различными по своей форме знаками и, наоборот, один и тот же знак может употребляться для обозначения различных предметов. Простота и удобство обозначений имеют важное значение. Так, например, введение простых символических обозначений Лейбница и Пеано явилось одним из существенных условий для прогресса математики.

После построения математической модели ее следует подвергнуть проверке [2]. Адекватность математической модели до некоторой степени проверяется обычно в ходе постановки задачи. Уравнения или другие математические соотношения, сформулированные в модели, постоянно сопоставляются с исходной ситуацией. Существует несколько аспектов проверки адекватности модели. Во-первых, сама математическая основа модели должна быть непротиворечивой и подчиняться всем законам математической логики. Во-вторых, справедливость модели зависит от ее способности адекватно описывать исходную ситуацию. В случае неадекватности модели ее приходится корректировать, что может потребовать дополнительных исследований проблемы, уточнения структуры математической модели, изменения набора ее переменных. Математическая модель считается адекватной, если она способна обеспечивать достаточно надежное предсказание поведения системы.

Получив математическую модель, надо отвлечься от конкретного содержания задачи и обратиться к анализу ее математической структуры. При этом совершенно никакой роли не играет смысл величин, входящих в математическую модель, – нас интересует лишь система умозаключений, на основе которой могут быть установлены соотношения между величинами. Здесь используются определенные логические операции, которые производятся по правилам, установленным в математике.

Задача решена – мы получили результат, выполнив ряд математических рассуждений и выкладок.

На этом математическая часть исследования закончена, но биофизическая продолжается. Дело в том, что решение математических уравнений для математики – конечная цель, а для биофизики – лишь средство, метод исследования. «Важнейшим вопросом является интерпретация вытекающих из модели выводов, представляющая собой обратный перевод с математического языка полученной формулы или иного результата на язык, на котором формулировалась исходная задача», – пишет Р. Мак-Лоун [2]. Необходимо также оценить границы применимости полученного результата, т. е. определить область значений параметров, при которых результаты исследования будут согласовываться с данными.

Перевод математических символов на биофизический язык – далеко не простая задача. Она не менее сложна, чем формулировка задачи на математическом языке, т. е. создание математической модели. Процесс интерпретации есть не просто пересказ математических символов на биофизическом языке, а особая задача, требующая содержательного анализа исходных позиций, промежуточных операций конечного результата, с учетом таких фундаментальных принципов биофизики, как законы сохранения, принцип относительности, соотношение неопределенности и т. п. Поэтому необходимо систематически обучать студентов «переводу» задач с биофизическим содержанием на математический язык, т. е. построению математических моделей, решению возникших уравнений и интерпретации полученных решений. Построение математических моделей и биофизическая интерпретация полученных результатов – один из основных путей реализации межпредметных связей биофизики и математики [4].

Использование математического моделирования на лабораторном практикуме позволяет исследовать свойства объекта и предсказать его поведение в различных условиях. С помощью математического моделирования в лабораторных опытах студенты выделяют важные черты объекта и его математической модели, рассматриваемых в технологическом процессе, замедляют темпы протекания явления или фиксируют важные моменты процесса, повторяют изучаемый процесс необходимое число раз.

Выполнение лабораторных работ с использованием математического моделирования мы предлагаем осуществлять по следующей схеме:

- 1) планирование и подготовка эксперимента;
- 2) организация и проведение эксперимента;
- 3) математическое моделирование процесса;
- 4) обработка результатов на компьютере;
- 5) компьютерное моделирование, выход за пределы эксперимента;
- 6) обобщение и анализ результатов;
- 7) использование результатов в других видах учебной работы и техническое применение.

Кроме того, все формы занятий предполагают значительную самостоятельную внеаудиторную работу студента. Преследуя цель повышения качества подготовки специалистов, преподаватель должен

наряду с сообщением определенных программных сведений на лекционных, практических и лабораторных занятиях активизировать самостоятельную работу студентов, в том числе при выполнении курсовой работы по биофизике.

Определенным видом учебно-познавательной деятельности является курсовая работа, которая выполняется в процессе своеобразной организации самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя. Существует мнение, что, поскольку курсовая работа по биофизике – заключительная работа студента, в ней должны быть либо отражены знания изученных разделов, либо рассмотрен вопрос, связанный с профессиональной ориентацией вуза, не входящий в основной курс биофизики медицинского вуза. В результате такого подхода курсовая работа имеет реферативный характер и сводится к сбору материала из разных источников. Математический аппарат в данном случае используется лишь как средство для выполнения расчетов поставленной в курсовой работе задачи. Подобная практика воспитывает у будущих специалистов формальное, бессистемное отношение к медицинской работе в целом, т. е. заведомо снижает качество профессиональной подготовки и не раскрывает все возможности математических методов. Поэтому курсовые работы по биофизике реферативного характера нами не рассматриваются.

Выполнение курсовой работы, исходя из реального объекта, включает следующие этапы моделирования:

- построение биофизической модели объекта;
- переход к математической модели;
- решение полученной задачи с помощью ПК;
- верификация модели на основе сравнения результата с экспериментальными данными;
- уточнение модели при необходимости.

Уже на первом этапе студенты учатся формулировать соответствующие гипотезы (постулаты модели).

В современной биофизике условно выделяют квантовую биофизику, молекулярную биофизику, биофизику клетки и биофизику сложных систем (т.е. биофизику органов и тканей, системы организм-среда и т.д.).

При построении модели студенты учатся переходить к упрощенному, схематическому, описанию изучаемого реального объекта.

Наш собственный педагогический опыт свидетельствует о том, что знания математики студентами воспринимаются оторванными от практики, абстрактными. Необходимость использования возможностей математического аппарата в других дисциплинах, в частности в биофизических приложениях, как правило, не осознается. Умение применять эти навыки и знания при решении физических задач оказывает на студентов существенное стимулирующее действие. Переходя ко второму этапу моделирования, они переводят биофизическую модель на формальный математический язык, тем самым завершая ее построение. Построение модели в значительной мере опирается на неформальное обсуж-

дение постановки задачи и необходимую квалификацию исследователя в рассматриваемой области.

Третий этап состоит в изучении математической модели. Студенты выбирают метод решения и реализуют его на ПК. Изучение модели проводится в рамках математики, в процессе решения привлекаются дополнительные сведения, которые могут упростить процесс либо выделить из нескольких решений нужное.

Формирование устойчивого интереса к изучению биофизики осуществляется на этапе верификации математической модели. Получив решение математической задачи, студенты вместе с преподавателем проводят анализ результатов компьютерного моделирования, разбираются в реальном смысле полученного решения, делают выводы. На этом этапе проводится контроль правильности математической модели на основе сравнения результата с другими известными фактами, в частности с экспериментальными данными.

Моделируемый объект часто имеет несколько неравносильных математических моделей. Для реального объекта сравнение результатов его исследования с помощью различных моделей позволяет исследователям обогатить познания о нем. Цель рассмотрения различных моделей одного и того же объекта состоит в детализации его свойств. Уточняя модель, в уравнениях отбрасывают или добавляют какие-либо члены, заменяют линейные зависимости нелинейными и т. п. На этом этапе очень важна направляющая роль преподавателя. Он должен обратить внимание исследователей на выполнение требования адекватности модели, на то, что моделируя какие-либо свойства реального объекта, можно получить выводы, не адекватные по отношению к другим свойствам.

Результатом работы над курсовым проектом становится формирование единого естественнонаучного подхода к решению сложных проблем, умения выдвигать гипотезы, проблемы, искать пути их решения.

По сути нами предлагается интегрированный задачно-ориентированный подход реализации «основ» обучения курса биофизики в медвузе: лекции, практические занятия, лабораторные занятия и курсовые проекты с учетом познавательных аспектов математического моделирования.

Таким образом, одним из основных направлений развития содержания биофизического образования является его фундаментальность, позволяющая студентам, опираясь на базовые знания по дисциплине, осваивать универсальные способы их применения для анализа и решения конкретных задач.

Применение математического моделирования на занятиях по биофизике помогает усилить познавательную мотивацию студентов при изучении курса биофизики, определяя ее выходы в профессиональные задачи, обеспечивает понимание того, что математический аппарат – не только инструмент для вычисления, но и средство научного исследования,

которое может и должно использоваться в дальнейшей профессиональной деятельности специалиста.

Литература

1. Арюкова О.А. Математическое моделирование вариативного курса физики в техническом вузе // Интеграция образования. – 2011. – №1. – С. 47-53.
2. Бахадирова З. Профессиональная направленность общеобразовательной подготовки студентов (на примере обучения физике в технических вузах): Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - Ташкент, 1990. - 15 с.
3. Беломестнова В. Р. Математическое моделирование при интеграции курсов математики и физики в обучении студентов физических специальностей педвузов. - М.: МПГУ, 2007. - 70 с.
4. Колосова Н.И., Денисов Е.Н. Использование компьютерного моделирования для повышения познавательной активности студентов медицинского вуза // Соврем. пробл. науки и образования. - 2016. - №3.
5. Чернова Г.В., Денисов Е.Н. Проблемы преподавания биофизики в медицинском вузе. - Оренбург, 2018.
6. Шамина С.В. Формирование естественно-научного мышления студентов в рамках различных вариантов интеграции содержания физического образования // Интеграция образования. - 2011. – №1. – С. 53-60.
7. Hester R.L. Iliescu R.I., Summers R. , Coleman Th.G Systems biology and integrative physiological modelling // J. Physiol. – 2011. – Vol. 589 (Pt 5). – P. 1053-1060.
8. Limbert G. Mathematical and computational modelling of skin biophysics: a review // Proc Math. Phys Engl. Sci. - 2017. - Vol. 473(2203). P. 20170257.
9. <http://e-catalog.jhu.edu/departments-program-requirements-and-courses/arts-sciences/biophysics/>
10. <https://www.biophysics.org/education-careers/education-resources/selected-topics-in-biophysics/biophysical-techniques>

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ЗАДАЧНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ «ОСНОВ» ОБУЧЕНИЯ КУРСА БИОФИЗИКИ В МЕДВУЗЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Туйчиев Л.Н., Марасулов А.Ф., Базарбаев М.И., Собиржонов А.З.

Описаны современные методы осуществления фундаментальной и профессионально направленной подготовки по биофизике студентов медицинских специальностей с использованием математического моделирования. Теоретически обоснованы возможности использования математического моделирования при обучении биофизике студентов медицинских вузов.

Ключевые слова: математическое моделирование, биофизическое явление, модель, медицинский вуз, студент, фундаментальность, научно-исследовательская деятельность.