

Два языка одной науки: инженерное и медицинское мышление в физике

Елена Анатольевна Гусева¹, Екатерина Александровна Форш²

¹ Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет
125319 Россия, Москва, Ленинградский проспект, д. 64

² Медицинский университет Петровского ГНЦ РФ ФНБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», 119435 Россия, Москва;
e-mail: forsh@list.ru, forsh_kate@list.ru

В статье рассматривается физика как универсальный научный язык, который формирует разные модели профессионального мышления у студентов инженерных и медицинских специальностей. На примере классической задачи о движении тела по наклонной плоскости показано, как единая физическая модель приводит к разным аналитическим подходам: точному проектно-расчётному в инженерии и качественно-диагностическому в медицине. В статье подчёркивается значение междисциплинарности для подготовки специалистов будущего – и предлагается интеграционная модель обучения физике, объединяющая инженерную точность с клинической контекстуальностью. В работе демонстрируется необходимость глубокого физического образования для будущих врачей и обосновывается его роль как части профессиональной компетентности.

Ключевые слова: физика, инженерное и медицинское образование, междисциплинарность, студенты.

DOI: 10.54965/16093143_2025_31_4_134

Введение

Физика – фундаментальная наука, основа технического и естественнонаучного образования. Её изучают студенты и инженерных, и медицинских вузов. Однако подход к решению физических задач у студентов-инженеров и студентов-медиков кардинально различается [1–4]. Это не просто разница в сложности, а разница в мировоззрении, цели и инструментари [5–7]. Для студента-инженера ключевая цель решения физической задачи – это модель будущего моста, двигателя, электронной схемы или технологической линии. Ответ должен быть точным, однозначным и допускающим воплощение в металле, бетоне или коде. Физика здесь – язык проектирования [8, 9]. Для студента-медика ключевая цель – понимание состояния сложной биологической системы и воздействия на неё. Физика для медика – это язык, на котором говорят процессы в организме: гидродинамика кровотока, биомеханика суставов, оптика глаза, акустика сердца, радиационная физика. Ответ здесь часто носит оценочный, интерпретационный характер [10, 11].

Цель статьи — провести сравнительный анализ подходов к решению задач студентами инженерных и медицинских специальностей, показав, как специфика будущей

профессии формирует уникальный тип научного мышления. Продемонстрировать, как одна и та же физическая модель служит отправной точкой для принципиально разных интеллектуальных процессов: проектно-расчетного у инженера и системно-диагностического у медика. А также показать, что оба подхода не противоречат, а обогащают понимание физики. Они демонстрируют, что сила фундаментального закона – в его универсальности, а специалист будущего (биоинженер, врач-биофизик, разработчик медоборудования) – это тот, кто способен синтезировать эти два взгляда.

Общая физическая постановка задачи

Для примера возьмем классическую задачу из механики – движение тела по наклонной плоскости: тело массой m находится на наклонной плоскости с углом наклона α . Коэффициент трения между телом и плоскостью равен μ . Тело начинает движение из состояния покоя. Найдите время t , за которое тело пройдет расстояние S вдоль плоскости (рис. 1).

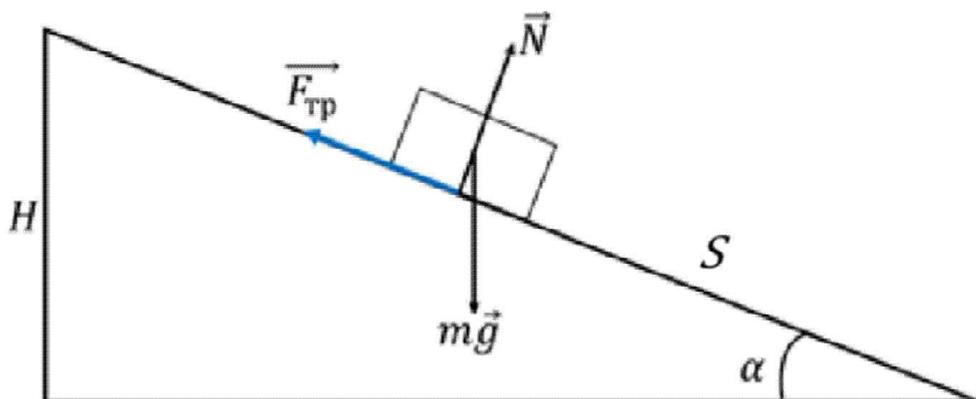


Рисунок 1.

Ниже рассмотрим контекстуализацию задачи для инженерного (например, «Строительство» или «Машиностроение») и медицинского (например, «Лечебное дело» или «Физическая реабилитация») направления обучения (табл. 1).

Таким образом, одна и та же физическая модель (наклонная плоскость) служит и будущим инженерам, и будущим врачам. Для инженера это расчетная схема, ведущая к цифре и чертежу. Для медика — биомеханическая аналогия, ведущая к пониманию и рекомендации. Обе задачи основаны на одних и тех же законах, но ведут к принципиально разным размышлениям и выводам, соответствующим будущей профессии (табл.2).

Таблица 1

Контекстуализация задачи для различных направлений обучения

<i>Инженерный подход</i>	<i>Медицинский подход</i>
<p align="center"><i>Условие</i></p> <p>Расчет параметров транспортной ленты для подачи сыпучих материалов (гравия, песка) на высоту H.</p>	<p align="center"><i>Условие</i></p> <p>Анализ нагрузки на коленный сустав пациента при спуске по наклонной поверхности (пандусу, горной тропе).</p>
<p align="center"><i>Ход решения</i></p> <p>Тело – это элементарный груз (ящик) постоянной массы. Плоскость – это лента конвейера. Трение здесь полезное – оно предотвращает проскальзывание груза относительно ленты. Коэффициент трения μ – ключевой параметр из справочника по материалам (например, резина по дереву).</p> <p align="center"><i>Математический аппарат:</i></p> <p>Записываются точные уравнения динамики в проекциях на оси: $ma = mg \cdot \sin \alpha - F_{\text{тр}}$ Сила трения: $F_{\text{тр}} = \mu \cdot N = \mu \cdot mg \cdot \cos \alpha.$ Ускорение: $a = g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha).$ Конечная формула для времени: $t = \sqrt{\frac{2S}{g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)}}.$</p>	<p align="center"><i>Ход решения</i></p> <p>«Тело» – это центр масс тела пациента. «Наклонная плоскость» – это пандус. «Трение» – это сила сцепления подошвы обуви с поверхностью, предотвращающая падение. Но главный фокус смещается с трения на компоненты силы тяжести.</p> <p align="center"><i>Упрощение и качественный анализ:</i></p> <p>Медику часто не нужно точное время спуска. Ему критически важно понять силы, действующие на сустав. Он раскладывает силу тяжести mg на две компоненты. Тангенциальная составляющая ($mg \cdot \sin \alpha$) – это сила, которая «тянет» пациента вниз, стремясь ускорить его. Чтобы двигаться равномерно (контролируемо), мышцы-антагонисты (передняя поверхность бедра) должны создать равную по величине тормозящую силу. Именно эта эксцентрическая нагрузка является основной причиной микро-травм и боли в колене после длительного спуска. Нормальная составляющая ($mg \cdot \cos \alpha$) – определяет силу реакции опоры и, соответственно, компрессионную нагрузку на суставные поверхности колена и бедра.</p>
<p align="center"><i>Анализ результата:</i></p> <p>Инженер смотрит на размерность – все должно сходиться. <i>Проверяет адекватность:</i> при каком минимальном μ движение вообще начнется ($tg \alpha > \mu$)? Что будет, если μ окажется меньше расчетного (груз будет проскальзывать)? <i>Ответ:</i> конкретное число. Это число пойдет в техзадание и расчет производительности.</p>	<p align="center"><i>Анализ результата:</i></p> <p align="center"><i>Качественный вывод!</i></p> <p>При спуске с увеличением угла α : – резко возрастает (по синусу) тормозящая нагрузка на мышцы и связки. – несколько уменьшается (по косинусу) компрессионная нагрузка, но это меньшее зло по сравнению с риском растяжения. Цифра используется для иллюстрации тенденции: «При спуске под углом 30° нагрузка на квадрицепс, тормозящая движение, составляет уже 50% от веса тела ($\sin 30^\circ = 0.5$), а при 45° – более 70%».</p>
<p><i>Ключевые слова:</i> точный расчет, коэффициент трения, ускорение, технические характеристики, запас прочности, оптимизация.</p>	<p><i>Ключевые слова:</i> нагрузка на сустав, компоненты силы, биомеханика, эксцентрическое сокращение, оценка риска, клинические рекомендации.</p>

Таблица 2

Сводная сравнительная таблица инженерного и медицинского подходов к физической задаче

Аспект	Инженерный подход (транспортёр, груз)	Медицинский подход (пациент, спуск по наклону)
Объект анализа («тело»)	Однородный груз известной массы. Поведение системы однозначно предсказуемо.	Центр масс человека – биосистема с вариативными параметрами (мышечный тонус, походка, усталость).
Ключевая физическая сила	Сила трения и её влияние на ускорение.	Тангенциальная компонента силы тяжести и её влияние на мышечную работу.
Тип анализа	Количественный расчёт: точное вычисление ускорения, времени движения, минимального коэффициента трения.	Качественная и полуколичественная оценка: тенденции роста нагрузки, влияние угла наклона на мышцы и суставы.
Цель решения	Оптимизация параметров системы: производительность, надёжность, эффективность.	Интерпретация биомеханических нагрузок для оценки безопасности движения пациента.
Тип ответа	Однозначное число или набор численных параметров.	Диапазон или тенденция: «нагрузка возрастает до 70% веса тела при 45°».
Уровень интерпретации	Технический: влияние коэффициента трения на работу оборудования, проскальзывания, риски	Клинический: влияние сил на ткани, риск боли, перегрузки, микротравм.
Главный вопрос специалиста	«Будет ли система работать эффективно и надёжно?»	«Будет ли движение безопасным и физиологичным для пациента?»
Выход за рамки задачи	Учёт мощности двигателя, ресурса конструкции, оптимального материала ленты.	Оценка риска травм, рекомендации по углу наклона, технике спуска, реабилитации.
Ответственность решения	Экономическая и техническая (работа оборудования).	Клиническая и физиологическая (здоровье пациента).

Чтобы подчеркнуть универсальность описанного явления, можно привести другие примеры физических моделей из изучаемого курса общей физики, которые одинаково изучаются инженерами и медиками, но порождают различную профессиональную логику:

- 1) классическая колебательная система – маятник. Инженер анализирует его как модель вибраций механизма, рассчитывая частоту, резонанс, демпфирование. Медик же видит в маятниковой схеме аналог походки: движение ноги вокруг тазобедренного сустава, оценку симметрии колебаний, патологий походки при

- неврологических нарушениях. Одна и та же формула периода превращается либо в средство расчёта виброустойчивости балки, либо в инструмент диагностики.
- 2) гидростатическое давление. Для инженера это расчёт давления в трубопроводах, определение прочности резервуара. Для врача – понимание венозного возврата, риска отёков, ортостатической гипотензии, выбора степени компрессии у пациентов.
 - 3) теплопередача. Инженер рассчитывает коэффициенты теплопроводности и эффективность теплообменников, предотвращая перегрев оборудования. Медик интерпретирует те же законы в контексте гипотермии новорождённых, режимов физиотерапии или безопасности криотерапии.
 - 4) оптика. Инженеру важно качество линз, абберации, материалы. Врач-офтальмолог на той же оптической базе интерпретирует астигматизм, нарушение аккомодации, помутнение хрусталика.
 - 5) волновые и электромагнитные явления. У инженера – расчёт ультразвуковых датчиков, антенн, импеданса. У медика – интерпретация УЗИ, понимание артефактов МРТ, рациональная работа с электростимуляцией, дефибрилляцией.

Все эти примеры подчёркивают: фундаментальная модель остаётся общей, но профессиональное мышление формирует разные горизонты интерпретаций – технические или клинические.

Инженерная физика тренирует системный анализ, проектное мышление, точность [12]. Медицинская физика воспитывает диагностическое мышление, принятие решений в условиях неопределённости [13]. То есть речь идёт не только о знаниях, но и о становлении личности будущего профессионала.

Интеграция подходов и взаимное дополнение

На первый взгляд может показаться, что инженерный и медицинский подходы к физическим задачам настолько различны, что их объединение малопродуктивно. Однако на стыке этих подходов возникает именно та междисциплинарность, которая формирует специалиста будущего. Инженерная точность позволяет врачу количественно оценивать процессы, которые ранее описывались преимущественно качественными терминами. Медицинская контекстуальность и способность видеть систему целиком позволяют инженеру учитывать факторы, которые в традиционной технике часто игнорируются: биосовместимость, эргономику, индивидуальную изменчивость параметров. Взаимное дополнение особенно заметно, например, в областях, которые перечислены в таблице 3.

Таблица 3

Междисциплинарные области

Биоинженерия и проектирование медицинского оборудования	Инженеру необходимо понимать, как будет вести себя созданное устройство во взаимодействии с живой тканью, органом, суставом, сосудом. Это требует определённой «медицинской интуиции» – умения интерпретировать силы и поля не только как параметры нагрузки, но и как факторы физиологического ответа.
Ресабилитационные технологии	Врач, назначающий ортез или экзоскелет, должен учитывать не только биомеханику, но и расчётные параметры: момент инерции конструкции, коэффициенты трения в шарнирах, распределение нагрузок. Без инженерной физики невозможно предсказать, будет ли устройство помогать или, напротив, перегружать пациента
Диагностика, основанная на физических принципах	Современные методы – МРТ, УЗИ, КТ, доплерография – являются квинтэссенцией инженерных решений, воплощённых в медицинской практике. Чтобы грамотно интерпретировать результат, врачу необходимо понимать базовую физику явления: взаимодействие волн с тканями, работу детекторов, влияние артефактов на изображение.

Таким образом, инженерная и медицинская логика не просто сосуществуют – они формируют общий язык описания сложных биофизических процессов.

Роль мультидисциплинарных специалистов

Отдельного внимания заслуживает подготовка будущего профессионала, стоящего на границе двух миров. Это специалист, который одновременно мыслит математическими моделями и клиническими категориями. Он способен: видеть в явлении не только симптоматику, но и физическую структуру процесса (потoki, резонансы, градиенты, сопротивления); переводить показатели приборов в клинически значимые значения; участвовать в разработке нового оборудования, задавая требования с учётом анатомических, физиологических и инженерных ограничений [14].

Современная медицина всё больше зависит от таких специалистов. Биоэлектрические кардиостимуляторы, роботизированные хирургические ассистенты, умные протезы, импланты с управляемой жесткостью – все эти системы создаются на пересечении физики, инженерии и клинической практики [15].

Медицинские центры будущего уже сегодня нуждаются в кадрах, которые понимают физику не формально, а как язык живых процессов. Именно поэтому физическое образование врачей должно выходить за рамки минимального курса и становиться осознанным компонентом профессиональной идентичности.

Необходимость усиления подготовки по физике будущему врачу

Повышение грамотности по физике для медицинских студентов – это не абстрактная рекомендация, а реальная профессиональная необходимость [16]. Знание физических принципов позволяет лучше понимать источники диагностических ошибок, интерпретировать артефакты, выбирать корректные режимы исследования. Лазеротерапия, ударно-волновая терапия, электростимуляция – всё это физические воздействия, требующие грамотного расчёта дозировки и понимания ограничений. Любая ошибочная оценка сил, давлений, энергий может привести к травме, ожогу, разрыву тканей или некорректному распределению нагрузки при реабилитации.

Совместная с инженерами работа над новым прибором или методикой требует общего языка. Врач, знакомый с основами механики, оптики, акустики или радиофизики, способен формулировать технические требования точнее и продуктивнее. Хорошее знание физики позволяет врачу критически оценивать новые технологии: не каждое инновационное устройство действительно полезно, знание законов физики позволяет врачу понимать, где скрыта маркетинговая гипербола, а где – реальная технологическая ценность. Таким образом, физическое мышление становится частью клинической компетентности, а не внешним дополнением к ней.

Интеграционная модель обучения: возможности объединения инженерного и медицинского мышления

Для подготовки специалистов, способных синтезировать точность инженерии и системность медицины, необходима интегративная модель преподавания физики. Она может включать:

1. Задачи-дуплеты, в которых одна и та же физическая модель решается в инженерном и медицинском контекстах (как пример с наклонной плоскостью).
2. Модульно-проектные задания, где студент-медик формулирует биомедицинскую проблему и строит под нее расчётную модель.
3. Лабораторные работы на реальных биоматериалах и моделях тканей, объединяющие технические измерения и клиническую интерпретацию.
4. Анализ медицинских приборов как инженерных систем, с последующей клинической дискуссией: как параметры прибора влияют на тело пациента.
5. Разбор клинических случаев, подкреплённых физическими моделями, когда симптом объясняется не только патофизиологией, но и механикой, гидродинамикой или оптикой.

Такой подход формирует гибкий тип научного мышления, основанный на умении переводить задачу с языка одной дисциплины на язык другой – ключевая компетенция современного медицинского физика.

Заключение

Современная наука не делится на «инженерную» и «медицинскую» – она объединяется вокруг общих моделей, законов и инструментов. Физика становится тем фундаментом, на котором строится взаимопонимание специалистов разных профилей. Современный профессионал должен владеть двумя языками физики – точным и интерпретационным. Только в их сочетании появляется способность проектировать технологии, ориентированные на живого человека.

Инженерный подход учит точности, строгим расчетам и проектности. Медицинский – чувствительности к контексту, системности и работе с неопределённостью. Вместе они образуют единый комплекс компетенций, необходимый будущему врачу, инженеру, биофизику или разработчику медицинских технологий.

Повышение знаний в области физики для будущих медиков – это вклад в безопасность пациентов, развитие высокотехнологичной медицины и появление специалистов, способных уверенно работать на стыке наук.

Литература

1. Шевченко Е.В., Коржуева А.В., Хлопенко Н.А. Концепция сущностного подхода при обучении физике в медвузе // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 1998. – Т. 13, № 2. – С. 57–59.
2. Муталипов М.М., Атлуханова Л.Б., Труженикова С.Е. Мотивы, цели и ценности физического образования в медицинских вузах // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Психолого-педагогические науки. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 63–69.
3. Медведева Л.В. Контекстуальное моделирование учебно-профессиональной деятельности при изучении дисциплины «Физика» в техническом вузе // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). – 2014. – № 1(9). – С. 65–71.
4. Машиньян А.А., Кочергиан Н.В., Бабаев Д.Д., Пивнева С.В. Факторы и механизмы усвоения физических знаний у студентов технического университета // Перспективы науки и образования. – 2023. – № 5 (65). – С. 182–195.
5. Мачнева Т.В. Проблемы и перспективы преподавания медицинской и биологической физики в медицинских вузах // Методология и технология непрерывного профессионального образования. – 2024. – № 1(17). – С. 7–12.
6. Смык А.Ф., Гусева Е.А., Фори Е.А. Совершенствование системы контроля знаний по физике студентов технического университета // Физическое образование в вузах. – 2021. – Т. 27, № 4. – С. 40–56.

7. Лапаник О.Ф., Слабженникова И.М. Особенности организации учебного процесса по дисциплине «Физика» в техническом университете на современном этапе // Физическое образование в вузах. – 2018. – Т. 24, № 3. – С. 12–22.
8. Шишелова Т.И., Храмовских М.А. Роль физики в повышении качества инженерного образования студентов направления «Строительство» ИРНИТУ // Современные проблемы науки и образования. – 2023. – № 3. – С. 37.
9. Шишелова Т.И., Коновалов Н.П., Павлова Т.О. Прикладные исследования в области физики. Роль физики в инженерном образовании // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-17. – С. 3850–3854.
10. Десненко С.И., Кобзарь А.Н. Профессионально ориентированное содержание физики в медицинском вузе // Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Педагогические науки. – 2018. – Т. 13, № 2. – С. 71–78.
11. Десненко С.И., Кобзарь А.Н. Формирование у студентов-медиков умений решать задачи профессиональной деятельности как основа реализации профессионально ориентированного обучения физике в медицинском вузе // Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Профессиональное образование, теория и методика обучения. – 2012. – № 6(47). – С. 129–135.
12. Родиошкина Ю.Г., Масленникова Л.В. Подготовка по физике студентов технических вузов в рамках вариативного компонента учебного плана // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2012. – № 1(1). – С. 18–24.
13. Бирюкова А.Н. Физика в медицинском вузе как профессионально ориентированный курс // Гуманитарный вектор. Серия: Педагогика, психология. – 2011. – № 1(25). – С. 86–89.
14. Дигурова И.И., Мачнева Т.В., Дигуров Р.В. Решение профессионально ориентированных физических задач на разных видах занятий в медицинском университете // Школа будущего. – 2023. – № 6. – С. 32–43.
15. Касимов А.Н. Физика и медицинские приборы // Академическая публицистика. – 2017. – № 12. – С. 408–411.
16. Уалиханова Б.С., Румбешта Е.А. Физическое образование в профессиональной подготовке студентов медицинского вуза // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2015. – № 5(158). – С. 42–47.

Two Languages of One Science: Engineering and Medical Thought in Physics

Elena A. Guseva¹, Ekaterina A. Forsch²

¹ *Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI),
125319, Moscow, Leningradskii prospect, 64, Russia*

² *Petrovsky Medical University, Petrovsky National Research Centre of Surgery,
119435, Moscow, Russia*

E-mail: forsh@list.ru, forsh_kate@list.ru

Received December 12, 2025

PACS 01.40.-d

The article examines physics as a universal scientific language that shapes different models of professional thinking among students of engineering and medical specialties. Using the classical problem of motion on an inclined plane as an example, it is shown how a single physical model leads to different analytical approaches: a precise design-calculation approach in engineering and a qualitative-diagnostic one in medicine. The article emphasizes the significance of interdisciplinarity for training future specialists and proposes an integrated model of physics education that combines engineering precision with clinical contextuality. The work demonstrates the necessity of profound physics education for future physicians and substantiates its role as a component of professional competence.

Keywords: physics, engineering and medical education, interdisciplinarity, students.

References

1. *Shevchenko, E.V., Korzhueva, A.V., and Khlopenko, N.A.* (1998). Kontseptsiiia sushchnostnogo podkhoda pri obuchenii fizike v medvuze [The concept of the essential approach in teaching physics at a medical university]. // *Sibirskii meditsinskii zhurnal (Irkutsk)*, 13(2), 57–59.
2. *Mutalipov, M.M., Atlukhanova, L.B., and Truzhenikova, S.E.* (2024). Motives, Goals and Values of Physical Education in Medical Universities. // *Izvestiia Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Psikhologo-pedagogicheskie nauki [Dagestan State Pedagogical University Bulletin. Psychological and Pedagogical Sciences]*, 18(2), 63–69.
3. *Medvedeva, L.V.* (2014). Kontekstual'noe modelirovanie uchebno-professional'noi deiatel'nosti pri izuchenii distsipliny "Fizika" v tekhnicheskome vuze [Contextual modeling of educational and professional activity in the study of the discipline "Physics" at a technical university]. // *Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) [Natural and Technogenic Risks*

- (Physical, Mathematical and Applied Aspects)], 1(9), 65–71.
4. *Mashin'ian, A.A., Kochergian, N.V., Babaev, D.D., and Pivneva, S.V.* (2023). Faktory i mekhanizmy usvoeniia fizicheskikh znaniy u studentov tekhnicheskogo universiteta [Factors and mechanisms of assimilation of physical knowledge among technical university students]. // *Perspektivy nauki i obrazovaniia* [Perspectives of Science and Education], 5(65), 182–195.
 5. *Machneva, T.V.* (2024). Problemy i perspektivy prepodavaniia meditsinskoj i biologicheskoi fiziki v meditsinskikh vuzakh [Problems and prospects of teaching medical and biological physics in medical universities]. // *Metodologiya i tekhnologiya nepreryvnogo professional'nogo obrazovaniia* [Methodology and Technology of Continuous Professional Education], 1(17), 7–12.
 6. *Smyk, A.F., Guseva, E.A., and Forsh, E.A.* (2021). Sovershenstvovanie sistemy kontrolya znaniy po fizike studentov tekhnicheskogo universiteta [Improving the system of knowledge control in physics for technical university students]. // *Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh* [Physics in higher education], 27(4), 40–56.
 7. *Lapanik, O.F., and Slabzhennikova, I.M.* (2018). Osobennosti organizatsii uchebnogo protsessa po distsipline “Fizika” v tekhnicheskome universitete na sovremennom etape [Features of organizing the educational process in the discipline “Physics” at a technical university at the present stage]. // *Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh* [Physics in higher education], 24(3), 12–22.
 8. *Shishelova, T.I., and Khramovskikh, M.A.* (2023). Rol' fiziki v povyshenii kachestva inzhenerenogo obrazovaniia studentov napravleniia “Stroitel'stvo” IRNITU [The role of physics in improving the quality of engineering education for students of the “Construction” direction at Irkutsk National Research Technical University]. // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia* [Modern Problems of Science and Education], 3, 37.
 9. *Shishelova, T.I., Konovalov, N.P., and Pavlova, T.O.* (2015). Prikladnye issledovaniia v oblasti fiziki. Rol' fiziki v inzhenernom obrazovanii [Applied research in the field of physics. The role of physics in engineering education]. // *Fundamental'nye issledovaniia* [Fundamental Research], 2-17, 3850–3854.
 10. *Desnenko, S.I., and Kobzar', A.N.* (2018). Professional'no orientirovannoe sodержanie fiziki v meditsinskom vuze [Professionally oriented content of physics in a medical university]. // *Uchenye zapiski Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogicheskie nauki* [Transactions of the Zabaikalsky State University. Series: Pedagogical Sciences], 13(2), 71–78.
 11. *Desnenko, S.I., and Kobzar', A.N.* (2012). Formirovanie u studentov-medikov umenii reshat' zadachi professional'noi deiatel'nosti kak osnova realizatsii professional'no orientirovannogo obucheniia fizike v meditsinskom vuze [Formation of medical students' skills to solve professional tasks as a basis for implementing professionally oriented physics teaching in a medical university]. // *Uchenye zapiski Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Professional'noe obrazovanie, teoriia i metodika obucheniia* [Transactions of the Zabaikalsky State University. Series: Professional Education, Theory and Teaching Methods], 6(47), 129–135.

12. *Rodioshkina, Iu.G., and Maslennikova, L.V.* (2012). Podgotovka po fizike studentov tekhnicheskikh vuzov v ramkakh variativnogo komponenta uchebnogo plana [Physics training for technical university students within the variable component of the curriculum]. // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo [Lobachevsky University of Nizhny Novgorod Bulletin], 1(1), 18–24.
13. *Biriukova, A.N.* (2011). Fizika v meditsinskom vuze kak professional'no orientirovannyi kurs [Physics in a medical university as a professionally oriented course]. // Gumanitarnyi vektor. Seriya: Pedagogika, psikhologiya [Humanitarian Vector. Series: Pedagogy, Psychology], 1(25), 86–89.
14. *Digurova, I.I., Machneva, T.V., and Digurov, R.V.* (2023). Reshenie professional'no orientirovannykh fizicheskikh zadach na raznykh vidakh zaniatii v meditsinskom universitete [Solving professionally oriented physics problems in different types of classes at a medical university]. // Shkola budushchego [School of the Future], 6, 32–43.
15. *Kasimov, A.N.* (2017). Fizika i meditsinskie pribory [Physics and medical devices]. // Akademicheskaya publitsistika [Academic Journalism], 12, 408–411.
16. *Ualikhanov, B.S., and Rumbeshta, E.A.* (2015). Fizicheskoe obrazovanie v professional'noi podgotovke studentov meditsinskogo vuza [Physical education in the professional training of medical university students]. // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta [Tomsk State Pedagogical University Bulletin], 5(158), 42–47.