

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

---

---

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ В КОНТЕКСТЕ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**И.Л. Данилов, кандидат физико-математических наук, доцент.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Даны представления о перспективных и нерешённых задачах и проектах; приведены основные достижения в области физики с точки зрения инженерных и прикладных вопросов, проблем при проведении физических исследований и испытаний на современном этапе развития науки; рассмотрены общеполитические вопросы применения излагаемого материала при проведении научных исследований и выборе решений для комплексных специальных технических и инженерных задач.

*Ключевые слова:* основные достижения физической науки, общеполитические вопросы в физике, физико-математические аспекты экологии, перспективные научные задачи

## PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT OF THE PHYSICAL THEORIES IN THE CONTEXT OF THE ENGINEERING TASKS OF PROVIDING GLOBAL SAFETY

I.L. Danilov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

There are considered the structure of study physics, achievements of the modern physics in the district of theoretical problems and practical applications, general philosophical questions of physical and applied investigations, perspective and undecided tasks of physics.

*Keywords:* achievements of the modern physics, philosophical questions of physics, physical and mathematical aspects of ecology, perspective and undecided tasks

### **Достижения физики, нерешённые проблемы, перспективные задачи**

Со времени выхода в свет труда Исаака Ньютона «Математические начала натуральной философии» (1687 г.), в котором впервые сформулированы основные законы механики и закон всемирного тяготения, прошло более 325 лет. За это время Физика прошла путь от малой части философской науки и лишь макроскопического изучения явлений природы до самостоятельной важнейшей науки, исследующей материю на уровне элементарных частиц.

Однако, несмотря на огромные успехи, которых Физика достигла к настоящему моменту времени, современная физика и астрофизика стоят перед целым рядом нерешённых проблем. Например, к таким проблемам относятся – удержание высокотемпературной

плазмы при температуре более миллиарда градусов для создания управляемой термоядерной реакции; создание лазеров с высоким коэффициентом полезного действия и широким диапазоном перестраиваемости излучения по частоте; получение высокотемпературной сверхпроводимости; выделение и доказательство реального существования кварков и глюонов; изучение природы квазаров и «чёрных дыр»; построение квантовой теории тяготения и получения антигравитации ...

Эти и многие другие проблемы ещё требуют дальнейших исследований и разработок учёных и инженеров, работающих в соответствующих областях физики [1–4].

### **Вопросы общей теории относительности, физики элементарных частиц и космологии. Перспективы создания общей теории материи**

Содержание многих физических теорий выходит далеко за рамки чисто технических, естественно-научных их положений. Одной из наиболее ярких представительниц подобных учений является общая теория относительности Альберта Эйнштейна.

В обсуждение основных положений и выводов теории относительности включились самым активным образом философы. С одной стороны, теория относительности затрагивает самые общие мировоззренческие вопросы, такие как вопрос о сущности пространства и времени, об относительности и абсолютности законов природы и т.д. С другой стороны, она не имела и не имеет до сих пор решающих подтверждений на опыте и играет весьма ограниченную роль в практике физических исследований, так что признание её или непризнание тем или иным физиком или философом в значительной степени зависит от его личных общих методологических позиций.

Из основных положений теории относительности получается, что представление телесного объекта есть творение человеческого ума, притом произвольное, вызванное определённым комплексом ощущений. О том, что этот комплекс ощущений вызван действительно существующими реальными телами, Эйнштейн не упоминает, и выходит, что этому комплексу ощущений не соответствует ничто объективно существующее.

Интересное идеалистическое толкование получил также вывод теории относительности о связи массы и энергии. Полученное Эйнштейном соотношение  $E=mc^2$  стали рассматривать как факт, указывающий на происходящие в природе процессы превращения массы в энергию. Но, так как массу тела в то время ещё часто понимали как меру содержащейся в нём материи, как «количество материи», то указанное соотношение было воспринято как доказательство превращения материи в движение, а, следовательно, как доказательство уничтожаемости и сотворимости материи. То есть, доказательства возможности божественного сотворения мира.

Надо отметить, что сам Эйнштейн в первое время более осторожно истолковывал соотношение  $E=mc^2$ . Он говорил о нём, как о доказательстве связи между массой и энергией, свидетельствующим лишь о том, что масса и энергия являются проявлением одного и того же свойства материи.

Однако основные принципы общей теории относительности всё же давали повод для научного обоснования религиозно-философских течений.

Напомним, что в основу общей теории относительности Эйнштейн положил принцип эквивалентности, который понимался им как принцип невозможности провести различие между силами инерции и силами тяготения вообще. В качестве обоснования приводился пример с наблюдателем, находящимся в лифте и якобы не имеющим никаких средств для определения, движется ли лифт и действует ли в нём сила инерции или же внутри него существует поле тяготения. Таким образом, принцип эквивалентности был представлен как результат ощущений наблюдателя, а вся теория приобретала субъективную окраску как теория переживаний наблюдателя. И, далее, Эйнштейн говорил об относительности всякого, а не только инерционного движения, что отразилось и в названии – общая теория относительности.

В одной из своих работ Эйнштейн пишет « ... если считать, что поведение тел в ускоренной системе отсчёта обусловлено как бы «истинным» полем тяготения (а не только кажущимся), то эту систему отсчёта можно считать «инерциальной» с тем же правом, как и первоначальную систему. Если считать возможными любые гравитационные поля, простирающиеся сколь угодно далеко и не ограниченные предельными условиями, то понятие инерциальной системы становится бессодержательным. Понятие «ускорение по отношению к пространству» теряет тогда всякий смысл, а с ним и принцип инерции». В связи с этим он ставит своей задачей сформулировать законы физики таким образом, «чтобы они были действительны для произвольно движущихся координатных систем» [5, 6].

Однако, по мнению многих учёных, идею о равноправности любых систем координат Эйнштейну не удалось провести последовательно. Она свелась к равноправности всех систем координат лишь в бесконечно малых пространственно-временных областях, что привело к разработке теории тяготения.

Но, несмотря на то, что идея о равноправности всех без исключения координатных систем потеряла своё первоначальное содержание, она была подхвачена и широко обсуждалась.

В литературе, особенно популярной, появились даже заявления о том, что Эйнштейн доказал равноправность представлений Птолемея и Коперника, что из теории относительности будто бы следует беспредметность спора между последователями Птолемея и Коперника, а значит не имела смысла и борьба Галилея с церковью за гелиоцентрическое мировоззрение.

Теория относительности была использована и для обоснования некоторых религиозных положений. Формальное рассмотрение времени как четвёртой координаты пространственно-временного континуума дало повод для развития идеи о некоем четвёртом измерении и о загробной жизни как о существовании в некотором другом пространстве, расположенном «параллельно» нашему пространству по четвёртой координате четырёхмерного мира.

Впрочем, существовала и другая точка зрения, что объективное содержание теории относительности не имеет ничего общего ни с религией, ни с идеализмом. Среди таких учёных можно отметить М. Планка. Он усматривал философское значение теории относительности не в том, что она будто бы утверждала субъективность пространственно-временных соотношений и физических законов вообще, а, наоборот, в том, что эта теория отражала законы природы в ещё более объективной форме. Согласно этой теории физические законы приобретали инвариантную форму, не зависящую от выбора системы отсчёта, а значит и не зависящую от наблюдателя. Вот в этом, по мнению Планка, и заключалось обаяние общей теории относительности.

Солидарен с Планком был и русский учёный математик Н.А. Умов, который считал, что теория относительности приводит к более глубокому пониманию объективно существующих, не зависящих от наблюдателей законов природы.

С течением времени, по мере того как теория относительности всё шире и шире стала применяться в практике физических исследований, среди физиков становилось всё меньше и меньше её противников. Эта теория стала общепризнанной физической теорией. Однако борьба вокруг её понимания, вокруг её философского толкования не прекращается до сих пор.

Если всё же обобщить большинство мнений, то следует признать, что из теории относительности не вытекает ни отрицание существования объективного мира, ни отрицание объективности познания природы. Теория относительности не отрицает также абсолютности времени и пространства, материи и движения в смысле их объективного, независимого от человеческого сознания существования. Действительное, научно-физическое содержание теории относительности представляет собой шаг вперёд в деле раскрытия диалектических закономерностей природы.

В одной из статей по философским вопросам квантовой механики известный учёный Гейзенберг также высказался за признание реальности окружающего мира. « ... Физик, –

заявляет Гейзенберг, – должен постулировать в своей науке, что он изучает мир, который не он изготовил и который существовал бы без значительных перемен, если бы этого физика вообще не было».

## Эволюция Вселенной

Вселенная – это весь существующий материальный мир, безграничный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Вселенная, изучаемая астрономией, – часть материального мира, которая доступна исследованию астрономическими средствами, соответствующими достигнутому уровню развития науки (иногда эту часть Вселенной называют Метагалактикой).

Метагалактика – это часть Вселенной, доступная современным астрономическим методам исследований. Метагалактика содержит несколько миллиардов галактик.

Галактика (от греч. galaktikos – млечный) – это звёздная система (спиральная галактика), к которой принадлежит Солнце. Галактика содержит не менее  $10^{11}$  звезд (общей массой  $10^{11}$  масс Солнца), межзвёздное вещество (газ и пыль, масса которых составляет несколько процентов массы всех звезд), космические лучи, магнитные поля, излучение (фотоны). Большинство звезд занимает объём линзообразной формы поперечником около 30 тыс. пк (пк – парсек = 3,2616 световых лет), концентрируясь к плоскости симметрии этого объёма (галактической плоскости) и к центру (так называемая плоская подсистема Галактики). Меньшая часть звезд заполняет почти сферический объём радиусом около 15 тыс. пк (так называемая сферическая подсистема Галактики), концентрируясь к центру (ядру) Галактики, который находится от Земли в направлении созвездия Стрельца. Солнце расположено вблизи галактической плоскости на расстоянии около 10 тыс. пк от центра Галактики. Для земного наблюдателя звезды, концентрирующиеся к галактической плоскости, сливаются в видимую картину Млечного Пути.

Эволюция Вселенной по современным космологическим теориям связана с теорией большого взрыва.

Большой взрыв, по современным представлениям, – это состояние расширяющейся Вселенной в прошлом (около 13 млрд лет назад), когда средняя плотность Вселенной в огромное число раз превышала современную. Из-за расширения средняя плотность Вселенной убывает с течением времени. Соответственно, при удалении в прошлое плотность возрастает, вплоть до момента, когда классические представления о пространстве и времени теряют силу (космологическая сингулярность). Этот момент можно принять за начало отсчёта времени. Периодом Большого взрыва условно называют интервал времени от нуля до нескольких сот секунд. В самом начале этого периода вещество Вселенной приобрело колоссальные относительные скорости (отсюда название). Наблюдаемыми свидетельствами периода Большого взрыва в настоящее время являются реликтовое излучение, значения концентраций водорода, гелия и некоторых других легких элементов, распределение неоднородностей во Вселенной (например, галактик).

Также как и Вселенная галактики претерпевают эволюционные процессы.

Эволюция галактик – это количественные и качественные изменения, которые претерпевают галактики за очень длительные промежутки времени, включая первоначальное обособление под действием гравитационных сил огромного газового облака – протогалактики, её сжатие, процессы звездообразования и формирования различных звёздных подсистем, гибель звёзд, изменение химического состава межзвёздной среды со временем.

В свою очередь в пределах галактики происходит эволюция содержащихся в них звёзд.

Звёздная эволюция – это изменение со временем физических характеристик и химического состава звёзд. Изучают звёздную эволюцию на основе сопоставления физических характеристик множества звёзд, находящихся на разных стадиях эволюции.

Основные этапы звёздной эволюции – образование протозвезды в результате гравитационной неустойчивости межзвёздного газа и пыли, возникновение в центре сжимающейся звезды термоядерного источника энергии, превращение звезды в гиганта, а затем в белого карлика (для звёзд солнечной массы), гравитационный коллапс массивных звёзд (с образованием нейтронных звёзд или чёрных дыр). Особыми путями звёздная эволюция идёт в двойных звёздных системах.

### **Физика и её техническое применение, физические основы действия новейших и нетрадиционных видов оружия**

Физика стала источником новых идей, преобразовавших современную технику: ядерная энергетика (И.В. Курчатов), квантовая электроника (Н.Г. Басов, А.М. Прохоров и Ч. Таунс), микроэлектроника, радиолокация и др. возникли и развились в результате физических исследований. Рассмотрим достижения в некоторых областях физики.

Физика твёрдого тела. Развитие физики твёрдого тела и таких её разделов, как физика металлов, кристаллофизика, физика полупроводников и диэлектриков привело к появлению новых научно-технических направлений (полупроводниковая электроника, микроэлектроника, оптоэлектроника), достижения которых сейчас широко известны (разнообразные миниатюрные полупроводниковые приборы; тонкоплёночные структуры; устройства, использующие одновременно свойства металлов, полупроводников и диэлектриков; оптические, электрические и магнитные устройства памяти; волоконно-оптическая телефонная связь; люминесцентные экраны). Разрабатываются принципиально новые физические методы получения более надёжных полупроводниковых устройств, методы получения более высоких давлений, сверхнизких температур и т.д. Большое значение имеет изучение физики полимеров, в частности сложных полимерных структур, содержащих особые зоны, которые могут менять свойства полимеров и биополимеров.

Лазерные технологии. Широкое применение в различных областях науки и техники лазеров обусловлено свойствами их излучения – малой расходимостью луча, монохроматичностью и когерентностью излучения. Полупроводниковые лазеры используются в качестве прицелов ручного оружия и указок, в проигрывателях компакт-дисков, как мощные источники света в маяках. Газовые лазеры применяются в геодезических нивелирах, дальномерах и теодолитах; в метрологии – как эталоны частоты и времени; для записи голограмм. Лазеры на красителях и других рабочих средах используются для зондирования атмосферы. Мощные технологические лазеры на парах металлов и молекулах (в основном на  $\text{CO}_2$ ) – для резки, сварки и обработки материалов. Эксимерные лазеры применяются в медицине для терапевтического воздействия и хирургического вмешательства. Лазеры используют для осуществления термоядерной реакции (так называемый «инерциальный способ»), сортировки изотопов, в тонких физических и химических экспериментах. Существует и особый класс лазеров, в которых происходит преобразование энергии фотонов лазерного излучения из УФ диапазона в гамма-излучение, за счёт взаимодействия с встречными пучками электронов. Подобные лазерные системы (гразеры) применяются в военном деле в космосе для уничтожения баллистических ракет возможного противника.

Оружие массового поражения. К существующим видам оружия массового поражения относятся ядерное, химическое, биологическое (бактериологическое) и радиологическое оружие. Научно-технический прогресс привёл к возможности создания новых видов оружия массового поражения, основанных на новых физических принципах: инфразвукового, ионизирующего, сверхрадиочастотного, генетического и других. Кроме того, при использовании в традиционных видах обычного оружия качественно новых элементов, например осколочных радиоактивных изотопов (так называемые, «грязные бомбы»), топливно-воздушных смесей, они могут приобретать свойства оружия массового поражения.

### **Вопросы экологии**

Экологические проблемы в XXI в. становятся всё более важными не только с точки зрения их изучения и понимания, но и с точки зрения практического противодействия возможным изменениям окружающей среды за счёт естественных и искусственных (человеческого фактора) причин, в частности так называемой техногенной катастрофы. Роль грамотных инженерных решений в подобных ситуациях трудно переоценить.

Техногенная катастрофа – это катастрофа с тяжёлыми последствиями для окружающей среды и человека, вызванная применением технических средств или выходом их из строя (авиакатастрофы, железнодорожные, морские и речные катастрофы, взрывы, пожары, экологические катастрофы, аварии ядерных устройств); техногенным также может быть землетрясение, наводнение. Крупнейшей техногенной катастрофой по критериям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) считается выброс 40 т метилизоцианата при взрыве на химическом заводе в г. Бхопал (Индия, 1984).

Во второй половине XX в. завершается становление экологии как самостоятельной науки, имеющей собственную теорию и методологию, свой круг проблем и свои подходы к их решению. Математические модели постепенно становятся более реалистичными: их предсказания могут быть проверены в эксперименте или наблюдениями в природе. Сами же эксперименты и наблюдения всё чаще планируются и проводятся так, чтобы полученные результаты позволяли принять или опровергнуть заранее выдвинутую гипотезу. Заметный вклад в становление методологии современной экологии внесли работы американского исследователя Роберта Макартура (1930–1972), удачно сочетавшего в себе таланты математика и биолога-натуралиста. Макартур исследовал закономерности соотношения численностей разных видов, входящих в одно сообщество; выбор хищником наиболее оптимальной жертвы; зависимость числа видов, населяющих остров, от его размера и удалённости от материка; степень допустимого перекрытия экологических ниш сосуществующих видов и ряд других задач. Констатируя наличие в природе некой повторяющейся регулярности («паттерна»), Макартур предлагал одну или несколько альтернативных гипотез, объясняющих механизм возникновения данной регулярности, строил соответствующие математические модели, а затем сопоставлял их с эмпирическими данными. Свою точку зрения Макартур очень чётко сформулировал в книге «Географическая экология» (1972), написанной им, когда он был неизлечимо болен, за несколько месяцев до своей безвременной кончины.

Подход, который развивали Макартур и его последователи, был ориентирован прежде всего на выяснение общих принципов устройства (структуры) любых сообществ. Однако в рамках подхода, получившего распространение несколько позже, в 1980-х гг., основное внимание было перенесено на процессы и механизмы, в результате которых происходило формирование этой структуры. Например, при изучении конкурентного вытеснения одного вида другим, экологи стали интересоваться, прежде всего, механизмами этого вытеснения и теми особенностями видов, которые определяют исход их взаимодействия. Выяснилось, например, что при конкуренции разных видов растений за элементы минерального питания (азот или фосфор) победителем часто оказывается не тот вид, который в принципе (при отсутствии дефицита ресурсов) может расти быстрее, а тот, который способен поддерживать хотя бы минимальный рост при более низкой концентрации в среде этого элемента.

Особое внимание исследователи стали уделять эволюции жизненного цикла и разным стратегиям выживания. Поскольку возможности организмов всегда ограничены, а за каждое эволюционное приобретение организмам приходится чем-то расплачиваться, то между отдельными признаками неизбежно возникают чётко выраженные отрицательные корреляции (так называемые «трейдоффы»). Нельзя, например, растению очень быстро расти и в то же время образовывать надёжные средства защиты от травоядных животных. Изучение подобных корреляций позволяет выяснить, как в принципе достигается сама возможность существования организмов в тех или иных условиях.

В современной экологии по-прежнему сохраняют свою актуальность некоторые проблемы, имеющие уже давнюю историю исследований: например, установление общих закономерностей динамики обилия организмов, оценка роли разных факторов, ограничивающих рост популяций, выяснение причин циклических (регулярных) колебаний численности. В этой области достигнут значительный прогресс – для многих конкретных популяций выявлены механизмы регуляции их численности, в том числе и тех, которые порождают циклические изменения численности. Продолжаются и исследования взаимоотношений типа «хищник-жертва», конкуренции, а также взаимовыгодного сотрудничества разных видов – мутуализма.

Новым направлением последних лет является так называемая макроэкология – сравнительное изучение разных видов в масштабах больших пространств (сопоставимых с размерами континентов).

Громадный прогресс в конце XX столетия достигнут в изучении круговорота веществ и потока энергии. Прежде всего, это связано с совершенствованием количественных методов оценки интенсивности тех или иных процессов, а также с растущими возможностями широкомасштабного применения этих методов. Примером может быть дистанционное (со спутников) определение содержания хлорофилла в поверхностных водах моря, позволяющее составить карты распределения фитопланктона для всего Мирового океана и оценить сезонные изменения его продукции.

Современное состояние науки – экологии. Современная экология – это быстро развивающаяся наука, характеризующаяся своим кругом проблем, своей теорией и своей методологией. Сложная структура экологии определяется тем, что её объекты относятся к очень разным уровням организации: от целой биосферы и крупных экосистем до популяций, причём популяция нередко рассматривается как совокупность отдельных особей. Масштабы пространства и времени, в которых происходят изменения этих объектов и которые должны быть охвачены исследованиями, также варьируют чрезвычайно широко: от тысяч километров до метров и сантиметров, от тысячелетий до недель и суток. В 1970-е гг. формируется экология человека. По мере давления на окружающую среду возрастает практическое значение экологии, её проблемами широко интересуются философы и социологи.

### **Незавершённость физики, перспективы её развития с точки зрения технического прогресса**

Из всего выше сказанного вытекает незавершённость физики и как науки, и как основы для развития многих смежных, в том числе инженерных, дисциплин. Дальнейшее развитие физики связано, прежде всего, с направлениями исследований в области макромира (космология, астрофизика и т.п.) и микромира (ядерная физика, нано-технологии и т.п.). Однако не следует забывать о таких исследованиях, как получение новых материалов с заранее предсказанными свойствами, геновая инженерия, альтернативные экологически чистые источники энергии.

Большинство направлений развития физики как одной из наук, находящейся во главе развития научно-технического прогресса, в целом связаны с исследованиями на стыке нескольких наук – химии, биологии, генетики и др.

Таким образом, быстрое решение важнейших вопросов научно-технического прогресса оказывается связано как с разработками в отдельных научных дисциплинах (то есть с «движением вглубь»), так и с необходимостью тесного взаимодействия специалистов и учёных разного профиля (с движением «вширь»).

Кроме того, важнейшим фактором решения сложных научно-технических задач становится фактор международного сотрудничества.

Одним из примеров подобного научного и технического подхода к решению одной из самых актуальных современных задач – создания управляемой термоядерной реакции, может служить международный проект ИТЭР (ITER) – международный термоядерный энергетический реактор.

ИТЭР – это первый шаг к глобальной энергетической безопасности.

В 2008 г. международная общественность в лице учёных и энергетиков отмечает 50-летие начала исследований термоядерного синтеза. За прошедшее время совместными усилиями ряда стран, в том числе и России, удалось вплотную приблизиться к сооружению первого в мире термоядерного реактора.

Об участии России в проекте ИТЭР и открывающихся перспективах рассказал в одной из статей член Совета директоров ИТЭР, президент Российского научного центра «Курчатовский институт», академик РАН Е.П. Велихов: «Проект готов: он полностью смоделирован в компьютере, настало время его практического воплощения. Первые работы по строительству экспериментального термоядерного реактора в г. Кадараше (Франция) начались уже в этом году.

Сейчас в проекте реально участвуют страны Европейского союза (ЕС), Россия, США, Япония, Китай, Индия и Южная Корея. Ряд стран выражают готовность присоединиться. Между участниками проекта имеется полное взаимопонимание. Это единая организация с единым управлением.

В ближайшие 10 лет на доведение проекта потребуется около 10 млрд долл. (5 – на строительство и 5 – на эксплуатацию). Доли России, США, Японии, Китая, Индии и Южной Кореи в общих расходах составят по 9,09 %, а ЕС (как принимающей стороны) – 45,46 %.

И, конечно, ИТЭР безусловно стоит того. Ведь вклад России в проект не столько «денежный», как интеллектуально-технический. В частности, Россия взяла на себя изготовление и поставку высокотехнологичного экспериментального оборудования для реактора ИТЭР на сумму около 380 млн долл. А в результате мы обладаем правами на результаты всей совместной интеллектуальной деятельности, включая ноу-хау.

Но самое главное, ИТЭР – один из первых международных проектов, направленных на реальное обеспечение концепции глобальной энергетической безопасности. Поэтому есть надежда, что с реализацией проекта ИТЭР наш мир станет другим: как минимум, более разумным и демократичным».

## **Литература**

1. О долгосрочных перспективах развития системы МЧС России (МЧС России–2030): Доклад Министра МЧС России В.А. Пучкова на заседании Экспертного совета МЧС России (от 27 нояб. 2012 г.). М.: МЧС России, 2012.
2. Стратегия инновационного развития РФ на период до 2020 года: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 8 дек. 2011 г. № 2227-р. // Президент России молодым учёным и специалистам. URL: <http://www.youngsciens.ru> (дата обращения: 23.11.2013).
3. Об образовании в Российской Федерации (с изм. и доп. на 2013 г.): Федер. закон Рос. Федерации от 29 дек. 2012 г. № 273-ФЗ // Гарант: информ.-правовой портал. URL: <http://base.garant.ru> (дата обращения: 15.12.2013).
4. Вибрационные испытания зданий / под ред. Г.А. Шапиро. М.: Стройиздат, 1972. 159 с.
5. Эйнштейн А. Собрание научных трудов: в 4-х т. / под ред. И.Е. Тамма, Я.А. Смородинского, Б.Г. Кузнецова. М.: Наука, 1965. Т. 1. 700 с.
6. Эйнштейн А. М.: Наука, 1966. Т. 2. 878 с.