

## «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ» В УЧЕБНОМ КУРСЕ «ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ ФИЗИКА» ФАКУЛЬТЕТА ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ

Соколов Евгений Петрович,  
Запорожский национальный технический университет,  
г. Запорожье, Украина

**Введение.** «Так как здание всего мира совершено и возведено премудрым Творцом, то в мире не происходит ничего, в чем не был бы виден смысл какого-нибудь максимума или минимума» – писал более 250 лет назад великий Леонард Эйлер [1].

Большинство принципов минимума, о которых говорит великий ученый, связаны с энергетическими понятиями. Фермы мостов и каркасы небоскребов деформируются под действием нагрузки так, чтобы их потенциальная энергия была бы минимальной. В электрических сетях токи распределяются по сопротивлениям так, чтобы минимальным было бы выделение тепла. Подчиняются принципу минимума статические электрические и магнитные поля: их распределение в пространстве всегда отвечает условию минимума энергии поля. А всю классическую механику, вместе с законами Ньютона и законами сохранения, можно вместить в одно предложение, которое называется «Принцип наименьшего действия» Лагранжа и также непосредственно связано с энергетическим языком описания механических явлений.

Поэтому утверждение, что наиболее полным и соответствующим действительности является энергетический язык описания физических явлений, представляется во многом справедливым. И, конечно, несомненно справедливым представляется утверждение, что современный инженер должен свободно и в полной мере владеть энергетическим языком.

В связи с этим возникают естественные вопросы:

Когда и в каком месте системы подготовки инженера «Школа-ВУЗ» должно происходить формирование полного понятийного аппарата «энергетического» мышления? [2].

В какой последовательности должно происходить формирование умственных действий связанных с энергетическим описанием физических процессов? [3].

Что дополнительно следует ввести в школьный и университетский курсы физики, чтобы добиться устойчивого выполнения учащимися заданий с энергетическим содержанием?

В настоящей работе мы дадим ответы на два первых вопроса и приведем соображения, подчеркивающие актуальность третьего вопроса. При этом мы просим учесть, что наши ответы выражают только одну из многих возможных точек зрения – точку зрения преподавателей, работающих в системе довузовской подготовки технического университета. А именно, на факультете довузовской подготовки Запорожского национального технического университета (ФДП ЗНТУ).

**Основная часть статьи.** Система довузовской подготовки на сегодняшний день является достаточно востребованной. Об этом говорит уже то, что каждый год на ФДП ЗНТУ приходит до 1500 школьников-старшеклассников – современные школьники остро чувствуют необходимость дополнительной подготовки. Не менее остро необходимость работы системы довузовской подготовки ощущает и сам университет. Дело в том, что после реорганизации средней школы и «педагогической революции», когда из учебных планов многих школ исчезли или существенно сократились предметы физико-математического профиля, технические ВУЗы с тревогой обнаружили недостаток абитуриентов, подготовленных для обучения в техническом университете. Главным вопросом для них стал вопрос: «Где взять подготовленных абитуриентов?»

Ответ на этот вопрос, на сегодняшний день, только один – университет сам должен готовить своих абитуриентов! И ничего трагического в таком положении дел, на наш

взгляд, нет. Так, например, в области подготовки работников культуры и спорта уже давным-давно созданы и успешно функционируют специальные музыкальные школы, изостудии и спортивные секции, цель которых, – дополнительная специальная довузовская подготовка школьников. И, конечно, сегодня никто не сочтет правильным, что школьных уроков музыки или рисования будет достаточно для поступления в консерваторию или в высшее художественное училище.

Такая же ситуация, на наш взгляд, складывается и в системе подготовки инженерных кадров. При этом роль образовательных центров должны взять на себя факультеты довузовской подготовки технических университетов. Их главной целью должна стать подготовка школьников к дальнейшему обучению в техническом университете.

Для подготовки по физике абитуриентов, поступающих на технические и компьютерные специальности, на ФДП ЗНТУ был создан специальный курс физики, который получил название «Экзаменационная физика». Его первая лекционная компонента опубликована в работах [4,5]. Комплекс заданий для самостоятельной работы и контрольных мероприятий – в работе [6]. Самая объемная часть методического обеспечения нашего курса «Практикум» – готовится к печати.

Курс «Экзаменационная физика» создавался как обобщающий, развивающий и систематизирующий курс, как третий концентр обучения физике. В его рамках был создан цикл специальных занятий: «Как решать задачи» [7], «Действия над векторами» [8], «Правило трех векторов» [9], «Скорость и ускорение» [10], «Задачи на сравнение» [11], «Частное и общее», «Объединяй и разъединяй» [12] и другие.

Особое внимание в нашем курсе уделялось изложению энергетических вопросов. Это связано с тем, что даже самый беглый анализ знаний поступающих к нам абитуриентов показывает, что задачи с энергетическим содержанием для них не в пример тяжелее обычных задач. И такой вывод касается не только обычных школьников, но и школьников-олимпиадников!

Это наблюдение, на наш взгляд, означает, что на школьном этапе не получается добиться полного усвоения энергетических понятий, даже при достаточно большом объеме учебных занятий и сильной мотивации учащихся. Отсюда вытекает ответ на первый вопрос.

Хотя было бы желательным, чтобы формирование «энергетического» мышления происходило бы у будущих инженеров на стадии школьного обучения, полностью овладеть «энергетическим» методом у школьников не получается. Переносить решение этой проблемы в университетский курс совершенно неразумно. Вывод один – *формирование «энергетического» мышления должно происходить в системе довузовской подготовки технических университетов.*

Вторым вопросом является вопрос о том, как спланировать наши действия по формированию умственных действий учащихся необходимых для решения задач с энергетическим содержанием.

После некоторого количества проб и ошибок мы остановились на мнении, что оптимальным является *традиционный путь* формирования комплекса «энергетических» понятий, при условии внесения в него определенных изменений и дополнений.

Во-первых, на ФДП ЗНТУ работа ведется со старшеклассниками-абитуриентами (период когнитивного развития – «формальные операции») [13] поэтому мы можем отказаться от тех неоправданных упрощений, которые, по-видимому, необходимы при обучении школьников (период когнитивного развития – «конкретные операции»), но существенно снижают общий теоретический уровень изложения материал.

В-вторых, следует учитывать исторически образовавшуюся гигантскую разницу между тем, что мы видим в теории, и тем, что встречаем в задачах. Если авторы учебников обычно четко придерживаются программы, то в области композиции нравы более либеральные. Автор любой задачи, решение которой требует использования новых

понятий и методов, всегда защищен сакраментальным: «Легко догадаться!». Несоответствие теории и практики приводит к тому, что громадное количество учебных материалов, наработанное поколениями учителей-энтузиастов, оказываются недоступным современному школьнику. Вывод: в нашем курсе следует разрабатывать и внедрять новые эффективные методы решения физических задач.

В-третьих, следует, по мере наших сил и возможностей, устранять те малозаметные логические противоречия и туманности, которые иногда можно встретить при стандартном изложении энергетических вопросов. Ведь известно, что при изучении нового, сложного материала даже небольшая теоретическая «неувязка» может стать осознанной или неосознанной причиной нашего отказа следовать за мыслью автора.

Дадим теперь общее описание архитектуры «энергетического» комплекса понятий курса «Экзаменационная физика».

Главными «энергетическими» линиями в нашем курсе являются две линии: линия занятий, связанная с понятием работы (линия А), и линия занятий связанная с понятием энергии (линия Е). Они пронизывают все темы нашего курса. И одним из главных вопросов при создании «Экзаменационной физики» был вопрос об организации правильного чередования этих линий.

Кроме этих двух главных «энергетических» линий в нашем курсе есть еще две «энергетические» линии: линия занятий, связанных с понятием мощности (линия Р), и линия занятий, связанная с понятием тепла (линия Q). Чтобы в дальнейшем не отвлекаться от главного, дадим здесь предварительную характеристику этих «энергетических» линий.

Линия мощности в нашем курсе не претендует на звание основной. Дело в том, что если понятия работы и энергии относятся к фундаментальным физическим понятиям, то понятие мощности – понятие скорее техническое. Наш опыт показывает, для усвоения этого понятия достаточно двух небольших занятий. Это небольшое лекционное занятие (20 минут), где дается определение понятия мощности и проводится его обсуждение, и практическое занятие (40 минут), которое обычно проводится в конце курса при повторении.

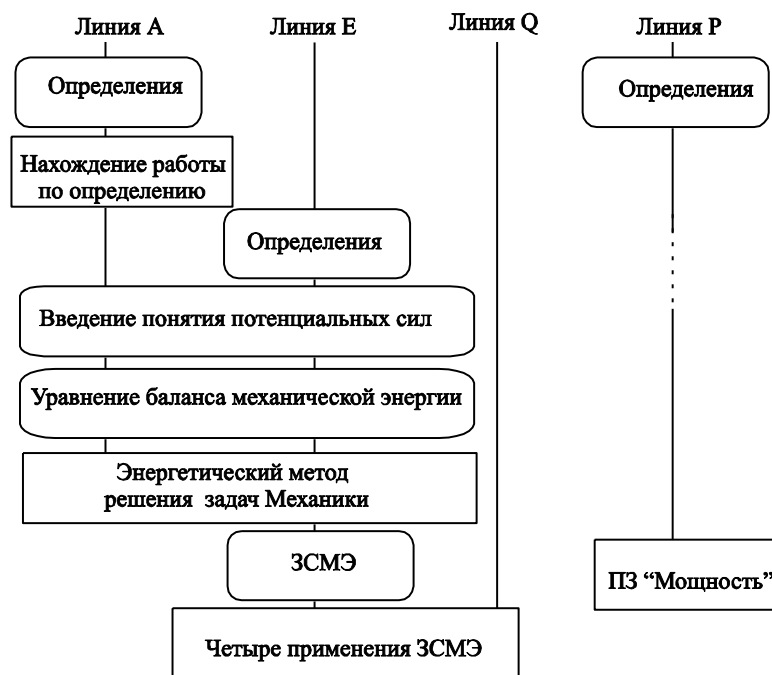


Рис.1. Энергетический блок раздела «Механика»

Линия занятий, связанных с понятием тепла (линия Q), в нашем курсе представлена более сильно. Мы начинаем первые обсуждения этого понятия еще в «Механике». А в

разделе «Молекулярная физика и основы термодинамики» эта линия выходит на первый план.

Перейдем теперь к описанию структуры «энергетического» комплекса в каждом из разделов курса «Экзаменационная физика».

Раздел «Механика» – самый большой раздел нашего курса. Он состоит из трех модулей: «Кинематика», «Динамика», «Законы сохранения. Статика. Гидростатика» и изучается на протяжении почти четырех месяцев. (Учебный план курса «Экзаменационная физика» с информацией об отдельных модулях можно найти, например, в [14].) Первый раз к энергетическим вопросам мы обращаемся в третьем модуле. Структура комплекса «энергетических» занятий этого модуля приводится на рисунке 1.

На первом лекционном занятии мы даем определение понятию работа силы [4:III.2.1]. Здесь же мы обсуждаем ряд связанных с этой величиной вопросов. В каких единицах измеряется эта физическая величина? Какой знак она может иметь? Что может служить измерителем работы?

Несмотря на простоту вопросов, здесь есть что обсуждать. Так практически все, не задумываясь, на первый вопрос отвечают: «Работа – это положительная величина!» Приходится тут же на простых примерах показывать, что работа силы есть величина алгебраическая. В зависимости от обстоятельств она может принимать как положительные, так и отрицательные значения. А может быть равной нулю. А на роль «работометра» можно предложить ... человека. Чем больше мы устаем, тем большую работу совершаем. Правда у такого «работометра» есть один недостаток – он дает «неправильные показания» для самого простого случая, когда мы просто что-нибудь держим. В этом случае мы тоже устаем, хотя формально работу не совершаем! Это хороший предлог обсудит энергетику живых организмов. Заканчиваем мы первое обсуждение понятия работы разговором о внесистемной единице измерения  $1 \text{ кВт} \cdot \text{час}$ .

За лекционным занятием следует практическое занятие «Вычисление работы по определению». Оно является экскурсией по множеству задач, в которых работу силы можно найти с помощью определения. Оказывается, что это множество задач совсем небольшое. После разбора шести задач мы приходим к задачам, которые можно решить лишь на основе энергетических соображений.

Следующий лекционный блок связан с введением понятия энергии [4:III.2.2]. Мы определяем энергию как физическую величину, характеризующую способность тела совершать работу. Такое определение дает нам хороший инструмент для дальнейшего. Если мы установим факт, что некоторая система может быть использована для совершения работы (идеальный газ, поверхность жидкости, заряженный конденсатор, катушка с током и т. д.), то мы обязаны будем сказать, что данная система обладает энергией.

Первым мы вводим понятие полной механической энергии, а затем понятия кинетической и потенциальной энергии. Кинетическую энергию мы определяем как физическую величину, характеризующую способность тела совершать работу за счет своего движения, а потенциальную энергию – как физическую величину, характеризующую способность тел совершать работу за счет изменения своего расположения. При этом, учитывая, что наш курс носит обобщающий характер, мы сразу вводим все шесть видов потенциальной энергии, которые рассматриваются в школьном курсе физики. Введенные понятия обсуждаются и уточняются с целью придания им наиболее общего вида.

Сразу после этого мы производим деление сил на потенциальные и непотенциальные. В первой группе оказываются шесть сил, для которых мы только что ввели понятие потенциальной энергии. Вторая группа более скромная. В ней всего две силы: сила трения и «внешняя сила» (такое название в нашем курсе получили непотенциальные силы, которые возникают за счет деятельности человека или работы технических механизмов). На наш взгляд, такое деление сил совершенно необходимо. В

противном случае, наши слушатели будут обречены вечно путаться в простых энергетических терминах.

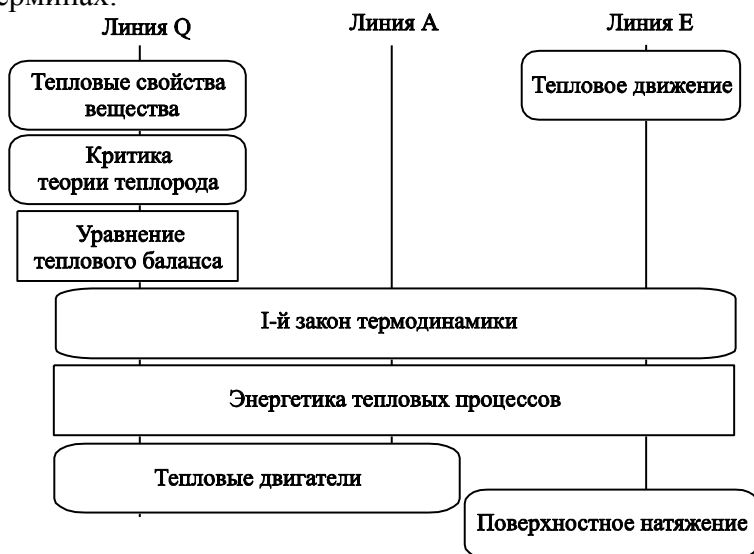


Рис.2. Энергетический блок раздела «Молекулярная физика и основы термодинамики»

Самым главным занятием «энергетического» комплекса механики является занятие, посвященное установлению связи между введенными энергетическими величинами [4:III.2.4]. Здесь мы доказываем «теорему об изменении кинетической энергии» и тут же представляем ее в виде «уравнения баланса механической энергии». С помощью этого уравнения мы рассматриваем темы: «Вычисление работы с помощью уравнения баланса механической энергии», «Принцип виртуальных перемещений и анализ работы простых механизмов», «Решение задач динамики энергетическим методом».

Заключительным этапом «энергетического» комплекса «Механики» является цикл занятий, посвященных доказательству фундаментального физического закона сохранения механической энергии [4:III.2.5] и его применению для решения задач. Отметим, что хотя для доказательства ЗСМЭ мы используем классическое уравнение баланса механической энергии, при обсуждении мы специально подчеркиваем, что область справедливости этого закона гораздо шире, чем область справедливости классической механики, и, что этот закон является следствием однородности времени.

Практическое занятие, продолжающее эту тему, состоит из нескольких занятий. Это, во-первых, практическое занятие «ЗСМЭ», на котором рассматриваются приемы решения задач механики с помощью закона сохранения энергии, занятие «ЗСМЭ+ЗСМИ» – занятие на совместное применение законов сохранения энергии и импульса, занятие «ЗСМЭ+Динамика» и занятие «Столкновения» [4:III.2.6].

На этом этапе в нашем курсе появляется энергетическая линия Q, – линия, связанная с понятием тепла. Здесь мы проводим первое обсуждение вопроса о том, что же происходит в природе, когда полная механическая энергия системы в конечном состоянии оказывается меньшей, чем в начальном.

Структура «энергетического» комплекса раздела «Молекулярная физика и основы термодинамики» представлена на рисунке 2.

На первый план в этом разделе выходит линия Q. Термодинамика в нашем курсе начинается с обсуждения тепловых свойств твердых и жидких тел и решения задач на уравнение баланса тепла. Более того, в нашем курсе мы вводим специальное теоретическое занятие «Критика теории теплорода» [4:II.2]. Возникает естественный вопрос, зачем надо критиковать понятие, которое уже неизвестно современным школьникам? Ответ простой: хотя термин «теплород» полностью вытеснен из языка

современной физики, образы и понятия связанные с этой теорией остались. И нет ничего страшного в том, что мы используем образы теории теплорода, если четко указана граница применимости этой теории.

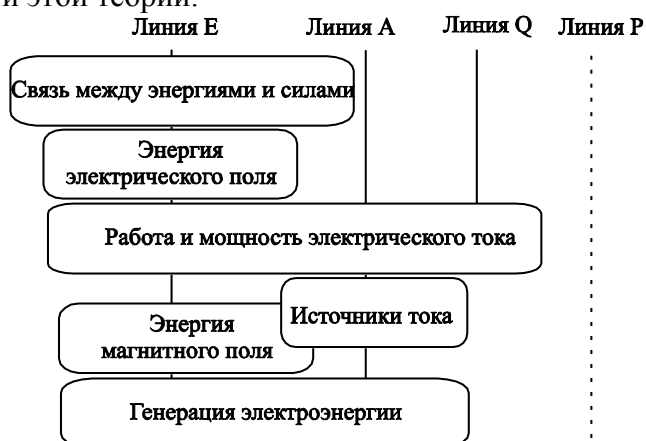


Рис.3. Энергетический блок раздела «Основы электродинамики»

Современная термодинамика начинается в нашем курсе с обсуждения превращения энергии в тепловых процессах и заканчивается темами «Тепловые двигатели» [4:II.6] и «Необратимость тепловых процессов» [4:II.7].

Еще два обращения к рассмотрению энергетических вопросов в этой теме связаны с линией Е. В начале раздела мы обсуждаем энергетику теплового движения молекул и ее связь с абсолютной температурой, а в конце – энергетику явления поверхностного натяжения. При этом мы используем «Принцип виртуальных перемещений».

Отметим, что в этом разделе мы первый раз столкнулись с явлением, когда большая группа задач с энергетическим содержанием оказалась совершенно не по силам нашим слушателям, несмотря на то, что мы только что обсудили все необходимые для решения понятия и написали нужные формулы большими буквами на доске. А еще печальнее было то, что увеличение количества наших объяснений не привело к увеличению понимания у наших слушателей. Речь идет о цикле задач, связанных с применением первого закона термодинамики к термодинамическим процессам. Исследование причин такого непонимания традиционного учебного материала стало одной из задач для исследовательской научной работы преподавателей нашего факультета.

Главная линия раздела «Основы электродинамики» – линия Е (рис.3). Она начинается с обсуждения важного теоретического вопроса – вопроса о связи между потенциальными энергиями и силами. Это очень важный факт, который подчеркивает фундаментальность и полноту энергетического описания физических явлений. В школьном курсе физики он не обсуждается, а зря! Для того чтобы слушатели могли сами усмотреть его, достаточно просто выписать на доске в нужном порядке таблицу сил и энергия. После этого срабатывает метод индукции [5:I.4] и слушатели сами получают ответ.

Однако главным содержанием энергетической компоненты этого раздела мы видим изучение энергетических свойств электрических и магнитных полей. Здесь есть о чем поговорить. Если в школьных учебниках мы видим только две «энергетические» формулы: формулу для энергии заряда в электрическом поле и формулу для энергии конденсатора, то в стандартных решениях задачах этой темы можно найти десять, очень непохожих и даже, на первый взгляд, противоречащих друг другу формул (сравните,  $E_p = q \cdot \varphi$  и  $E_p = \frac{1}{2} \cdot q \cdot \varphi$ ). Все это требует объяснений, и эти объяснения мы даем.

При переходе к главе «Постоянный ток» мы обсуждаем вопросы, связанные с использованием электроэнергии – превращением ее в механическую работу, тепло,

химическую энергию. Изучение темы «Источники тока» в нашем курсе ведется на основе введенного ранее понятия непотенциальной силы.

Отметим, что разделе «Основы электродинамики» присутствует и линия Р. Это связано с традицией использовать при обсуждении некоторых технических вопросов именно понятие мощности.

В последующих разделах курса «Экзаменационная физика» материал с энергетической тематикой встречается «точечно». Раздел «Колебания и волны» дает нам хороший набор задач для повторения закона сохранения энергии. Новым энергетическим понятием здесь является понятие интенсивности волны, которое мы дополняем в нашем курсе физиологическим законом Вебера-Фехнера. В «Опике» энергетические термины встречаются лишь при описании явлений интерференции и фотоэффекта. А вот в разделе «Элементы СТО» мы вновь отходим от традиционного изложения принятого в школе и обсуждаем релятивистскую формулу для энергии движущегося тела [4:II]. Наши усилия не напрасны, с помощью этой формулы мы «открываем» для наших слушателей новый вид энергии – энергию покоя. В разделе «Атомная физика» мы знакомим наших слушателей постулатом Бора о квантовании энергии атомных и молекулярных объектов и об энергетических закономерностях теплового излучения.

Значительное содержание энергетическая тема получает в последнем разделе нашего курса «Ядерной физике». Из пяти параграфов этого раздела самый большой параграф – это параграф «Ядерная энергетика» [5:III.4]. Здесь главное внимание мы уделяем понятию «энергия связи». Это понятие является важным общефизическим термином, однако оно обычно остается за рамками традиционного школьного курса физики. В нашем курсе понятие «энергия связи» используется при обсуждении таких очень важных физических вопросов, как понятие полной энергии связанных систем и понятие энергетического выхода ядерных и химических реакций.

Завершающий раздел нашего курса «Ядерная физика» достаточно широко представлен в материалах внешнего независимого тестирования. Поэтому практическое работе наших слушателей с этим материалом мы уделяем повышенное внимание. Анализ результатов выполнения нашими слушателями «Обязательных домашних работ», «Еденных контрольных работ», пробного тестирования и тестов с поддержкой самоконтроля [6], показывает, что здесь для них остаются определенные трудности. А именно, если после проведения соответствующего практического занятия задачи связанные со строением ядер или с явлением радиоактивности они уверенно решают, то задачи с энергетическим содержанием часто остаются для них непосильными.

**Заключение.** Исследования, проведенные преподавателями ФДП ЗНТУ в 1990-2000 г.г., показали, что для абитуриентов-старшеклассников, поступающих в технический университет, серьезную сложность представляют вопросы, связанные с энергетической тематикой. Поэтому при создании специального курса физики для абитуриентов «Экзаменационная физика» нами были запланированы и реализованы меры по совершенствованию методики преподавания этого материала. Среди таких мер можно перечислить: отказ от необоснованных упрощений в изложении, устранение логических «туманностей», присутствующих в традиционном изложении, разработка и внедрение в наш курс большой серии специальных обобщающих занятий.

Анализ результатов контрольных и обязательных домашних работ показывает, что большинство слушателей к концу обучения овладевают приемами решения многих типов задач с энергетическим содержанием.

Однако нами был обнаружен большой класс задач, которые при традиционном изложении «не поддаются педагогическим усилиям» и остаются во многом неприступным для наших слушателей. К таким задачам можно отнести большинство задач тем «Энергетика термодинамических процессов» и «Ядерная энергетика». Найдены такие «неподдающиеся решению» задачи и в «Механике». Об исследовании причин сложности

задач этого класса и о создании для их решения специального метода мы расскажем в отдельной работе.

### Литература

1. *Эйлер Л.* Метод нахождения кривых линий, обладающих свойствами максимума или минимума, решения изопериметрической задачи, в самом широком смысле. /Л. Эйлер. – М.; Л.: ОНТИ, 1934. – 572 с.
2. *Леонтьев А.Н.* Лекции по общей психологии /А. Н.Леонтьев. – М.: «Академия», 2007. – 511 с.
3. *Гальперин П.Я.* Лекции по психологии / П. Я. Гальперин. – М.: КДУ, 2007. – 400 с.
4. *Соколов Є. П.* Екзаменаційна фізика. Лекції: навчальний посібник [для студ. вищ. навч. закл.]: в 2 т. / Є. П. Соколов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – Т.1. – 184 с.
5. *Соколов Є. П.* Екзаменаційна фізика. Лекції: навчальний посібник [для студ. вищ. навч. закл.]: в 2 т. / Є. Петрович Соколов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – Т.2. – 222 с.
6. *Соколов Є.П.* Збірник структурованих комплексних завдань з фізики : навчальний посібник [для слухачів підготовчих відділень та курсів вищ. навч. закл.] / Є. П. Соколов, Д. І. Анпілогов. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2010. – 208 с.
7. *Соколов Є. П.* Методика проведення першого практичного заняття на факультеті доузівської підготовки / Є. П. Соколов // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2009. – Випуск 82. – Частина 1. – С. 223–228.
8. *Соколов Є. П.* Методика вивчення елементів векторної алгебри у курсі фізики факультету доузівської підготовки / Є. П. Соколов // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія : Педагогічні науки. – Чернігів : ЧДПУ, 2009. – Випуск 65. – № 65. – С. 278–282.
9. *Соколов Є.П.* Правило трьох векторів / Є. П. Соколов // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 4. – С. 35 – 38.
10. *Соколов Е.П.* Преимущество школьного и университетского курсов физики: занятие «Скорость и ускорение» в системе доузовской подготовки / Е. П. Соколов // Педагогічні науки та освіта : збірник наукових праць Запорізького обласного інституту післядипломної педагогічної освіти / редкол. : А. І. Павленко (голов. ред.) та ін. – Вип. V. – Запоріжжя : КЗ «ЗОППО» ЗОР, 2009. – С. 82 – 93.
11. *Соколов Є.П.* Задачі на порівняння / Є. П. Соколов // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 10. – С.25-27.
12. *Соколов Е.П.* Два этюда о динамике / Е. П. Соколов // Квант. – 2010. – № 5. – С. 47-49.
13. *Пиаже Ж.* Избранные психологические труды / Ж. Пиаже. – М.: Просвещение, 1969. – 658 с.
14. *Соколов Е.П.* Комплекс структурированных заданий по физике ФДП ЗНТУ / Е. П. Соколов // Педагогічні науки та освіта : збірник наукових праць Запорізького обласного інституту післядипломної педагогічної освіти / редкол. : А. І. Павленко (голов. ред.) та ін. – Вип. IV. – Запоріжжя : КЗ «ЗОППО» ЗОР, 2009. – С. 92 – 103.