

Якупов Г.С., Манаков Н.А.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

E-mail: joshua79@rambler.ru

ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА

Одной из важнейших задач высшего образования является создание условий для подготовки высококвалифицированных инженерно-технических кадров, готовых не только к освоению и совершенствованию существующих, но и к разработке новых наукоемких технологий. Базовой основой для подготовки таких специалистов могут стать практические и семинарские занятия в рамках курса физики, направленные на решение исследовательских задач, в совокупности с соответствующей самостоятельной работой студентов. Решение исследовательских задач: способствует более глубокому пониманию физических процессов и явлений, лежащих в основе современных наукоемких технологий; позволяет осознать обусловленность современных технологий физическими законами и закономерностями; развивает навыки в логической последовательности структурировать информацию о технических объектах и технологических процессах; формирует общее представление о последовательности решения технологической задачи (постановка цели, формулировка гипотезы, планирование и проведение эксперимента, анализ результатов и выводы). Поскольку физика изучается на всех инженерных специальностях, то такой подход целесообразно было бы начать реализовывать в рамках изучения курса физики, тем более, что к настоящему времени накоплен огромный запас заданий, которые можно было бы предлагать для решения будущим инженерам как в рамках семинарских и практических занятий, так и в качестве домашних заданий.

Ключевые слова: исследовательская деятельность, подготовка будущих инженеров, исследовательские компетенции, обучение физике в вузе.

Для цитирования: Исследовательские задачи по физике как средство формирования исследовательской компетенции будущего инженера / Г.С. Якупов, Н.А. Манаков // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2020. – №4 (227). – С. 59-65.

Yakupov G. S., Manakov N. A.

Orenburg State University, Orenburg, Russia

E-mail: joshua79@rambler.ru

RESEARCH TASKS IN PHYSICS AS A MEANS OF FORMING THE RESEARCH COMPETENCE OF A FUTURE ENGINEER

One of the most important tasks of higher education is to create conditions for training highly qualified engineering and technical personnel who are ready not only to master and improve existing technologies, but also to develop new high-tech technologies. The basic basis for training such specialists can be practical and seminar classes in the course of physics, aimed at solving research problems, in conjunction with the corresponding independent work of students. Solving research problems: contributes to a deeper understanding of the physical processes and phenomena underlying modern high-tech technologies; allows you to understand the conditionality of modern technologies by physical laws and laws; develops skills to structure information about technical objects and technological processes in a logical sequence; forms a General idea of the sequence of solving a technological problem (setting goals, formulating hypotheses, planning and conducting experiments, analyzing results and conclusions). Since physics is studied in all engineering specialties, it would be advisable to start implementing this approach as part of the physics course, especially since there is a huge stock of tasks that can be offered to future engineers for solving both in seminars and practical classes, and as homework.

Key words: research activities, training of future engineers, research competencies, teaching physics at a University.

Изучение физики как общеобразовательного предмета в школе и вузе имеет важное значение в подготовке учащихся к жизни в современном мире техники в условиях быстрого научно-технического прогресса [1], [2]. В настоящее время трудно представить успешного инженера без хорошей физико-математической подготовки.

Полноценное изучение физики будущим инженером предполагает овладение модельным подходом к анализу технических процессов и

систем; освоение экспериментальных методов исследования технических систем в ходе выполнения лабораторного практикума; приобретение навыков решения физических задач, среди которых особое место занимают исследовательские задачи. Для студентов инженерно-технических направлений подготовки решение в процессе обучения исследовательских физических задач является одной из основ приобретения навыков принятия нетривиальных технических

решений в профессиональной деятельности и, следовательно, успешного профессионального становления.

Эффективное формирование исследовательской компетенции в процессе обучения в вузе возможно при использовании методик самостоятельной работы студентов (технологий проблемно-модульного и исследовательского обучения), а также при создании нестандартных учебных ситуаций, стимулирующих их поисковую и творческую деятельность при решении проблемных задач [3], [4].

При этом преподавателю отводится роль координатора деятельности обучающегося, то есть под руководством преподавателя студент решает задачи, способ решения которых ему заранее неизвестен. Причем способов решения этих задач может быть несколько, и очень важно для студента выявить и сравнить эти способы. Такие задачи в отличие от стандартных задач по физике, где необходимо подставить числовые данные в известные математические выражения, предполагают построение процесса решения задачи в соответствии с методологией научного исследования.

В педагогической литературе предлагаются несколько отличающиеся представления об исследовательских (учебно-исследовательских) задачах, но главной их чертой является поисковая ситуация, требующая от учащегося формулировки гипотезы, её обоснования и доказательства в процессе самостоятельного решения. Для студента важно освоить определенный алгоритм решения исследовательских (учебно-исследовательских) задач, например, следующий:

1. Провести анализ условия задачи, чтобы понять её идею в целом.

Какое физическое явление имеет место в условии задачи?

Какой физический процесс происходит?

Что необходимо найти?

Какой раздел физики затрагивает предложенная задача?

2. Провести качественный анализ объекта задачи.

Схематическое описание явления (системы).

Примерное поведение описываемого явления(системы).

Графическое представление явления (системы).

Возможный диапазон значений искомых величин.

3. Составить план решения задачи.

Какие физические величины требуется найти?

В какие уравнения они могут входить?

Имеют ли решения эти уравнения?

Какие побочные величины являются неизвестными?

Какие ещё уравнения могут быть полезны?

Какими параметрами явления (системы) можно пренебречь?

4. Провести анализ полученных результатов [5].

Имеет ли найденная величина соответствующую размерность?

Является ли полученный ответ правдоподобным?

Каков физический смысл полученного ответа?

Как изменяются результаты решения при разных приближениях?

Какие актуальные вопросы могут быть связаны с решением данной задачи?

Этот алгоритм построен в соответствии с методологией научного исследования, отражая её основные элементы. Исследовательская деятельность в процессе решения задачи может быть разбита на этапы, по аналогии с тем, как поступают в нисходящем программировании при проектировании программ, когда первоначально программа воспринимается как совокупность действий, каждое из которых детализируется и представляется как последовательность более простых и конкретных действий [6] – [8].

Исследовательская компетенция может формироваться у учащихся только при рассмотрении реальных исследовательских (учебно-исследовательских) задач, решение которых существенно отличается от традиционных задач по физике. Такие задачи зачастую имеют несколько отличающихся друг от друга верных вариантов решения, в зависимости от предпосылок из которых исходит решающий их студент. При решении достаточно большого количества

таких задач у студентов формируются навыки самостоятельной постановки проблемы исследования и последовательности её рассмотрения, что немаловажно для будущих инженеров.

Рассмотрим элементы исследовательской компетенции, которые формируются у студента при решении исследовательских задач по физике. В зависимости от поставленных целей и индивидуальных особенностей учащихся, каждый конкретный элемент из этого перечня может варьироваться.

1. Студент должен уметь определять цель исследования для понимания проблемной ситуации (исследовательской задачи) на основе известных ему законов физики.

2. Студент должен уметь выдвигать не противоречащие физическим законам гипотезы.

3. Студент должен усвоить, что многие исследовательские задачи затрагивают сразу несколько разделов физики, вследствие чего бывает целесообразно разбить задачу на несколько более простых, промежуточных задач и решать их по отдельности.

4. Студент должен уметь анализировать решение задачи на частные (предельные) случаи и прогнозировать возможные альтернативные решения данной задачи.

5. Студент должен уметь находить необходимые для решения данные, если они изначально не заданы явно.

6. Студент должен иметь навыки организации групповой работы по решению исследовательской работы.

7. Студент должен иметь навыки выступления с докладами при обсуждении результатов своей исследовательской деятельности на конференциях и подготовки полученных результатов для публикации.

8. Студент должен иметь навыки проведения критического анализа своих результатов, их сопоставления с поставленными целями исследовательской задачи.

9. Студент должен уметь применять полученные результаты на практике, не ограничиваясь только рамками теоретического исследования.

Любые научные знания проходят сложный путь от предположения до факта, концепции или теории. Поэтому огромное значение имеет навыки правильного построения гипотезы. Для

умения проверки истинности или ошибочности гипотезы учебная деятельность студентов организуется таким образом, чтобы на основе конкретной физической ситуации они убеждались в истинности или ложности своих предположений [10], [11].

В качестве примера можно рассмотреть несколько задач исследовательского характера и возможные их решения, представленные студентами.

Задача 1. Астрономические наблюдения показывают, что на планете Венера полная облачность, так что «жители» Венеры лишены возможности наблюдать небесные светила. Опишите, каким методом они могли бы точно измерить длину суток [9].

Данная задача имеет несколько возможных решений, в зависимости от того, каким образом мыслит решающий ее студент. Возможно такое решение: «жители» Венеры, лишены возможности жить, так как на этой планете постоянно выпадают осадки в виде серной кислоты. Предложив такой ответ, студент демонстрирует свои знания из области астрономии. Другим возможным решением может быть такой ответ: а что если для наблюдения небесных светил использовать радиолокацию? Или еще какой-либо диапазон электромагнитных волн, например, рентгеновский. Таким образом, решения получаются совершенно разными и тем не менее каждое по-своему правильное.

Задача 2. По какой траектории должен лететь самолет ТУ-104 для того, чтобы можно было воспроизвести невесомость [9]?

Эту задачу можно решить традиционным способом, если записать уравнение, описывающее движение самолета в поле земного тяготения, приравняв нулю равнодействующую всех сил, действующих на тело, находящееся в самолете. Существует и другой способ решения этой задачи, в котором достаточно просто предположить, что самолет представляет собой свободно падающее тело. В поле силы тяжести Земли такое тело будет двигаться по параболе. В этом случае, все тела, находящиеся на борту самолета, будут пребывать в состоянии невесомости.

Особенностью такого рода задач является то, что они не имеют какого-то единого решения и ответа, так как сам решающий может в силу своих знаний, способностей и эрудиции выбрать

тот аспект в задаче, который его интересует и углубиться в его проработку. Причем глубина такого «погружения» ничем не ограничена, то есть каждую такую задачу можно довести до уровня небольшого научного исследования. Решения и ответы, которые предлагают студенты дают возможность судить о стиле их мышления, что очень важно для подготовки будущего инженера. Кроме того, в большинстве таких заданий численные значения физических величин и параметров, учащийся их волен выбирать самостоятельно.

Задача 3. Оцените диаметр купола парашюта, который обеспечивает приземление человека со скоростью, отвечающей прыжку человека с некоторой высоты.

В данной задаче, как и во многих задачах исследовательского характера, нет никаких числовых данных, тем не менее, предполагается получить некое численное значение. Для решения данной задачи можно предположить, что сила сопротивления воздуха определяется формулой Ньютона:

$$F = \frac{\rho v^2 S}{2}$$

где S – площадь купола парашюта,
 ρ – плотность воздуха.

В установившемся режиме $F = mg$. При высоте h с которой осуществляется прыжок можно получить выражение для скорости

$$v^2 = 2gh$$

Таким образом,

$$S \approx \frac{m}{\rho h}$$

Считая, что $m = 70$ кг, $h \approx 2$ м, $\rho \approx 1,3$ кг/м³, получим оценочное значение $S \approx 30$ м², что соответствует диаметру купола 6 м.

Для преподавателя решение таких задач со студентами является очень эффективной проверкой того, что их знания не просто выученный наизусть материал без глубокого его понимания. При использовании таких задач в процессе изучения физики со студентами инженерных специальностей можно развивать творческое аналитическое мышление, формировать научный стиль устного и письменного изложения результатов деятельности. Для успешного формирования исследовательской компетенции студентам необходимо также научиться самостоятельно

выделять определенные физические ситуации и всесторонне их исследовать [12].

Обобщенную программу теоретического исследования с помощью системы задач можно представить в виде следующих этапов:

1. Выделение конкретной физической ситуации в учебном материале.
2. Выявление в ней объекта, явления, процесса, модели.
3. Составление на основе физической ситуации задачи.
4. Решение задачи в общем виде на основе анализа и моделирования физической ситуации.
5. Анализ полученного результата (исследование полученной математической формулы на предельные и частные случаи).
6. Составление на основе измененной физической ситуации другой задачи.
7. Повторение для этой задачи пунктов 4 и 5.
8. Составление, решение и исследование последующих задач.
9. Обнаружение связей между физическими ситуациями с помощью решенных физических задач с целью построения обобщенной физической ситуации.
10. Контроль правильности решения задач и элементы рефлексии.
11. Апробация результатов исследования в процессе учебных, составление сборников задач, подготовка методических рекомендаций.
12. Осуществление научной рефлексии как способа построения новых систем знаний (принятие к исследованию новых физических ситуаций).

Образцы систем (циклов) учебных задач по всем разделам школьного курса физики, которые можно использовать на начальном этапе обучения студентов, представлены в сборнике задач [9].

Контроль и диагностика уровня сформированности у преподавателя физики предметной исследовательской компетенции, осуществляется непосредственно в процессе учебной деятельности при составлении и решении задач, а также по ее итогам экспертными оценками преподавателей специалистов [13] – [15].

В качестве объекта исследования выступали студенты специальности 09.03.03 Приклад-

ная информатика в экономике очной формы обучения у которых в период с 2011–2019 гг. автор проводил лекционные и практические занятия по дисциплине «Физика» и «Практикум по решению физических задач» (с 2014–2016 гг.).

С целью выяснения отношения студентов к дисциплине «Физика», в частности к лекционным и практическим занятиям и к занятиям лабораторного практикума, а также к формам их проведения, автором было проведено анкетирование «Чему учит нас физика?». Анализ анкет позволил сделать заключение, что большую часть студентов привлекает деятельность, целью которой является стимуляция познавательной деятельности.

Гистограмма, представленная на рис. 1 представляет собой распределение ответов на вопрос: «Чему учит нас физика?»

- мыслить
- изучать новое
- проводить анализ фактов
- строить правильную картину мира.

Студенты проявляют интерес к исследовательской деятельности в связи с тем, что у них появляется возможность самим выбирать уровень сложности, так называемую «глубину погружения» при выполнении заданий (рис. 2).

В качестве базовых исследовательских навыков, которые должны были быть сформированы у студентов к концу семестра, можно выделить:

- умение видеть проблемную ситуацию;
- умение проводить наблюдения, а также объяснять явления с помощью известных знаний;
- умение строить модели;
- умение выдвигать гипотезы;

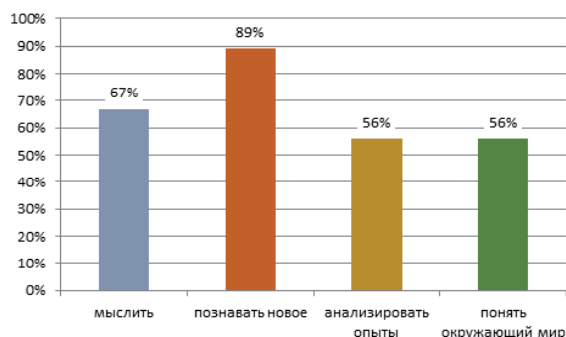


Рисунок 1. Гистограмма распределения ответов на вопрос: «Чему учит нас физика?»

навыки самостоятельного планирования собственной деятельности, использования измерительных приборов, выполнения математической обработки результатов исследования;

умение делать выводы из результатов собственной деятельности;

умения оценивать полученные результаты на достоверность.

В процессе решения задач исследовательского характера часть студентов учатся самостоятельно формулировать проблему и предлагать методы её решения (уровень С). Для другой части аудитории преподаватель лишь ставит проблему, а студенты находят методы ее решения (уровень В). Оставшаяся часть студентов пользуются для решения задачи, поставленной преподавателем намеченными им же методами её решения (уровень А).

При выполнении задания исследовательского характера (см. рис. 3) часть студентов самостоятельно формулируют проблему и предлагают методы ее решения (С уровень), для других студентов преподаватель только ставит проблему, а они самостоятельно находят методы ее решения (В уровень), для некоторых преподаватель ставит проблему и намечает методы ее решения (А уровень).

К концу семестра количество студентов уровня В и С, по сравнению с его началом увеличилось, что демонстрируют данные гистограмм на рис. 3 и 4. Это позволяет сделать предположение о том, учебную деятельность целесообразно организовывать подобным образом.

Все студенты в учебных группах отметили необходимость внедрения исследований в

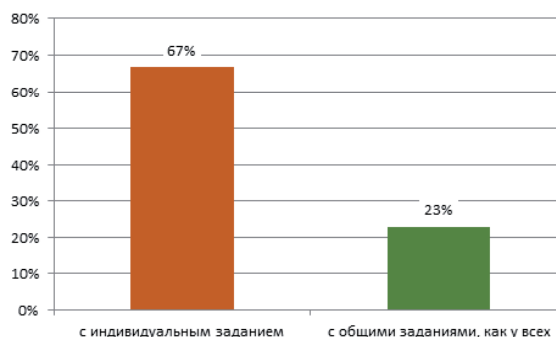


Рисунок 2. Распределение выбранных заданий по степени сложности их выполнения

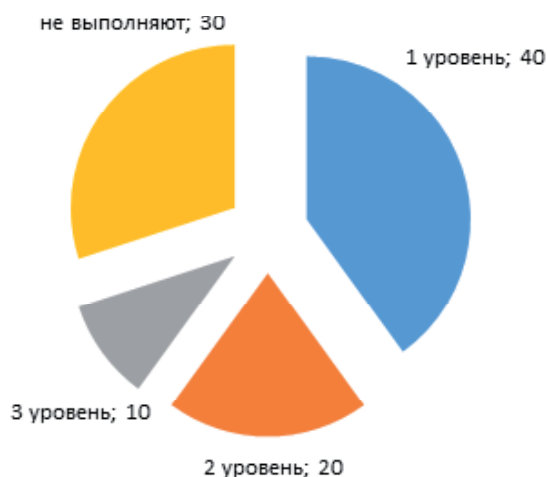


Рисунок 3 Уровень сформированности исследовательских умений в начале семестра



Рисунок 4 Уровень сформированности исследовательских умений в конце семестра

учебный процесс, 87% опрошенных считают, что обучение стало более интересным. Ответы студентов позволяют нам сделать вывод, что такие занятия дают возможность проявить себя в большей степени и что новый материал изучается ими в значительной степени осознанно. По словам студентов, возможности, предоставляемые исследованиями, способствуют увеличению объема и качества полезной информации.

Самостоятельные действия по выявлению физической ситуации, созданию с ее помощью физических задач, созданию новых физических ситуаций путем моделирования дополнительных воздействий на физический объект, составлению системы (цикла) физических проблем, решению и изучению (анализу) являются теоретическими исследованиями, которые соответствуют научным методам [16] – [18].

Предметной исследовательской компетентностью будущего инженера является совокупность личностных качеств обучаемого (ценностно-смысловых ориентаций, знаний, умений, навыков, способностей), обусловленных приобретением опыта исследовательской деятельности в процессе изучения курса физики.

Поэтому реализация исследовательских задач при изучении физики в высшей школе направлена на получение опыта в различных учебно-познавательных мероприятиях, поиске, анализе и обработке физической информации, а также на эффективное и безопасное использование различных технических устройств. Систематическая реализация таких задач при изучении всего курса физики в вузе способствует формированию интеллектуальных и творческих способностей студентов.

03.05.2020

Список литературы:

1. Манаков, Н.А. Место физики в системе общего и специального образования [Текст] / Н.А. Манаков, А.С. Вдовин, Р.С. Вдовин // Педагог. – 2001. – № 2 (11). – С. 48-51.
2. Манаков, Н.А. Место физики в системе образования и воспитания / Н.А. Манаков, А.А. Чакак // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры [Электронный ресурс]: материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон.дан. – Оренбург: ОГУ, 2017. – С. 1837-1843.
3. Жук, О.Л. Педагогическая подготовка студентов: компетентностный подход / О.Л. Жук. – Минск: РИВШ, 2009. – 336 с.
4. Савенков, А.И. Педагогическая психология. В 2 т. / А.И. Савенков. – Т. 2. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 240 с.
5. Микешина, Л.А. Философия науки: Современная эпистемология. Научное знание в динамике культуры. Методология научного исследования / Л.А. Микешина. – М.: Прогресс-Традиция: МПСИ: Флинта, 2005. – 464 с.
6. Майданов, А.С. Методология научного творчества / А.С. Майданов. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 512 с.
7. Новиков, А.М. Методология / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М.: ИНЕРГ, 2007. – 668 с.
8. Белянин, В.А. Сборник задач по физике: Учебное пособие / В.А. Белянин. – Йошкар-Ола, 2010. – 94 с.
9. Кузнецов, А.П. Физические задачи для научных работников младшего возраста: Учеб. пособие / А.П. Кузнецов, С.П. Кузнецов, Л.А. Мельникова. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1998. – 32 с.: ил. ISBN 5-292-02168-7.

10. Sabella, M. Knowledge organization and activation in physics problem solving. / M. Sabella, E.F.Redish // *American Journal of Physics*. – 2007. – 75: 1017-1029.
11. Scherr, R. Gesture analysis for physics education researchers / R. Scherr // *Physical Review. Special Topics: Phys. Educ. Res.* – 2007. – 4, 010101. – 9 pages.
12. Thacker, B.A. Recent advances in classroom physics. *Reports on Progress in Physics*. – 2003 – 66: 1833-1864
13. Redish, E.F. Reverse-engineering the solution of a “simple” physics problem: Why learning physics is harder than it looks / E.F. Redish, R.E Scherr, J. Tuminaro // *The Physics Teacher* – 2006– 44 (5): 293–300.
14. The Importance of Monitoring Skills in Physics Problem Solving / M. Alii, C.A. Talib, N.H.Ibrahim, J. Surif, A.H.Abdullah // *European Journal of Education Studies* – 2016. – 1(3). – 1-10.
15. Byu, T. Why Students Still Can't Solve Physics Problems after Solving over 2000 Problems / T. Byu, G. Lee // *American Journal of Physics*. – 2014. – 82. – C. 906-913.
16. An Analysis of Students' Skill in Applying the Problem-Solving Strategy to the Physics Problem Settlement in Facing AEC as Global Competition / A. Halim, Y. Yusrizal, S. Susanna, T. Tarmizi // *Journal Pendidikan IPA Indonesia*. – 2016 –5(1). – C. 1-5.
17. Physics Problem Solving: Selecting More Successful and Less Successful Problem Solvers / A. Marlina, I. Nor Hasniza, A. Abdul Halim, S. Johari, S. Nurshamela // *International Conference of Teaching, Assessment and Learning*. 2014. – C. 186-191.
18. Reddy, M.V.B. Students Problem-Solving Difficulties and Implications in Physics: An Empirical Study on Influencing Factors / M.V.B. Reddy, B. Panacharoensawad // *Journal of Education and Practice*. – 2017. – 8(14). – C. 59-62.

References:

1. Manakov N.A., Vdovin A.S., Vdovin R.S. Place of physics in the system of general and special education. *Pedagog* [Teacher], 2001, no. 2 (11), pp. 48-51.
2. Manakov N.A., CHakak A.A. Place of physics in the system of education and upbringing. *Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovaniya, nauki i kul'tury [Elektronnyj resurs]: materialy Vserossijskoj nauchno-metodicheskoj konferencii; Orenburg.gos. un-t.* [University complex as a regional center of education, science and culture [Electronic resource]: materials of the All-Russian scientific and methodological conference; Orenburg state un-t.]. Orenburg: OGU, 2017, pp. 1837-1843.
3. ZHuk O.L. *Pedagogicheskaya podgotovka studentov: kompetentnostnyj podhod* [Pedagogical training of students: competence-based approach]. Minsk: RIVSH, 2009, 336 p.
4. Savenkov A.I. *Pedagogicheskaya psihologiya. V 2 t.* [Pedagogical psychology. In 2 volumes]. M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2009, vol. 2, 240 p.
5. Mikeskina L.A. *Filosofiya nauki: Sovremennaya epistemologiya. Nauchnoe znanie v dinamike kul'tury. Metodologiya nauchnogo issledovaniya* [Philosophy of Science: Contemporary Epistemology. Scientific knowledge in the dynamics of culture. Methodology of scientific research]. M.: Progress-Tradiciya: MPSI: Flinta, 2005, 464 p.
6. Majdanov A.S. *Metodologiya nauchnogo tvorchestva* [Methodology of scientific creativity]. M.: Izdatel'stvo LKI, 2008, 512 p.
7. Novikov A.M., Novikov D.A. *Metodologiya* [Methodology]. M.: INERG, 2007, 668 p.
8. Belyanin V.A. *Sbornik zadach po fizike: Uchebnoe posobie* [Collection of tasks in physics: Textbook]. Joshkar-Ola, 2010, 94 p.
9. Kuznecov A.P., Kuznecov S.P., Mel'nikova L.A. *Fizicheskie zadachi dlya nauchnyh rabotnikov mladshego vozrasta: Ucheb.posobie* [Physical tasks for young scientists: Textbook]. Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 1998, 32 s.: il. ISBN 5-292-02168-7.
10. Sabella M., Redish E.F. Knowledge organization and activation in physics problem solving. *American Journal of Physics*, 2007, 75: 1017-1029.
11. Scherr R. Gesture analysis for physics education researchers. *Physical Review. Special Topics: Phys. Educ. Res.*, 2007, 4, 010101, 9 pages.
12. Thacker B.A. Recent advances in classroom physics. *Reports on Progress in Physics*, 2003, 66: 1833-1864
13. Redish E.F., Scherr R.E., Tuminaro J. Reverse-engineering the solution of a “simple” physics problem: Why learning physics is harder than it looks. *The Physics Teacher*, 2006, 44 (5): 293–300.
14. Alii, M., Talib, C. A., Ibrahim, N. H., Surif, J., & Abdullah, A. H. The Importance of Monitoring Skills in Physics Problem Solving. *European Journal of Education Studies*, 2016, 1(3), pp. 1-10.
15. Byu T., Lee G. Why Students Still Can't Solve Physics Problems after Solving over 2000 Problems. *American Journal of Physics*, 2014, 82, pp. 906-913.
16. Halim A., Yusrizal Y., Susanna S., & Tarmizi T. An Analysis of Students' Skill in Applying the Problem-Solving Strategy to the Physics Problem Settlement in Facing AEC as Global Competition. *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, 2016, 5(1), pp. 1-5.
17. Marlina A., Nor Hasniza I., Abdul Halim A., Johari S., & Nurshamela S. Physics Problem Solving: Selecting More Successful and Less Successful Problem Solvers. *International Conference of Teaching, Assessment and Learning*, 2014, pp. 186-191.
18. Reddy M.V.B., Panacharoensawad B. Students Problem-Solving Difficulties and Implications in Physics: An Empirical Study on Influencing Factors. *Journal of Education and Practice*, 2017, 8(14), pp. 59-62.

Сведения об авторах:

Якупов Генар Сагитович, старший преподаватель кафедры физики и методики преподавания физики
Оренбургского государственного университета
E-mail: joshua79@rambler.ru

Манаков Николай Александрович, профессор кафедры физики и методики преподавания физики
Оренбургского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13