

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ДИЗАЙН

УДК 378.147.34

DOI 10.23951/2307-6127-2019-1-144-150

## ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ УЧЕБНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ФОРМИРОВАНИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ IT-НАПРАВЛЕНИЙ

*А. В. Баранов*

*Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск*

Формирование у обучающихся мышления, ориентированного на будущую профессиональную деятельность, является важной задачей системы высшего профессионального образования. Последние 10 лет в педагогическом дискурсе актуализировался термин «вычислительное мышление». Оно рассматривается как особая организация когнитивных процессов, позволяющая субъекту познавательной деятельности анализировать и разрешать проблемные ситуации с ориентацией на формулировку проблем таким образом, чтобы их решения могли быть представлены в виде последовательности шагов или алгоритмов, осуществляемых с помощью компьютера. Вычислительное мышление претендует на статус нового когнитивного навыка человека информационного общества XXI в. В соответствии с такой концепцией для студентов, обучающихся в университетах по программам IT-направлений, хорошо развитое вычислительное мышление может явиться залогом будущей успешной карьеры. Рассматриваются потенциальные возможности и организация практики решения учебных физических задач в контексте формирования вычислительного мышления студентов IT-направлений университета. Проведен анализ организации процесса решения задач, ориентированного на развитие основных составляющих вычислительного мышления, таких как абстрагирование, декомпозиция, алгоритмизация и обобщение.

**Ключевые слова:** *студенты IT-направлений, вычислительное мышление, решение физических задач.*

В педагогическом дискурсе концепция формирования вычислительного мышления (ВМ) получила свое активное обсуждение и развитие после опубликования в 2006 г. статьи Жаннетты Винг, профессора Университета Карнеги – Меллона в Питсбурге (США) [1]. Начиная с этого момента значительное количество публикаций демонстрируют нарастающий интерес педагогов к поднятой проблеме, а само вычислительное мышление претендует на статус нового когнитивного навыка человека информационного общества XXI в. [2]. Несмотря на большое число публикаций, термин ВМ пока не имеет строгого определения [2], а тенденция распространения ВМ на все сферы обучения вызывает ряд критических замечаний специалистов [3, 4]. Первые отечественные публикации по теме ВМ стали появляться начиная с 2016 г., после того как член-корреспондент РАО Е. К. Хеннер опубликовал статью, целью которой было привлечь внимание российской педагогической общественности к новой концепции [5]. Хотя термин ВМ, как уже было сказано, не имеет точного определения, основные компоненты ВМ выделены [5–7]. К ним относятся: абстрагирование, декомпозиция, алгоритмизация и обобщение.

Для студентов IT-направлений формирование ВМ является важным процессом, во многом определяющим успешность их будущей профессиональной деятельности. Достаточно очевидной организацией данного процесса представляется в таких курсах, как программирование и численные методы [5, 8]. Но и другие вузовские учебные дисциплины, обладающие требуемым потенциалом для активизации упомянутых компонент мышления, могут внести свой вклад в интегральный процесс формирования ВМ студентов.

Нетрудно убедиться в том, что к таким учебным дисциплинам относится физика. Прежде всего это определяется характером представлений о реальности, которые развивает физика как наука и которые могут быть формализованы на языке математики с соответствующими возможностями их анализа и алгоритмизации. В своем историческом развитии физика убедительно продемонстрировала, что она представляет собой истинную культуру моделирования определенных фундаментальных аспектов действительности [9]. Освоение такой культуры для обучающихся во многом определяется практикой решения учебных физических задач, образовательный потенциал которых обладает большими возможностями [10–12]. В последние годы концепция деятельностного подхода при обучении решению задач [12] нашла свое продолжение в проблемно ориентированном и проектном подходах в курсах физики технических университетов [13–15]. На взгляд авторов, учебные физические задачи содержат в себе существенный дидактический потенциал и для формирования вычислительного мышления обучающихся.

Проанализируем, как могут быть соотнесены составляющие деятельности обучающихся по решению учебных физических задач с необходимыми компонентами формирования ВМ.

*Абстрагирование.* Абстрагирование является неотъемлемым и важнейшим элементом физики как науки и, безусловно, должно быть связано с процессом решения задач. Как правило, в условиях предлагаемых для решения учебных задач фигурируют реальные физические объекты: тела, поля, явления и процессы. Но при анализе и осмыслении содержания конкретной задачи в сознании обучающихся должен происходить переход к идеализированным концептуальным моделям реальных объектов, так как принципиально невозможно учесть их структурную сложность и все факторы влияния, существующие в реальности. Только абстрагирование позволяет осуществлять необходимую формализацию – перейти к математическим моделям.

Очевидны примеры используемых понятий, отражающих процесс абстрагирования и являющихся идеальными моделями физики: материальная точка, абсолютно твердое тело, абсолютно упругий удар, невесомая и нерастяжимая нить, идеальная жидкость, идеальный газ, точечный электрический заряд, бесконечный проводник, гармонический осциллятор, орбита электрона и т. п.

При обсуждении со студентами условий решаемых задач важно акцентировать необходимость перехода от реальных объектов, упоминаемых в задаче, к их умозрительным моделям, в которых делаются определенные упрощения, позволяющие получать аналитическое решение задачи в данной постановке. Также необходимо демонстрировать студентам переход к более сложным математическим моделям, работа с которыми возможна только с использованием численных алгоритмов и вычислительной техники.

*Декомпозиция.* Декомпозиция как составляющая деятельности сопутствует ходу решения физических задач и связана с умозрительным разбиением рассматриваемых материальных систем на компоненты, а анализируемых процессов – на этапы. Это предполагает выделение взаимодействующих тел и соответствующих полей, анализ свойств системы тел и распределения полей, выделение последовательности происходящих процессов и опре-

деление законов, применимых к их описанию. Прямое отношение к процедуре декомпозиции имеет принцип суперпозиции, используемый при анализе и расчете действующих сил, полей, пространственных распределений энергии и т. п.

Декомпозиция требуется, например, при анализе движения тел в физических полях, когда сначала решается задача о распределении полей в пространстве, а затем переходят к задаче о движении тел. При анализе подобных задач следует обратить внимание студентов на возможные ситуации, когда требуется поиск так называемых самосогласованных решений, обусловленных влиянием движущихся тел на пространственное распределение полей.

*Алгоритмизация.* Алгоритм как определенная последовательность действий при решении учебных физических задач включает в себя и предыдущие две составляющие, которые в процессе анализа приводят к математической формализации и появлению характерных для анализируемой ситуации уравнений. Решение последних предполагает знание методов. В процессе обсуждения со студентами методов для уже рассмотренных задач следует приводить примеры модификации условий, требующих перехода от аналитических способов решения к численным методам. Последние порождают новые абстракции, например, дискретизацию непрерывных функций и определение массивов значений [16, 17].

Необходимо пояснить студентам, что алгоритм решения задачи часто оказывается нелинейным. В наших рассуждениях и реализациях алгоритмов явно или неявно присутствуют логические конструкции типа «если – то – иначе» (if – then – else), связанные с процессом определения концептуальной модели, абстрагированием, декомпозицией, обоснованием применимости законов, поиском методов анализа математической модели. После решения очередной предложенной задачи полезно совместно со студентами провести анализ реализованного алгоритма и его формализацию. Для студентов IT-направлений хорошей практикой будет символическое представление алгоритма решения задачи в формате псевдокода, блок-схемы, схематического фреймворка.

*Обобщение.* Обобщение как мысленный переход от отдельных учебных задач различного содержания к их отождествлению является важным этапом для понимания общего смысла в разном первоначальном содержании. Анализ условий и решений нескольких задач может привести обучающихся к выявлению универсальных алгоритмов для определенных классов задач. С дидактической точки зрения важно, чтобы обучающиеся приходили сами к выделению классов и формулировке алгоритмов. С этой целью для практических занятий необходимо осуществлять подбор нескольких задач разного содержания, после решения которых возможно выявление общего алгоритма.

На взгляд автора, при решении учебных физических задач организация деятельности студентов с выделением и акцентированием рассмотренных составляющих (абстрагирование, декомпозиция, алгоритмизация, обобщение) будет способствовать не только более глубокому пониманию физики, но и формированию необходимых компонент ВМ обучаемых. Для организации практических занятий с акцентом на составляющих ВМ большие возможности предоставляет метод сквозных задач [16, 17]. Метод позволяет формировать умение оценивать адекватность и ограниченность моделей, знакомить обучающихся с различными аналитическими и численными методами анализа.

Рассмотрим использование системы сквозных учебных задач по теме «Динамика поступательного движения» на примере анализа баллистического движения.

На практическом занятии студентам предлагается последовательность усложняющихся по содержанию задач баллистического движения тела сферической формы в гравитационном поле Земли. Во всех задачах начальное условие выглядит одинаково – тело сферической формы начинает поступательное движение в воздухе из некоторого начального поло-

жения с определенной начальной скоростью. Требуется определить положение тела в пространстве как функцию времени. Друг от друга задачи отличаются особенностями движения, используемыми моделями движущихся объектов и приближениями для действующих сил.

Первая задача имеет наиболее простую постановку – мяч начинает полет с поверхности Земли; необходимо определить траекторию мяча, не учитывая силу сопротивления воздуха. Задача решается аналитически. Решение ищется в координатной форме с использованием второго закона Ньютона (в условиях постоянной силы тяжести) путем двух последовательных процедур интегрирования уравнения движения.

Во второй задаче при анализе полета мяча требуется учесть сопротивление воздуха в линейном приближении по скорости (приближение Стокса). Задача также имеет аналитическое решение, но алгоритмически процедура интегрирования уравнения движения оказывается более сложной.

В третьей задаче на пути мяча ставится препятствие в виде стенки определенной высоты. При решении задачи приходится проводить анализ на отсутствие или наличие столкновения мяча со стенкой. Поэтому в процедуре интегрирования выделяются два этапа (до и после стенки).

В четвертой задаче для силы сопротивления воздуха предлагается использовать квадратичное приближение по скорости. В такой постановке студенты сталкиваются с проблемой аналитического решения. Обсуждаются идеи и подводные камни численных методов на примере модифицированного метода Эйлера.

Как выглядят выделение и акцентирование составляющих ВМ в данном примере?

Абстрагирование представлено несколькими моментами. Во-первых, для анализа поступательного движения мяча используются две модели. В первой задаче студенты обосновывают применение модели «материальная точка». В остальных задачах – модели «абсолютно твердое тело» с использованием понятия «центр масс». Во-вторых, абстрагирование связано в первой задаче с пренебрежением силой сопротивления воздуха. В остальных задачах – с использованием различных приближений для силы сопротивления, а также с пренебрежением возможными термодинамическими эффектами.

Во всех задачах не принимается во внимание вращательная составляющая движения мяча, сила тяжести считается постоянной величиной.

Декомпозиция в данных задачах представлена в разбиении процесса движения мяча на этапы – движение вверх и вниз, до столкновения со стенкой и после. Декомпозиция присутствует как в алгоритмах решения, так и в обсуждении со студентами результатов решения задач.

Обобщение происходит в итоговом обсуждении путем сравнения содержания и способов решения задач. Студенты приходят к выводу, что все предложенные задачи сводятся к одному классу – классу прямых задач динамики поступательного движения.

Алгоритмизация присутствует в предварительном обсуждении и реализации процедуры решения каждой задачи. Понимание того, что предложенные задачи (как и многие другие) принадлежат к одному классу, позволяет студентам прийти к некоторому обобщенному алгоритму их решения:

*Выбор модели объекта  $\Leftrightarrow$  анализ действующих сил  $\Leftrightarrow$  уравнение движения (второй закон Ньютона)  $\Leftrightarrow$  первое интегрирование (получаем скорость)  $\Leftrightarrow$  второе интегрирование (получаем координаты).*

Положительные результаты применения системы сквозных учебных задач с целью формирования компонентов ВМ были неоднократно подтверждены автором в процессе

организации проектной деятельности компьютерного моделирования физических процессов для студентов второго курса факультета прикладной математики и информатики Новосибирского государственного технического университета [15]. В частности, реализация одного из студенческих проектов была связана с моделированием баллистического движения тела в атмосфере Земли с учетом изменения с высотой силы тяжести и плотности атмосферы. Студенты самостоятельно познакомились с численным методом Рунге – Кутты и использовали его для интегрирования дифференциального уравнения движения. Презентации студентами своих проектов получали высокую оценку преподавателей, специализирующихся в области компьютерного моделирования.

Таким образом, как следует из проведенного исследования, учебные задачи курса физики содержат в себе значительный потенциал для формирования вычислительного мышления студентов IT-направлений университетов. Реализация этого потенциала возможна при условии организации практических занятий по решению задач с акцентом на требуемых составляющих вычислительного мышления – абстрагирования, декомпозиции, алгоритмизации, обобщении.

### Список литературы

1. Wing J. Computational Thinking // *Communications of the ACM*. 2006. V. 49 (3). P. 33–35. DOI: 10.1145/1118178.1118215.
2. Haseski H. I., Ilic U., Tuğtekin U. Defining a New 21st Century Skill-Computational Thinking: Concepts and Trends // *International Education Studies*. 2018. V. 11, № 4. P. 29–42. DOI:10.5539/ies.v11n4p29.
3. Denning P. J. Remaining Trouble Spots with Computational Thinking // *Communications of the ACM*. 2017. V. 60, № 6. P. 33–39. DOI: 10.1145/2998438.
4. Aho A. V. Computation and Computational Thinking // *The Computer Journal*. 2012. V. 55, № 7. P. 832–835. DOI:10.1093/comjnl/bxs074.
5. Wong K.-C. Integrating Computational Thinking into Discrete Mathematics // *Conference Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education 2017*. Hong Kong: The Education University of Hong Kong. P. 127–131.
6. Хеннер Е. К. Вычислительное мышление // *Образование и наука*. 2016. № 2 (131). С. 18–33. DOI: 10.17853/1994-5639-2016-2-18-33.
7. Клуникова М. М., Пушкарева Т. П. О подходах к определению понятия «вычислительное мышление» // *Инновации в образовательном пространстве: опыт, проблемы, перспективы: сб. науч. ст.* Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2016. С. 35–39.
8. Клуникова М. М., Пушкарева Т. П. Методы и средства развития вычислительного мышления при обучении дисциплине «Численные методы» // *Современное образование*. 2017. № 2. С. 95–101. DOI: 10.25136/2409-8736.2017.2.23067. URL: [http://e-notabene.ru/pp/article\\_23067.html](http://e-notabene.ru/pp/article_23067.html).
9. Гладун А. Д. Физика как культура моделирования // *Физическое образование в вузах*. 1996. Т. 2, № 3. С. 41–45.
10. Ларченкова Л. А. Образовательный потенциал учебных физических задач // *Физика в системе современного образования (ФССО – 15): материалы XIII Междунар. конф., Санкт-Петербург, 1–4 июня 2015 г.* СПб.: Фор-принт, 2015. Т. 2. С. 114–117.
11. Гилев А. А. Практикум по решению физических задач в техническом вузе: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2008. 144 с.
12. Полицинский Е. В., Румбешта Е. А. Реализация деятельностного подхода в процессе обучения школьников решению физических задач // *Вестн. Томского гос. пед. ун-та (TSPU Bulletin)*. 2006. Вып. 6 (57). С. 158–162.
13. Зелichenko В. М., Ларионов В. В. О проблемно ориентированном подходе к решению задач по физике в профильной школе и вузе // *Вестн. Томского гос. пед. ун-та (TSPU Bulletin)*. 2009. Вып. 5 (83). С. 10–15.
14. Зелichenko В. М., Ларионов В. В., Пак В. В. Проектный потенциал учебных задач по физике и его диагностика на примере задач из раздела «Электростатика» // *Вестн. Томского гос. пед. ун-та (TSPU Bulletin)*. 2017. Вып. 4 (181). С. 64–70. DOI: 10.23951/1609-624X-2017-4-64-70.
15. Баранов А. В. Проектная деятельность компьютерного моделирования в физическом практикуме технического университета: организация, требования, критерии оценки // *Инновации в образовании*. 2016. № 10. С. 158–170.
16. Баранов А. В. Обучение компьютерному моделированию механического движения в Mathcad на системе «сквозных» задач. Ч. 1 // *Дистанционное и виртуальное обучение*. 2014. № 11 (89). С. 98–109.



17. Баранов А. В. Обучение компьютерному моделированию механического движения в Mathcad на системе «сквозных» задач. Ч. 2 // Дистанционное и виртуальное обучение. 2015. № 9 (99). С. 30–39.

**Баранов Александр Викторович**, кандидат физико-математических наук, доцент, Новосибирский государственный технический университет (пр. К. Маркса, 20, Новосибирск, Россия, 630073). E-mail: baranov@corp.nstu.ru

*Материал поступил в редакцию 02.07.2018.*

DOI 10.23951/2307-6127-2019-1-144-150

## THE DIDACTIC POTENTIAL OF PHYSICS LEARNING TASKS IN FORMING THE IT-STUDENTS' COMPUTATIONAL THINKING

*A. V. Baranov*

*Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation*

An important task of the higher professional education system is the formation of students thinking focused on the future professional activities. For the last ten years in the pedagogical discourse computational thinking began to be regarded as a special organization of cognitive processes that allows to analyze and resolve problems with an orientation to formulate them in such a way that solutions can be represented as a sequence of steps or algorithms that will be implemented with the help of computers. Computational thinking pretends to the status of a new cognitive skill of the information society of the 21st century. For the university IT-students a well-developed computational thinking is the key to a future successful career. The potential possibilities and organization of the practice of solving physics learning tasks are considered in the context of formation computational thinking of the university IT-students. The analysis is carried out for organization the process of solving physics learning tasks, focused on the development of such components of computational thinking as abstraction, decomposition, algorithmization and generalization. Abstraction is an important component of physics and is associated with the process of solving problems. Students deal with idealized conceptual models of real objects and processes in solving problems. In solving physical problems, decomposition is associated with a speculative breakdown of the material systems under consideration into components, and the analyzed processes into stages. Generalization is used in the transition from individual learning tasks of various contents to their identification. It is an important stage for understanding the general meaning in different initial content. Algorithmization is present in solving physical problems as a sequence of actions. The same algorithm can be used by students for a selected class of learning tasks.

**Key words:** *IT students, computational thinking, solving physical problems.*

### References

1. Wing J. Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 2006, vol. 49 (3), pp. 33–35. DOI: 10.1145/1118178.1118215.
2. Haseski H. I., Ilic U., Tuğtekin U. Defining a New 21st Century Skill-Computational Thinking: Concepts and Trends. *International Education Studies*, 2018, vol. 11, no. 4, pp. 29–42. DOI:10.5539/ies.v11n4p29.
3. Denning P. J. Remaining Trouble Spots with Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 2017, vol. 60, no. 6, pp. 33–39. DOI: 10.1145/2998438.
4. Aho A. V. Computation and Computational Thinking. *The Computer Journal*, 2012, vol. 55, no. 7, pp. 832–835. DOI:10.1093/comjnl/bxs074.
5. Wong K.-C. Integrating Computational Thinking into Discrete Mathematics. *Conference Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education 2017*. Hong Kong: The Education University of Hong Kong. Pp. 127–131.

6. Khenner E. K. Vychislitel'noye myshleniye [Computational thinking]. *Obrazovaniye i nauka – The Education and Science Journal*, 2016, no. 2 (131), pp. 18–33 (in Russian). DOI: 10.17853/1994-5639-2016-2-18-33.
7. Klunnikova M. M., Pushkareva T. P. O podkhodakh k opredeleniyu ponyatiya “vychislitel'noye myshleniye” [On approaches to the definition of the concept “computational thinking”]. *Innovatsii v obrazovatel'nom prostranstve: opyt, problemy, perspektivy: sb. nauch. st.* [Innovations in the educational space: experience, problems, prospects: collection of scientific articles]. Krasnoyarsk, Siberian Federal University Publ., 2016. Pp. 35–39 (in Russian).
8. Klunnikova M. M., Pushkareva T. P. Metody i sredstva razvitiya vychislitel'nogo myshleniya pri obuchenii distsipline “Chislennyye metody” [Methods and tools for the development of computational thinking in teaching the discipline “Numerical methods”]. *Sovremennoye obrazovaniye – Modern Education*, 2017, no. 2, pp. 95–101. DOI: 10.25136/2409-8736.2017.2.23067 (in Russian). URL: [http://e-notabene.ru/pp/article\\_23067.html](http://e-notabene.ru/pp/article_23067.html).
9. Gladun A. D. Fizika kak kul'tura modelirovaniya [Physics as a culture of modeling]. *Fizicheskoye obrazovaniye v vuzakh*, 1996, vol. 2, no. 3, pp. 41–45 (in Russian).
10. Larchenkova L. A. Obrazovatel'nyy potentsial uchebnykh fizicheskikh zadach [The educational potential of the physics learning tasks]. *Fizika v sisteme sovremennogo obrazovaniya (FSSO – 15): materialy XIII Mezhdunarodnoy konferentsii*, Sankt-Peterburg, 1–4 iyunya 2015 g. T. 2 [Physics in the system of modern education (FSSO – 15): materials of the XIII International Conference, St. Petersburg, June 1–4, 2015. Vol. 2]. St. Petersburg, Fora-print Publ., 2015. Pp. 114–117 (in Russian).
11. Gilev A. A. *Praktikum po resheniyu fizicheskikh zadach v tekhnicheskoy vuzovskoy uchebnoy posobiye* [Practicum on solving physical problems in a technical college: textbook]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2008. 144 p. (in Russian).
12. Politsinskiy E. V., Rumbeshta E. A. Realizatsiya deyatelnostnogo podkhoda v protsesse obucheniya shkol'nikov resheniyu fizicheskikh zadach [Realization of the activity approach in the process of teaching schoolchildren to solve physical problems]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta – TSPU Bulletin*, 2006, vol. 6 (57), pp. 58–162 (in Russian).
13. Zelichenko V. M., Larionov V. V. O problemno oriyentirovannom podkhode k resheniyu zadach po fizike v profil'noy shkole i vuzе [Problem-oriented approach to solving tasks in physics at special schools and university]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta – TSPU Bulletin*, 2009, vol. 5 (83), pp. 10–15 (in Russian).
14. Zelichenko V. M., Larionov V. V., Pak V. V. Proyektnyy potentsial uchebnykh zadach po fizike i ego diagnostika na primere zadach iz razdela “Elektrostatika” [Project potential of learning tasks in physics and its diagnostics on the example of tasks from the section “Electrostatics”]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta – TSPU Bulletin*, 2017, vol. 4(181), pp. 64–70 (in Russian). DOI: 10.23951/1609-624X-2017-4-64-70.
15. Baranov A. V. Proyekt'naya deyatelnost' komp'yuternogo modelirovaniya v fizicheskom praktikume tekhnicheskogo universiteta: organizatsiya, trebovaniya, kriterii otsenki [The project activity of computer modeling in the physics practicum of the technical university: organization, requirements, evaluation criteria]. *Innovatsii v obrazovanii – Innovation in Education*, 2016, no. 10, pp. 158–170 (in Russian).
16. Baranov A. V. Obucheniyye komp'yuternomu modelirovaniyu mekhanicheskogo dvizheniya v Mathcad na sisteme “skvoznykh” zadach. Chast' 1 [Teaching computer modeling of mechanical motion in Mathcad on a system of “end-to-end” tasks. Part 1]. *Distantcionnoye i virtual'noye obucheniye*, 2014, no. 11 (89), pp. 98–109 (in Russian).
17. Baranov A. V. Obucheniye komp'yuternomu modelirovaniyu mekhanicheskogo dvizheniya v Mathcad na sisteme “skvoznykh” zadach. Chast' 2 [Teaching computer modeling of mechanical motion in Mathcad with a system of “cross-cutting” tasks. Part 2]. *Distantcionnoye i virtual'noye obucheniye*, 2015, no. 9 (99), pp. 30–39 (in Russian).

**Baranov A. V.**, Novosibirsk State Technical University (pr. K. Marksa, 20, Novosibirsk, Russian Federation, 630073). E-mail: [baranov@corp.nstu.ru](mailto:baranov@corp.nstu.ru)