

*А.В. Гордеев*, кандидат технических наук, доцент  
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

*Ключевые слова:* выявление противоречий; творческий подход; техническое противоречие; техническое решение; техническое творчество; физическое противоречие.

*Аннотация:* Преподавание методологии технического творчества рассматривается в двух аспектах – компетентностном и методическом. В процессе обучения техническому творчеству, во-первых, у будущих инженеров формируется способность создавать новые технические решения и, во-вторых, обеспечивается более глубокая усвояемость материала профилирующих дисциплин образовательной программы.

В основе формирования творческой компетентности лежит умение выявлять и разрешать технические и физические противоречия и на этой базе разрабатывать прогрессивные технические решения в изучаемой области. Для выявления противоречий разработан специальный алгоритм. Противоречия разрешают с помощью известных методов. Наиболее эффективными для решения технических задач в области технологии машиностроения показали себя такие методы, как разделение противоречий во времени и в пространстве, вещественно-полевой анализ, в том числе на базе использования физических эффектов и явлений, эмпирические правила разрешения противоречий.

Методический аспект состоит в том, что изучение профилирующих дисциплин может проводиться на трех уровнях: информационном, когда технические решения даются в готовом виде, оптимизационном, когда в известных решениях оптимизируют параметры изучаемого объекта, и творческом, когда в процессе изучения материала создаются субъективно новые решения. Изучение материала на творческом уровне способствует выработке у студента самостоятельности мышления, что способствует более глубокому освоению материала.

При изучении профилирующих дисциплин указанные подходы применяются не обязательно в чистом виде. Практика показала, что наиболее интересные, продуманные и эффективные технические решения получаются сочетанием творческого и оптимизационного подходов, поскольку творческий подход позволяет получить принципиальное решение, а оптимизационный – спроектировать его конкретное исполнение, соответствующее заданным условиям, например, при курсовом и дипломном проектировании.

Цель статьи – показать, что обучение методологии технического творчества формирует у будущих инженеров способность создавать новые технические решения на уровне изобретений и способствует более глубокому усвоению студентами содержания профилирующих дисциплин.

Обучение будущих инженеров методологии решения технических задач на творческом уровне можно рассматривать в двух аспектах – компетентностном и методическом.

Компетентностный подход в образовании инженера, на наш взгляд, следует рассматривать как выработку внепрофессиональных (личностных, личностно-профессиональных и личностно-общественных) и профессиональных (знаний, умений и навыков) компетентностей. Профессиональные компетентности инженера определяются характером инженерной деятельности – производственной, проектной, исследовательской, организационной. В процессе этой деятельности инженеру предстоит решать задачи трех типов: 1) использование известных технических решений (ТР); 2) оптимизация параметров известных ТР; 3) создание новых ТР. В этом свете творческую компетентность инженера можно сформулировать как способность создавать новые ТР на базе методологии технического творчества. Сущность методологии технического творчества достаточно широко освещена в специальной литературе [1]. Ее ядром можно считать положение о том, что в основе создания новых ТР лежит выявление и разрешение содержащихся в задаче технических и физических противоречий. При этом под техническим противоречием понимают противоречие между полезным и вредным свойствами технической системы при ее изменении: с приобретением (усилением) полезного свойства возникает (усиливается) вредное свойство. Под физическим противоречием понимают противоречие между двумя

противоположными физическими состояниями ключевого элемента системы, в которые он должен быть приведен для решения задачи [1].

Выявить эти противоречия можно с помощью специального алгоритма выявления противоречий [2], разработанного на базе предложенного в 1956 г. Г.С. Альтшуллером алгоритма решения изобретательских задач», впоследствии неоднократно усовершенствованного автором и его учениками и единомышленниками. За более чем 30-летний период преподавания методологии технического творчества в Тольяттинском политехническом институте, а затем в Тольяттинском государственном университете было опробовано в различных условиях достаточно большое число вариантов алгоритма выявления противоречий. Рассматриваемый здесь вариант включает два этапа, каждый из которых содержит несколько шагов: этап 1 – выявление технического противоречия (описание технической системы, выявление недостатка и его причин, формулировка технического противоречия); этап 2 – выявление физического противоречия (формулировка идеального решения, выделение ключевого элемента, определение противоположных требований к физическому состоянию ключевого элемента, формулировка физического противоречия). Здесь идеальным решением считают такое решение технической задачи, в котором устранен выявленный на первом этапе недостаток, но сохранено полезное свойство системы, а ключевым элементом считают элемент технической системы, который не справляется с требованиями идеального решения.

Для разрешения противоречий выбирают соответствующие методы, правила, приемы, предназначенные для этой цели. Опыт применения методологии творчества в учебном процессе позволяет считать наиболее эффективными для решения технических задач в области технологии машиностроения такие методы, как разделение противоречий во времени и в пространстве, вещественно-полевой анализ (в т. ч. на базе использования физических эффектов и явлений), эмпирические правила разрешения противоречий. Входящих в эти методы правил и приемов разрешения физических противоречий достаточно для решения на творческом уровне практически любых учебных задач в области профилирующих дисциплин, а также при курсовом и дипломном проектировании. Таким образом, изучение методологии технического творчества способствует формированию творческих компетенций инженера, без владения которыми он не может соответствовать этому высокому званию.

Это то, что касается аспекта формирования творческих компетенций инженера. Другой, менее изученный аспект проявился уже в процессе изучения методологии творчества. Его сущность состоит в том, что методология технического творчества явилась интегрирующим фактором при изучении учебных дисциплин образовательной программы подготовки инженера. Можно выделить следующие подходы к изучению профилирующих дисциплин: донесение информации о прогрессивных ТР в рассматриваемой области в готовом виде, оптимизация параметров прогрессивных ТР для конкретных требований в конкретных условиях их работы, самостоятельное получение прогрессивных ТР на базе положений методологии технического творчества.

Первый, традиционный и на сегодня пока основной, подход (назовем его *информационным*) предполагает знакомство студентов с известными ТР путем донесения до них готовой информации как со стороны преподавателя, так и из литературных и т. п. источников. Преимуществом такого подхода является минимальный объем времени на донесение до студентов информации о прогрессивных ТР и, следовательно, возможность рассмотреть за отведенное время максимальное их количество. Эффективные результаты дает при этом анализ известных ТР по схеме «Известно (информация об известном техническом решении) – хорошо (преимущества технического решения) – однако (недостаток технического решения) – следовательно (пути устранения недостатка, включая конкретные примеры)» [3]. Именно такой анализ позволяет добиться определенной степени усвояемости материала при изучении таких начальных профилирующих дисциплин, как «Технология конструкционных материалов», «Методы обработки в машиностроении», а также таких обзорных (их иногда называют описательными, хотя мы считаем это не свойством дисциплины, а особенностью методики изучения) дисциплин, как «Введение в специальность» и «История техники». Анализ позволяет проследить тенденции развития изучаемых объектов, видов и областей техники. Максимальный объем информации позволяет получить работа с патентным фондом, для чего в учебном плане необходимо иметь дисциплину «Патентные исследования». Недостатком информационного подхода является низкая усвояемость материала

вследствие минимума творческих усилий для его восприятия. Большая роль отводится механическому запоминанию, информация откладывается в основном в оперативной памяти и лишь в малой степени используется в дальнейшем, при изучении смежных дисциплин, при курсовом и дипломном проектировании и в последующей инженерной практике.

Указанные недостатки частично устраняются при применении второго подхода (назовем его *оптимизационным*), когда последний этап анализа («следовательно»), а иногда и предыдущие этапы выполняются на базе инженерных исследований изучаемых объектов. Поставленная задача оптимизации параметров ТР, хотя в принципиальной форме преподнесенного в готовом виде, вынуждает студентов использовать инженерный аппарат, в частности, математическое, физическое, аналоговое, компьютерное моделирование технических систем. Это усиливает взаимную интеграцию учебных дисциплин, в частности, фундаментальных и профилирующих дисциплин, и тем самым повышает мотивацию к более глубокому изучению тех и других. Конечно, такой подход является более результативным, поскольку техническое решение получается более конкретным, связанным с конкретными условиями применения объекта, результаты расчетов откладываются уже в более долгосрочной памяти студентов, а полученные ТР, как правило, применяются ими при курсовом и дипломном проектировании. В то же время при оптимизационном подходе сохраняется такой недостаток, как низкий творческий уровень, так как оптимизируются параметры наперед заданных ТР, усилия студента направлены не на создание нового прогрессивного ТР, а на улучшение уже известных.

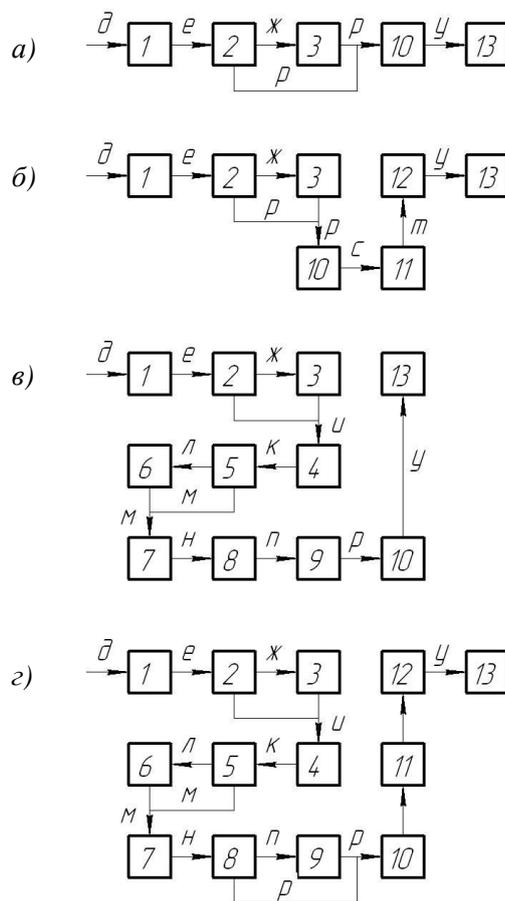
Третий подход (назовем его *творческим*) предполагает получение новых (как правило, пока субъективно новых, т. е. неизвестных ранее студенту из источников информации) ТР, и в этом его основное преимущество. Недостаток такого подхода – потребность в большом объеме аудиторного и внеаудиторного времени на освоение методологии технического творчества и на приобретение умений их использовать. Тем не менее практика показала, что по мере реализации данного подхода разница в объемах времени резко сокращается и в конце концов трудоемкость получения ТР сравнивается, а порой и снижается, по сравнению со вторым подходом. Именно такой подход способствует максимальному закреплению знаний и умений в изучаемой области. Самостоятельно полученные новые ТР закрепляются у молодого человека на длительное время, иногда на всю жизнь. Во всяком случае при дипломном проектировании студент может с большой пользой для проекта легко вызвать их из долгосрочной памяти и либо использовать в готовом виде, либо создать по аналогии ТР, обусловленные задачами проекта.

Следует отметить, что при изучении профилирующих дисциплин указанные подходы применяются не обязательно в чистом виде. Практика показала, что наиболее интересные, продуманные и эффективные ТР получаются сочетанием творческого и оптимизационного подходов, поскольку творческий подход позволяет получить принципиальное решение, а оптимизационный – спроектировать его конкретное исполнение,

соответствующее заданным условиям, например, при курсовом и дипломном проектировании.

На рис. 1 представлены алгоритмы рассмотрения технической задачи при информационном (а), оптимизационном (б), творческом (в) и комбинированном (г) подходах. Цифрами обозначены получаемые на каждом шаге алгоритма результаты, а буквами – действия по их достижению. Видим, что согласно информационному алгоритму (рис. 1 а) процесс изложения материала включает этапы: 1) описание известной технической системы; 2) выявление недостатка системы; 3) установление причины недостатка; 10) получение нового ТР; 13) описание нового ТР. Согласно оптимизационному алгоритму (рис. 1 б) процесс включает этапы: 1) описание известной технической системы; 2) выявление недостатка системы; 3) установление причины недостатка; 10) получение нового ТР; 11) моделирование ТР; 12) оптимизация параметров ТР путем решения модели; 13) описание ТР. Творческий алгоритм (рис. 1 в) содержит этапы: 1) описание известной технической системы; 2) выявление недостатка системы; 3) установление причины

недостатка; 4) формулировка технического противоречия; 5) представление идеального решения; 6) выделение ключевого элемента; 7) выявление противоположных физических состояний ключевого элемента; 8) формулировка физического противоречия; 9) выбор метода, правила, приема разрешения физического противоречия; 10) получение нового ТР; 13) описание ТР. Наконец, комбинированный алгоритм (рис. 1 г) предусматривает наличие всех этапов перечисленных алгоритмов: 1) описание известной технической системы; 2) выявление недостатка системы; 3) установление причины недостатка; 4) формулировка технического противоречия; 5) представление технического решения; 6) выделение ключевого элемента; 7) выявление противоположных физических состояний ключевого элемента; 8) формулировка физического противоречия; 9) выбор метода, правила, приема разрешения физического противоречия; 10) получение нового ТР; 11) моделирование ТР; 12) оптимизация параметров ТР; 13) описание ТР. Т. е. комбинированный алгоритм является комбинацией оптимизационного и творческого алгоритмов.



**Рис. 1.** Алгоритмы рассмотрения технической задачи: а – информационный, б – оптимизационный, в – творческий, г – комбинированный.

1 – техническая система ТС, 2 – недостатки ТС, 3 – причины недостатков, 4 – техническое противоречие ТП, 5 – идеальное решение ИР, 6 – ключевой элемент КЭ ТС, 7 – противоположные физические состояния КЭ, 8 – физическое противоречие ФП, 9 – метод технического творчества, 10 – новое техническое решение ТР, 11 – модель ТР, 12 – параметры ТР, 13 – усовершенствованная ТС;

$\bar{d}$  – описание,  $e$  – выявление,  $ж$  – установление,  $и$  – формулировка,  $к$  – представление,  $л$  – выделение,  $м$  – выявление,  $н$  – формулировка,  $п$  – выбор,  $р$  – получение,  $с$  – моделирование,  $т$  – решение,  $у$  – описание

Для примера проиллюстрируем изложение одного и того же вопроса на занятиях по дисциплине «Прогрессивные технологии механической обработки». Это курс, разработанный автором около 30 лет назад, главной задачей которого является обобщение полученных в течение всего периода обучения знаний и который является фактически переходным от теоретического обучения к дипломному проектированию по специальности «Технология машиностроения». Специфика курса в том, что его материал нуждается в постоянном обновлении в соответствии с появлением новых тенденций, подходов и отдельных прогрессивных технических решений в технологии машиностроения. Технологическая операция рассматривается в курсе как система, включающая 4 подсистемы: метод обработки, инструмент, приспособление и станок. Для каждой из этих подсистем рассматриваются характерные недостатки, выявляются их причины и намечаются пути их устранения вплоть до рассмотрения конкретных ТР.

Итак, рассматривается подсистема «Инструмент», недостаток – высокая температура резания. Если мы излагаем материал по *информационному* алгоритму, процесс выглядит следующим образом.

1) При шлифовании температура в контакте шлифовального круга с деталью является определяющим фактором в формировании качества поверхностного слоя детали, что влияет на ее долговечность.

2) Высокая температура является одним из главных ограничений повышения производительности шлифования.

3) Одна из причин повышения температуры шлифования – неоптимальная конструкция и характеристика шлифовального круга.

10) Предложено для снижения температуры шлифования на рабочей поверхности шлифовального круга сделать ее прерывистой. Например, выполнить на ней пазы (покажется эскизом). Тогда во время контакта режущего выступа шлифовального круга с деталью температура будет возрастать, а во время прохождения паза над шлифуемым участком – снижаться.

Если мы используем *оптимизационный* алгоритм, то процесс изложения материала будет выглядеть следующим образом.

Этапы 1, 2, 3, 10 – так же, как и при информационном изложении, т. е. принципиальное ТР дается в готовом виде. Далее следуют этапы:

11) Как определить оптимальное соотношение ширины пазов и режущих выступов на рабочей поверхности круга? Ведь чем шире пазы, тем больше снижение температуры. Но в то же время тем меньшая доля рабочей поверхности участвует в шлифовании. Построим математическую модель температурного поля при шлифовании. Согласно выражению, известному вам из курса «Теплофизика технологических процессов», температурное поле описывается выражением (и т. д.).

12) Решение модели на ПК дает нам расчетные выражения для определения ширины режущих выступов и пазов на рабочей поверхности шлифовального круга.

13) Таким образом, для наших условий оптимальным следует считать шлифовальный круг со следующими размерами пазов и выступов на рабочей поверхности.

Видим, что к первому варианту добавились два этапа (11 и 12), причем достаточно трудоемких и требующих инженерных знаний.

При *творческом* подходе к первому варианту добавляется еще 6 этапов. Этапы 1, 2, 3 остаются такими же, как и ранее. А затем добавляют этапы: 4) формулировка технического противоречия; 5) представление идеального решения; 6) выделение ключевого элемента; 7) выявление противоположных физических состояний ключевого элемента; 8) формулировка физического противоречия; 9) выбор метода, правила, приема разрешения физического противоречия.

4) Имеем техническое противоречие: шлифовальный круг шлифует деталь, однако при этом возникает высокая температура.

5) Идеальное решение: шлифовальный круг сам обеспечивает снижение температуры шлифования, сохраняя способность шлифовать.

6) Ключевой элемент, не справляющийся с требованиями идеального решения, – рабочая поверхность шлифовального круга.

7) Физическое состояние 1 ключевого элемента: для обеспечения снижения температуры рабочая поверхность шлифовального круга не должна находиться в контакте с деталью; физическое состояние 2: для сохранения способности круга шлифовать рабочая поверхность круга должна находиться в контакте с деталью.

8) Физическое противоречие: рабочая поверхность шлифовального круга должна находиться в контакте с деталью и не должна находиться в контакте с деталью.

9) Разделим физическое противоречие во времени. Применим прием «Прерывистость». Согласно этому приему рабочая поверхность то находится в контакте с деталью, то не находится в контакте. Таким требованиям будет удовлетворять прерывистый шлифовальный круг.

И далее – как в первом варианте.

Можно применить и 4-й вариант – комбинацию 2-го и 3-го вариантов. Но это уже не для лекции, а для практических занятий либо для курсового или дипломного проектирования.

Опыт ТГУ в обучении будущих инженеров методологии технического творчества показал, что оно, во-первых, формирует у них способность создавать новые технические решения на уровне изобретений и полезных моделей и, во-вторых, способствует более глубокому усвоению студентами материала профилирующих дисциплин.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. М.: Советское радио, 1979. 176 с.
2. Гордеев А.В. Основы технического творчества. Тольятти: ТГУ, 2008. 216 с.
3. Казаков Ю.В. Защита интеллектуальной собственности и основы технического творчества. Ч. 3. Тольятти: ТПИ, 2001. 48 с.

## REFERENCES

1. Altshuller G.S. *Tvorchestvo kak tochnaya nauka* [Creative work as the exact science]. Moscow, Sovetskoe radio publ., 1979, 176 p.

2. Gordeev A.V. *Osnovi tehniceskogo tvorchestva* [Basics of technical creative work]. Togliatti, TGU publ., 2008, 216 p.
3. Kazakov Yu.V. *Zashchita intellektualnoy sobstvennosti i osnovi tehniceskogo tvorchestva* [Protection of intellectual property and basics of technical creative work]. Togliatti, TPI publ., 2001, part 3, 48 p.

### INTEGRATIVE ROLE OF TECHNICAL WORK METHODOLOGY IN EDUCATIONAL PROCESS

© 2015

*A.V. Gordeyev*, candidate of technical sciences, assistant professor  
*Tolyatti State University, Tolyatti (Russia)*

*Keywords:* revealing of contradictions; creative approach; technical contradiction; technical solution; technical work; physical contradiction.

*Annotation:* Teaching of technical creativity methodology is studied in two aspects – competence-based and methodical. In the course of training technical creativity, first of all, future engineers acquire ability to create new technical solutions, and secondly, they are provided with more thorough comprehensibility of the main subjects of an educational program.

Ability to reveal and solve technical and physical contradictions and on this base to develop progressive technical solutions in the studied area is the cornerstone of creative competence formation. A special algorithm is developed for identification of contradictions. Contradictions are resolved by means of certain methods. The most effective for the solution of technical tasks in the field of mechanical engineering technology are such methods as: division of contradictions in time and in space, material-field analysis, including that one performed on the basis of use of physical effects and the phenomena, empirical rules of conflicts resolution.

The methodical aspect is that studying of main disciplines can be carried out at three levels: informational – when ready technical solutions are given, optimization – when parameters of the studied object are optimized in the given solutions, and creative – when subjectively new decisions are created in the course of studying the material. Studying of material at the creative level promotes development of student's independence in thinking which facilitates deeper comprehensibility of material.

When studying the main subjects, the specified approaches are applied not necessarily in pure form. Practice has shown that the most interesting, considered and effective technical solutions are found through application of both creative and optimization approaches because creative approach allows to receive basic technical solution, and optimization – to design its particular implementation corresponding to the preset conditions, for example, in the term paper and final project.

The goal of the article is to show that training of technical creative work methodology forms the ability to create new technical solutions at the level of inventions and facilitates students' comprehensibility of the contents of the main subjects.