

О. А. Захарова, Л. В. Черкесова, Б. А. Акишин,
Н. Ю. Богданова, О. Н. Манаенкова

Феномен инженерного мышления и роль современного технического образования в подготовке инженера мирового уровня

В современных условиях для развития конкурентоспособности отечественной промышленности особое значение приобретает качество подготовки инженерных кадров. Для создания прорывных технологий необходимо выстроить систему непрерывного политехнического образования, начиная от методики отбора абитуриентов и заканчивая поддержкой высокого профессионального уровня на протяжении всего периода активной деятельности. В статье рассматриваются подходы к построению учебных курсов в техническом образовании на основе опыта Донского государственного технического университета в области подготовки разработчиков нестандартных технических объектов и оборудования.

Ключевые слова: инженерное мышление, политехническое мышление, инженерно - технический склад ума, повышение квалификации, непрерывное обучение.

Ускорение научно - технического прогресса в XXI в. стало все больше зависеть от новых технических достижений и информационных технологий. Именно поэтому специалисты уделяют пристальное внимание феномену инженерного мышления. Такой тип мыслительной деятельности в современном обществе является основным способом преобразования окружающего мира в интересах человечества. Инженерный стиль мышления, технический склад ума можно назвать основополагающими факторами развития цивилизации.

Инженерные профессии необычайно сложны и требуют от человека особого типа интеллектуального развития. Лишь немногие люди имеют инженерный склад ума и способности к интенсивной мыслительной деятельности от рождения. Поэтому поиск абитуриентов с инженерными способностями является острой проблемой в системе непрерывного образования. На основе педагогического тестирования можно выделить три уровня инженерного мышления [7].

Низкий уровень инженерного мышления. Человек обладает минимальными знаниями и подготовкой, не воспринимает информационно - технологическую сферу, редко способен держать ситуацию под контролем, не выдвигает никаких оригинальных идей, ему требуется постоянный контроль со стороны руководства.

Средний уровень инженерного мышления. Человек владеет информационным минимумом, ориентируется в технических знаниях, осознает важность технических знаний для своего карьерного роста, умеет ориентироваться в сложных ситуациях, способен к конкурентной борьбе, способен выдвигать собственные идеи и отстаивать их, может становиться лидером в зависимости от ситуации. Однако в нестандартных и сложных ситуациях способность решать нестандартные задачи на практике сведена к минимуму. Это ведомый, хороший помощник, но не ведущий специалист.

Высокий уровень. Познания такого человека выходят далеко за пределы, требуемые профессией. Легко справляется с нестандартными задачами, обладает способностью извлечь в процессе деятельности максимальную выгоду для проекта. Такой специалист не требует управления извне, т. к. заинтересован в реализации своего проекта. Этот тип характерен для ведущего специалиста.

По таким условным психологическим уровням распределяются выпускники инженерных факультетов технических университетов. Вместе с тем чаще всего этот аспект рассматривается с точки зрения инженерной науки или технической философии и психологии личности. Однако ни одна точка зрения не раскрывает сути проблемы полностью. Поскольку вопрос обнаружения технического склада ума и инженерного мышления стоит на границе между научными теориями и технической философией,

задача определения инженерных способностей у абитуриентов должна рассматриваться с позиций психологии и педагогики современной высшей школы — технических университетов, подготавливающих инженерно - технические кадры.

Инженер — это профессионал, способный превратить теорию в практику, т. е. применить теоретические предположения для получения практического результата, рассчитать и проверить выкладки ученых и преобразовать абстрактные представления в действующую модель [2].

Исследуя умственную деятельность профессионала с точки зрения научно - технических достижений и психологических аспектов инженерного мышления, психологи говорят о том, что творческий мыслительный процесс означает способность к созиданию: изобретательству, проектированию, конструированию, т. е. техническому творчеству. Если все эти компоненты начинают взаимодействовать, возникает понятие технической реальности как области предметного применения инженерного типа мышления. Такое состояние является пограничным между реальностью и миром расчетов и чертежей. Именно способность управлять технической реальностью позволяет говорить о наличии инженерного склада ума [7].

Исследования особенностей инженерно - технического мышления берут начало с 60-х гг. XX в. Проблема инженерно - технического мышления абитуриентов и студентов ставится как теоретическая проблема поиска признаков технического интеллекта как особого вида интеллектуальной деятельности. В исследовании феномена инженерно - технического мышления в последнее время наметились два направления. Первое включает описание внешних проявлений инженерно - технического мышления и его особенностей, второе — психологическое объяснение возникновения механизма личностных особенностей человека.

В научных исследованиях имеют место попытки связать инженерно - техническое мышление с особенностями свойств личности: полом, наличием технических интересов и увлечений, мотивацией, возрастными особенностями подростка, наследственной предрасположенностью. Тем самым инженерно - техническое мышление специалиста XXI в. представляется как сложное системное образование, включающее в себя синтез образного, логического, научного и практического типов мышления.

В деятельности инженера при сочетании различных стилей мышления требуется равноправие логического и образно - интуитивного мышления, за которые «отвечают» правое и левое полушария мозга. Для развития образного мышления инженера необходима культурологическая подготовка. Не случайно в семьях русской технической интеллигенции XIX и XX вв. детей с раннего возраста обучали музыке, нескольким иностранным языкам, рисованию, разным видам спорта [4].

Любая техническая деятельность складывается из этапов проектирования модели, конструирования, разработки дизайна, изготовления опытного образца, внедрения и дальнейшей эксплуатации на производстве. Однако для современного проектирования, конструирования и дизайна нового технического изделия актуальны дополнительные принципы: минимизации экологического ущерба; эргономического учета психологических возможностей человека — оператора, эксплуатирующего такое изделие; создания комфортных условий, удобства и безопасности человека при работе с техническими средствами; эстетического принципа и красоты изделия и др. Мышление современного инженера и высококвалифицированных рабочих сегодня существенно усложнилось и включает в себя смежные типы умственной деятельности: логической, образно-интуитивной, практической, научной, эстетической, экономической, экологической, эргономической, управленческой и коммуникативной [2].

В XXI в. в сферу технического проектирования включаются: экологическая рефлексия; эргономическая рефлексия; экзистенциальная рефлексия, рассматривающая техническую систему как средство реализации человеческих целей, как самоопределение человеческого существования. Таким образом, проявляется необходимость

коммуникации, согласования и принятия общего системного решения. Инженер - проектировщик должен обладать качествами, которыми обладают люди, достигшие успеха: энергичностью, упорством, стремлением к совершенствованию, личным обаянием, творческой фантазией и т. п. К этому стоит добавить также мастерство и знания, которые тесно связаны с инженерным образованием и которые можно приобрести в процессе обучения. Это, наконец, следующие качества, помогающие успешно решать инженерные задачи: изобретательность; умение проводить инженерный анализ, использовать технические или научные принципы получения правильных решений; технические знания; широкая специализация — способность компетентно и уверенно разбираться в основных проблемах или идеях научных дисциплин, лежащих за пределами данной узкой специальности; математическое мастерство — умение в случае необходимости при решении задач применять мощный математический аппарат и вычислительные методы; умение принимать решения в условиях неопределенности, но при полном всестороннем учете существенных факторов; знание технологии производства — понимание возможностей и ограничений как прежних, так и новых технологических процессов; умение передавать информацию о полученных результатах — способность четко и убедительно выражать свои мысли — устно, письменно, графически [3].

Опыт создания сложных образцов новой техники позволяет сформулировать *требования к инженеру(конструктору)*, занимающемуся поиском и реализацией новых технических решений. Инженер - конструктор, занимающийся проектированием новых технических систем, должен:

- владеть методикой проектирования новых изделий и уметь гибко ею пользоваться (при этом он должен обладать абстрактным мышлением и уметь логически анализировать варианты предлагаемых конструкций);

- знать характерные особенности и область предпочтительного применения основных видов механизмов и типов их приводов, уметь выполнять различные расчеты, определяющие их работоспособность;

- владеть современными компьютерными технологиями проектирования сложных систем;

- грамотно использовать при проектировании современные материалы;

- знать технологию изготовления деталей, способы сборки узлов и механизмов, обеспечивающие как их гарантированную собираемость, так и точное и надежное функционирование в течение срока службы;

- владеть вопросами организации процесса проектирования и осуществления авторского надзора за изготовлением, сборкой, наладкой и доводкой опытного образца создаваемого технического устройства.

Важным качеством для разработчика при поиске нового, оригинального технического решения задачи на проектирование является пространственное воображение. Многие известные конструкторы - изобретатели были еще и художниками - любителями. Роль абстрактного мышления и логики в процессе проектирования очень велика. В процессе проектирования в зависимости от специфики поставленной задачи и этапа проектирования от инженера - разработчика может требоваться либо наличие аналитических способностей и умения логически рассуждать, либо умение умозрительно создавать абстрактные образы и интуитивно чувствовать оптимальное направление поиска.

Для творческой деятельности в области конструирования недостаточно одних только знаний и знакомства со стандартными типами конструкций. Конструирование является и искусством, и логическим мыслительным процессом [3].

Для внедрения системы непрерывного образования инженеров необходимо определить совместно с работодателями компетенции, которыми должен обладать инженер по каждому направлению (специализации).

В Донском государственном техническом университете в рамках развития системы повышения квалификации и переподготовки инженерно - технических работников проведено исследование по определению компетенций инженера - конструктора по проектированию нестандартного оборудования [1].

Молодой специалист для успешного проектирования нестандартного оборудования должен обладать *компетенциями*, позволяющими выполнять:

- постановку задачи на проектирование;
- выбор критериев оценки проектируемого оборудования;
- поиск технической информации и выбор прототипа с учетом выявленных тенденций развития данного вида техники;
- инженерный анализ информации для проектирования;
- поиск технического решения задачи на проектирование;
- разработку полного комплекта конструкторской документации (техническое задание, чертежи в объеме технического и рабочего проектов, расчетно-пояснительная записка, технические условия, руководство по эксплуатации, программа и методика испытаний объекта и др.);
- отработку конструкции оборудования на технологичность;
- оценку результатов проекта и поиск конструкторских ошибок;
- авторский надзор за изготовлением опытного образца.

Абсолютно ясно, что для стабильного формирования перечисленных компетенций в процессе обучения студента в техническом университете он обязательно должен неоднократно самостоятельно выполнять проекты, предусматривающие поиск технического решения при создании новой конструкции механизма или агрегата, с обязательным обоснованием выбранной конструкции и анализом ее преимуществ и недостатков по сравнению с известными аналогами, а также участвовать в процессе изготовления, наладки, испытаний, доводки и сдачи образцов новой техники.

Усвоение практических действий, воспроизводящих определенное содержание знаний об изучаемом объекте, происходит в заданиях двух типов. *Аналитический тип* предполагает анализ какого - либо конкретного аспекта системы, например выделение свойств системы или выделение структуры какого - либо из уровней строения и т. д. *Синтезирующий тип* требует синтеза нескольких приемов системного анализа или всей совокупности практических действий системного анализа, например сочетания таких приемов, как выделение уровней построения системы и анализ структур каждого уровня.

Задания могут выполняться как в теоретической, так и в практической форме. Все особенности программы дисциплины выражают своеобразие не только представления учебного предмета, но и способа его усвоения. При этом содержание предмета выступает в единстве с методом его изучения.

Реализация системного подхода в обучении, даже ограниченного лишь задачей раскрытия учебного предмета как системы, открывает возможности существенного повышения теоретического и практического уровня обучения, формирования системного и диалектического мышления инженера.

Системный способ организации познавательной деятельности определяет содержание усваиваемых знаний, в процессе интериоризации деятельности он становится личным способом системного мышления инженера.

При этом процесс усвоения знаний и формирования компетенций представляет деятельность, в которой формируется политехнический способ мышления как склад ума и усваивается содержание знаний об изучаемом предмете.

Для организации усвоения программного материала используются задачи, формирующие у студентов возможности анализа профессиональных ситуаций на каждом этапе жизненного цикла разрабатываемого технического объекта: исследования, проектирования, конструирования, дизайна, изготовления, эксплуатации и

сопровождения, другими словами, умение видеть в этих ситуациях профессиональную инженерно - техническую задачу и разрешать ее квалифицированно.

Таким образом, фундаментализация знаний, произошедшая за счет изменения типа ориентирования в предмете, открыла перед студентами инженерных направлений новый аспект деятельности в решении учебно-профессиональных задач своей предметной области — соотнесение реальных профессиональных ситуаций с конкретным предметным материалом.

Основу этой деятельности составляют многоаспектный анализ объекта и внесение ограничений для его исследования. Это установление всех характеристик, связей и отношений рассматриваемого объекта; выделение оснований для выбора способа решения; анализ его результатов с предметной и профессиональной точки зрения для выдачи практических рекомендаций и др.

Профессиональное содержание знаний должно иметь всеобщую форму теоретического знания об объекте и универсально ориентировать инженера в разнотипных задачах. Формирование системного подхода к ориентированию в предмете профессиональной деятельности и специфическое содержание объекта составляют главные моменты психологических основ обучения инженера.

In modern conditions for development of competitiveness of the domestic industry of particular importance is the quality of engineers. To create breakthrough technologies that can provide technological and economic independence of the state, it is necessary to build a system of continuous vocational education, starting from the method of selection of candidates with a natural engineering ability and technical mindset, before the formation of the required competencies and support a high professional level throughout the period of active work. The article discusses approaches to the creation of training courses in technical education, the issues of pedagogical diagnosis based on the experience of Don State Technical University in the field of training of developers of nonstandard technical facilities and equipment.

Keywords: engineering thinking, technical thinking, technical and engineering mindset, professional development, continuous learning.

Литература

1. Захарова, О. А. Развитие системы повышения квалификации на основе объединенных ресурсов / О. А. Захарова // Вектор науки Тольят. гос. унта. — 2012. — № 4. — С. 371—375.
2. Ивашкин, Е. Г. Предпрофессиональная подготовка будущих инженеров [Электронный ресурс] / Е. Г. Ивашкин, М. Е. Бушуева, Т. В. Лухманова // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 1—1.— Режим доступа: <http://metodkabi.net.ru/index.php?id=1#url>
3. Лебедев, В. А. Методологические основы подготовки специалистов — разработчиков технических объектов в условиях сетевой системы корпоративного обучения : учеб. пособие / В. А. Лебедев, Н. П. Игнатьев, О. А. Захарова. — Ростов н/Д : Изд. центр ДГТУ, 2015. — 161 с.
4. Методологические и теоретические основы создания педагогических тестов по информатике / О. А. Захарова [и др.] // Изв. Юж. федерального унта. Педагогические науки. — 2015. — Ч. 1, № 2. — С. 35—47; Ч. 2, № 3. — С. 31—46.
5. Методологические и теоретические основы создания педагогических тестов по информатике на основе современных математических моделей тестирования / Л. В. Черкесова [и др.] // Современные тенденции в образовании и науке : сб. науч. тр. междунар. науч.- практ. конф., 28 нояб. 2014 г. [Электронный ресурс]. — Тамбов, 2014. — Ч. 5. — Режим доступа: <http://www.ucom.ru>
6. Прогностическая ценность и валидность психодиагностической методики «Профориентатор» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.proforientator.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=358
7. Профессионально - ориентационное тестирование абитуриентов и студентов инженерных специальностей / Б. А. Акишин [и др.] // Инновационные технологии в науке и образовании. — Чебоксары, 2016. — № 1—1. — С. 93—98. 82