

УДК 378.1:629.33

РОЛЬ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Валеев Данис Хадиевич,

канд. тех. наук, главный конструктор,
valeev@kamaz.ru

Карабцев Владимир Сергеевич,

канд. тех. наук, руководитель службы конструкторских
и научно-исследовательских расчетов НТЦ,
Vladimir.Karabtsev@kamaz.ru

ПАО «КАМАЗ»,

Россия, 423827, г. Набережные Челны, пр. Автозаводский, 2.

На основе анализа текущей ситуации на крупнейшем предприятии отечественной автомобильной промышленности и тенденций развития колесных транспортных средств (КТС) в работе обоснована необходимость смены акцентов базового образования в вузах и эффективного использования дополнительного образования в подготовке и повышении квалификации инженерных кадров для отрасли. Представлен краткий обзор отечественных нормативных документов в области инжиниринга и управления знаниями.

Ключевые слова: инженерное образование, компетенции, обучение, инновации, инженерные кадры, требования, управление знаниями.

Введение

Одним из ключевых направлений экономической политики государства является обеспечение развития автомобильной промышленности как одного из драйверов научно-технологического развития. Для повышения технического уровня, улучшения потребительских свойств отечественных КТС и наращивания конкурентоспособности сектора автомобилестроения в нашей стране разработаны и реализуются долгосрочные прогнозы, программы и стратегии развития различных отраслей промышленности.

Так, в соответствии с долгосрочным прогнозом научно-технологического развития Российской Федерации [1] на период до 2030 года, для всех критических технологий определены глобальные вызовы, окна возможностей и угрозы для России. В области транспортных и космических систем применительно к проблемам наземного транспорта выделены следующие глобальные вызовы:

- ужесточение стандартов безопасности транспортных средств и систем;
- повышение требований к элементной базе систем бортовой электроники, радиотехники.

В качестве окон возможностей в документе указаны:

- создание эффективных конструкций транспортных систем с двигателями внутреннего сгорания;

- переход на новые конструкционные материалы;
- формирование систем доставки и заправки транспортных средств компримированным природным газом;
- массовое применение легких сплавов и полимеров в конструкциях транспортных средств;
- внедрение интеллектуальных транспортных систем;
- переход к транспортным средствам с гибридными приводами;
- рост спроса на интеллектуальные бортовые системы.

Как угрозы идентифицированы:

- недостаточный уровень развития транспортной инфраструктуры;
- необходимость системных решений для развития транспортной инфраструктуры;
- потребность в новых технологиях и материалах для строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры;
- отставание в развитии высокоскоростных и интеллектуальных транспортных систем;
- рост негативного воздействия транспорта на окружающую среду.

Особенностью технологического развития в ближайшие 15–20 лет станет развитие технологий, формирующих новый – шестой – технологический уклад. Они и обеспечат технологические прорывы

(или создание опережающего научно-технического задела) в целях разработки принципиально новых материальных и информационных продуктов, обладающих ранее недостижимыми возможностями, а также технологий, формирующихся на стыке различных предметных областей.

Поэтому проблемы, связанные с дефицитом инженерных кадров для решения столь масштабных задач настолько остры, что они обсуждаются в Правительстве РФ, институтах развития, на научных и научно-практических конференциях и форумах различного уровня, в специализированных журналах – «Инженерное образование», «Вопросы образования», «Форсайт», «Автомобильная промышленность», «Грузовик» и т. д.

Отметим, что уже применяются различные эффективные меры повышения качества практико-ориентированного образования. Среди них – федеральные целевые программы подготовки кадров, различные конкурсы и гранты для молодых ученых и инженеров и другие инструменты. Для повышения уровня инженерных компетенций периодически актуализируются требования федеральных государственных образовательных и профессиональных стандартов. К сожалению, всего спектра стоящих перед обществом и бизнесом проблем эти меры и инструменты не решают.

Анализ ряда публикаций, не претендующего на полноту обзора, показывает, что точка зрения, изложенная в настоящей работе, во многом совпадает с мнением других авторов. Так, например, в работе [2, с. 15] подчеркивается важность ускоренного развития инженерных компетенций для экономики страны, основанной на знаниях при условии радикальной корректировки образовательных программ под запросы бизнеса с фокусом на «элитное» инженерное образование. Не секрет, что в современных условиях запросы бизнеса растут быстрее темпов модернизации пока еще инерционной системы подготовки кадров.

Авторы работы [3, с. 70–71] акцентируют внимание на необходимости мониторинга глобальных технологических трендов на основе зарубежного опыта крупных частных компаний. Анализ показывает, что этот процесс и его результаты могут стать ключевым фактором в достижении конкурентных преимуществ в бизнесе.

Приведенная в работе [4, с. 6–7] обзорная информация свидетельствует о важности каждого из компонентов «треугольника знаний» – преподавания, научных исследований и общественной деятельности – для создания новых знаний и их коммерциализации в инновационных продуктах, с учетом государственной поддержки.

О существующих проблемах и принципах подготовки инженерных кадров для автомобильной и тракторной отрасли рассказывается в работе [5, с. 2–3]. Автором предлагается вести подготовку специалистов высокой квалификации по проектно-конструкторскому и научно-исследовательскому направлениям в две ступени. Первая ступень должна быть на базе пятилетнего цикла с соответствующей корректировкой программы обучения с учетом тенденций развития конструкций автомобилей и тракторов. Вторая ступень – на базе магистратуры по отдельным программам, применительно к потребностям бизнеса.

Информацию о современных тенденциях в области «элитного» технического образования (ЭТО) можно найти в работе [6, с. 206–207] и во многих других работах сотрудников Томского политехнического университета. В работе указано, что основная цель ЭТО – формирование и развитие у выпускников вуза универсальных и профессиональных компетенций, а также подготовка лидеров инженерных профессий для реализации приоритетных направлений развития техники и технологий.

Авторы работы [7, с. 30–31] приводят перечень направлений развития инженерного образования для инновационного развития регионов, разработанный на основе предложенной модели. Эта модель [7, с. 27] включает в себя тренды и запросы экономической системы, тренды инновационного развития, инженерного образования и основные компетенции инженера.

Проблемы

На рис. 1 приведены качественные траектории развития уровней профессиональных (приобретаемых на практике в организации) и базовых, полученных в вузе знаний. Оговоримся сразу, что эти уровни определены экспертно, в большей степени для демонстрации качественной картины, а не выявления конкретных количественных показателей.

Говоря здесь и ниже о знаниях, мы подразумеваем, что речь так же идет об умениях и навыках специалиста, поскольку в «чистом» виде знаний в отрыве от двух других указанных категорий не бывает. Начало системы координат соответствует времени окончания вуза и поступления специалиста на работу. В данном случае мы не рассматриваем специалистов, принятых на работу со стороны и уже имеющих стаж работы на других предприятиях. Приведенные траектории построены на основе многолетних наблюдений и анализа карьерного роста специалистов, работающих на инженерных должностях на нашем предприятии.

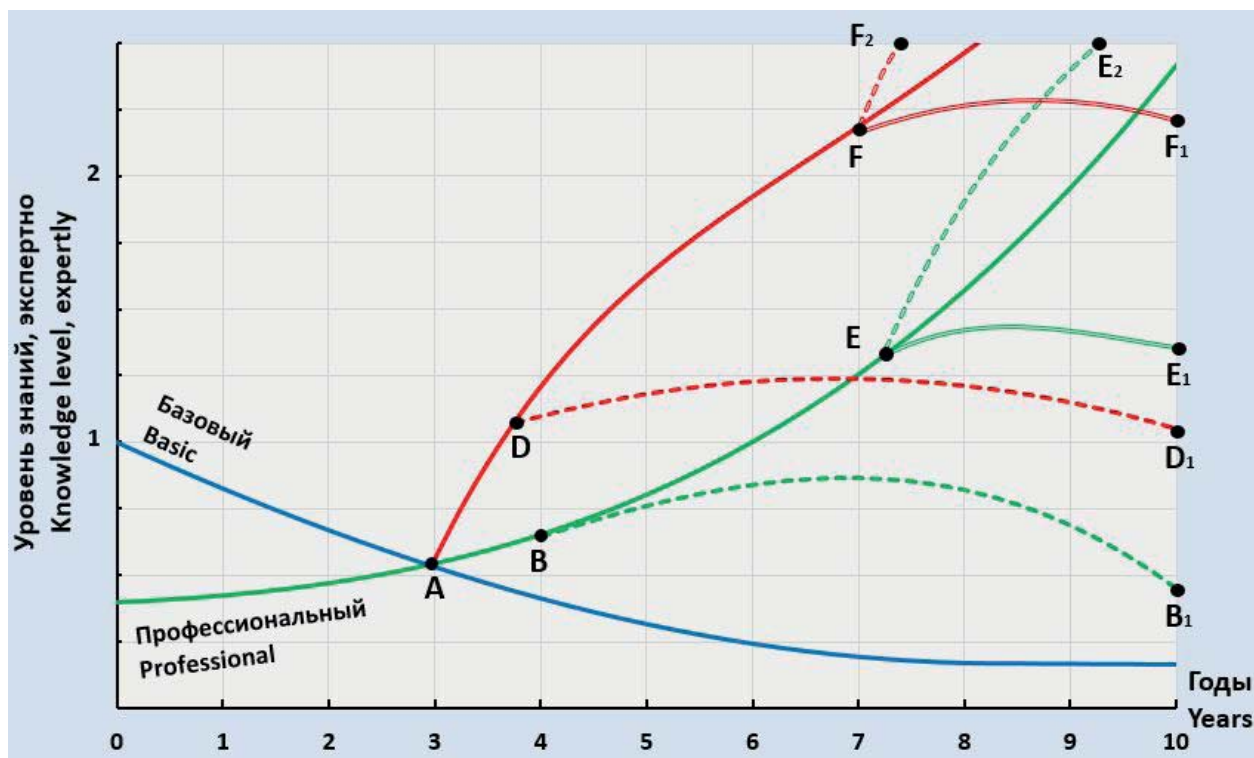


Рис. 1. Уровни знаний в зависимости от стажа работы
Fig. 1. Levels of knowledge depending on the length of service

Ни для кого не является секретом, что базовый уровень полученных в вузе знаний с приходом специалиста на предприятие с каждым годом уменьшается. На рисунке этот факт выделяется линией с надписью «базовый». Происходит это вследствие существующей системы специализации инженеров на конкретных рабочих местах. Как правило, круг решаемых молодым специалистом задач в первые годы его работы в подразделении (бюро, отделе, департаменте и т. д.) ограничен и ему не требуются глубокие знания в смежных областях.

К примеру, если он работает инженером-конструктором, то ему не требуются глубокие фундаментальные знания в области молекулярной физики, электротехники, уравнений математической физики, информационных технологий, программирования и т. д. Хотя в вузе он их, как правило, изучал. И наоборот, если молодой специалист работает, к примеру, в сфере информационных технологий, то ему нет необходимости владеть фундаментальными знаниями в области сопротивления материалов, деталей машин, теории автомобиля и двигателя и т. д.

Уровень же профессиональных знаний, представленный на рис. 1 линией с надписью «профессиональный», монотонно возрастает с каждым годом в начале карьерной лестницы. И совершен-

но понятно, с чем это связано – молодой специалист под руководством более опытных коллег приобретает новые профессиональные знания и опыт практической работы, необходимые для выполнения должностных обязанностей. И все было бы замечательно, если бы не одно «но». Из опыта замечено, что уровень профессиональных знаний монотонно повышается далеко не у всех специалистов. Попробуем разобраться, почему так происходит.

Через три – четыре года практической деятельности линия (траектория), характеризующая профессиональные знания одаренных и целеустремленных специалистов в большинстве случаев проходит через точки А–D–F, тогда как траектория специалистов, уровень которых ниже – через точки А–B–E. И вот в это время и у тех, и у других специалистов на их траекториях карьерного роста появляются так называемые «точки бифуркации» В и D – своеобразные развилки. Тогда те специалисты, у которых отмечается отсутствие мотивации или недостаточный уровень знаний, или в силу других причин фактически не развиваются, что показано на траекториях В–B1 и D–D1. Результатом этого является то, что специалисты, которые не хотят повышать уровень знаний, не устраивают работодателя и, как правило, в скором времени уходят из организации.

Ситуация усугубляется и теми обстоятельствами, что в процессе разработки современных автомобилей все большее внимание уделяется цифровому проектированию и моделированию. Вызовы времени диктуют новые сферы профессиональной деятельности инженера в ближайшем будущем – аналитика и большие данные, киберфизика, «цифровой двойник», «цифровые фабрики», робототехника, интернет вещей и т. д.

В качестве примера применения одного из элементов цифровых технологий моделирования в процессе проектирования автомобиля на рис. 2 приведена так называемая многомассовая модель КТС, применяемая для проведения расчетов важных потребительских характеристик – продольной динамики, управляемости, устойчивости и плавности движения в различных условиях эксплуатации. Несмотря на кажущуюся простоту, представленная модель должна содержать в себе математические модели различных упруго-демпфирующих элементов – шин, передней и задней подвесок, амортизаторов и т. д., которые сами по себе представляют достаточно сложные компоненты с точки зрения их адекватного описания и получения достоверных откликов на динамические воздействия со стороны водителя, дороги и окружающей среды.



Рис. 2. Многомассовая модель КТС
Fig. 2. The multibody model of the CCC

Отсюда следует, что переход от «жесткой» трехмерной CAD – модели, которая может вращаться и перемещаться как единое целое к «упругой» CAE – модели, способной деформироваться и изгибаться, а ее компоненты могут перемещаться друг относительно друга, требует новых междисциплинарных знаний и умений в части математического моделирования различных динамических и физико-механических процессов. Поэтому

именно в этот период требуются интенсивные курсы повышения квалификации на базе корпоративного университета, или в ведущих вузах страны, или самостоятельное обучение каждого сотрудника. Это позволяет специалистам поддерживать на должном уровне и развивать профессиональные знания, умения и навыки и они будут востребованы в организации.

По указанным причинам своевременное планирование дополнительного профессионального обучения – важнейшая задача службы персонала предприятия. Подтверждение этому можно найти также в работе [8, стр. 135].

Ситуация усугубляется и тем обстоятельством, что полученные в вузе базовые знания за эти три-четыре года практически устаревают. Поэтому необходимо постоянно вести мониторинг лучших отечественных и зарубежных практик, разрабатывать и формировать инновационные образовательные технологии с использованием возможностей дистанционного обучения, электронных курсов и т. д. Подобные технологии должны включать в себя не только «повторение» пройденного в вузе материала, но и привносить новые знания, которые нужны в настоящий момент для решения практических задач предприятия и потребуются завтра.

Практика работы с персоналом предприятия показывает, что аналогичные процессы возможны не только через три-четыре года, но и через 7–8 лет работы специалистов, которые имеют теперь уже солидный стаж работы. У группы специалистов со средними способностями уровень профессиональных знаний может быть представлен траекторией E – E1, у другой группы – одаренных специалистов – траекторией F–F1. Обе эти группы специалистов так же могут уйти из организации. Причины этого – те же, что описаны выше. Еще одна возможная причина – эти специалисты достигли «потолка» в своей профессиональной карьере и, возможно, необходима их ротация по горизонтали с соответствующим обучением, повышением квалификации или переподготовкой.

Таким образом, и в этих ситуациях требуется интенсивное обучение специалистов. Это позволит повышать уровень профессиональных знаний (и, соответственно, умений и навыков) в соответствии с траекториями E – E2 и F–F2. При наличии мотивации и желании специалистов учиться полученные знания становятся ключевыми компетенциями. Ключевые для ПАО «КАМАЗ» инженерные компетенции перечислены в работе [9, с. 13–35]. Следует отметить, что перечень перечисленных компетенций требует пересмотра и актуализации в свете новых вызовов.

Таким образом, выявлен ряд проблем, требующих оперативного решения. Поэтому предлагается несколько возможных путей решения, представляющих с нашей точки зрения практический интерес как для работодателей, так и для системы высшего образования.

Пути решения

Как вовлечь будущих инженеров в исследовательскую работу, повысить их уровень профессионализма в области «инженерного дела», научить командной работе на предприятии? Как получить ответы на эти, казалось бы, простые вопросы? Попробуем для начала понять, кого можно считать современным инженером.

Основным видом деятельности инженера является разработка новых и/или оптимизация существующих инженерных решений. К примеру, это может быть оптимизация проектного решения или технологии, планирование и управление разработками, контроль производственных процессов и т. д. Для выполнения своих функциональных обязанностей инженеру необходим комплекс фундаментальных и прикладных знаний, получаемых в процессе обучения в вузе. По окончании вуза выпускник получает диплом – бакалавра, специалиста или магистра в соответствующей области инженерной деятельности.

Практикой доказано, что наличие диплома не является обязательным атрибутом инженера. Вспомним, что великие изобретатели древности – Леонардо да Винчи, Архимед, Кулибин, Ползунов, Уатт и многие другие, создавшие свои шедевры техники в более позднее время – диплома инженера в современном его понимании не имели, поскольку технических вузов в то время еще не существовало. Следовательно, инженер – это специалист с междисциплинарными знаниями, творческая личность, постоянно повышающий свой объем знаний и умений, а не «обладатель» диплома.

Технические объекты в современных условиях развиваются и морально устаревают столь стремительно (вспомним смартфоны, ноутбуки, телевизоры, «умные» пылесосы и т. д.), что подчас за время обучения в вузе часть знаний безнадежно устаревает. Но это еще не все. Дело в том, что в вузах студентов обучают в основном методам поиска частного, пусть даже и оптимального решения. Полученные знания и умения будущий инженер должен применить при подготовке своей выпускной работы. Как пример – разработать конструкцию такого-то узла КТС, двигателя, или их систем. Нет сомнения, что этому тоже надо учить. Но если

мы обратимся к иерархии описания технических систем [10, с. 22], представленной на рис. 3 (доработана авторами), то увидим, что проектное решение соответствует 6 уровню, на котором эффективность решений минимальна.

На этом рисунке по вертикальной оси приведены эффективность решений и объемы знаний (дана экспертная оценка, поскольку точная оценка требует более детального исследования), а по горизонтальной – уровни иерархии технических объектов, от первого до шестого. В указанной иерархии первому уровню соответствует описание потребностей (требований, или функций технического объекта). На втором уровне иерархии располагается физическая операция, на третьем определяется функциональная структура изделия. Четвертому уровню соответствует физический принцип действия, а пятому – техническое решение. Шестой же уровень отражает оптимальное проектное решение.

Выделенной зеленой линией «Как есть» условно показан объем знаний, получаемый будущим инженером в современном вузе. Видно, что объем знаний минимален на первых трех уровнях, тогда как многолетней практикой доказано, что эффективность технических решений (показано красной линией «Эффективность») как раз максимальна на первых уровнях при правильном учете потребностей и формировании перечня требований. Отсюда следует необходимость внесения корректировки в учебные программы большинства технических вузов для смещения акцента в сторону обучения студентов навыкам формирования и управления требованиями, декомпозиции требований по уровням «сверху вниз» (инженерия требований) и методам разработки на их основе структуры изделия. На рисунке это выделено синей линией «Как надо».

Для повышения эффективности технических решений студентам надо увеличить объем знаний на первых уровнях – в части выявления потребности в продукте или услуге, формирования и управления требованиями, их декомпозиции, разработке функциональных моделей – развивать навыки и умения так называемого концептуального проектирования, правильной реализации функций, обеспечивающих выполнение предписанных требований с использованием правильных и наиболее эффективных в данных условиях физических принципов действия и только потом уже обучать методам и принципам реализации конкретных технических решений, причем с широким использованием известных методик Г.С. Альтшуллера, изложенных им в теории решения изобретательских задач [11] и его последователями [12].

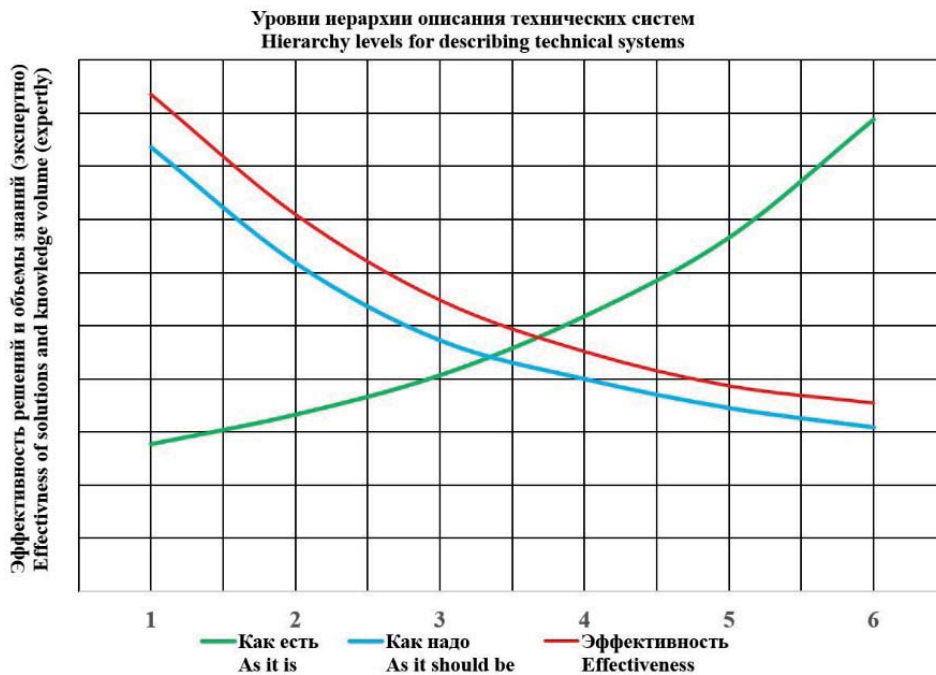


Рис. 3. Уровни иерархии описания технических систем и эффективность решений. Обозначения по горизонтальной оси: 1 – Потребность (требование), функция; 2 – Физическая операция; 3 – Функциональная структура; 4 – Физический принцип действия; 5 – Техническое решение; 6 – Оптимальное проектное решение

Fig. 3. The hierarchy levels of the description of technical systems and the effectiveness of solutions. Designations along the horizontal axis: 1 – Need (requirement), function; 2 – Physical operation; 3 – Functional structure; 4 – The physical principle of action; 5 – Technical solution; 6 – The optimal design solution

Но и этого мало – слишком быстро меняется мир, появляются новые вызовы и угрозы, открываются новые окна возможностей. Поэтому в столь бурно меняющейся внешней среде надо правильно использовать накопленный человеческим опытом, знания и модели развития общества, индивидуума и его сознания. Одной из таких моделей является так называемая «Лестница зна-

ний». Впервые эта модель упоминается немецким ученым Клаусом Нортом в работе [13], изображена она на рис. 4. «Лестница знаний» представляет особую ценность для специалистов по управлению знаниями и развитию ключевых компетенций и может использоваться и в отечественной практике – на предприятиях, в вузах и научных организациях.

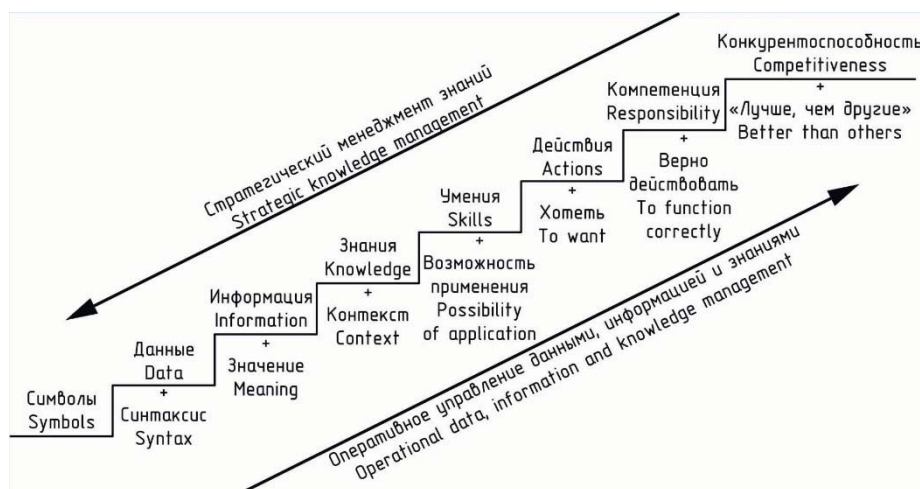


Рис. 4. Лестница знаний по К. Норту

Fig. 4. The ladder of knowledge by K. North

Она наглядно демонстрирует, как при движении вверх по лестнице от символов с использованием синтаксиса и правил обработки на первой ступени, можно получать на второй ступени данные, которые после их классификации и систематизации превращаются в информацию на третьей ступени. На вершине лестницы – компетенции и конкурентоспособность предприятия, которые приобретены благодаря полученным умениям и их правильному применению в действии.

В отечественной практике для организации подготовки специалистов в области инжиниринга, инженерии и управления знаниями разработаны и действуют нормативные документы. К таковым по праву можно отнести ГОСТ Р 57306–2016 «Инжиниринг. Терминология и основные понятия в области инжиниринга», который определяет основные понятия в области инжиниринга. Среди них можно указать: требование, архитектура, инжиниринг, жизненный цикл, система, продукт, продукция, процесс, разработка и т. д.

Инжиниринг, например, в соответствии с этим ГОСТ определяется как «...инженерно-консультационная деятельность, содержанием которой является решение инженерных задач, связанных с созданием или совершенствованием продукции, систем и(или) процессов. Предметом инжиниринга является не продукция (конечный результат производства), не проектирование и не производство продукции, а интеллектуальный процесс решения творческих (инженерных) задач, связанных с проектированием и организацией процессов производства продукции (выполнения работ, оказания услуг)».

В указанном стандарте есть и определение инженера. Это «специалист, профессионально занимающийся инженерным делом». Так что тот выпускник инженерного вуза, который не занимается профессионально инженерной деятельностью, фактически инженером не является. Раскрыто в документе и понятие инженерное дело – как «...профессиональная деятельность, связанная с применением систематического, строгого, количественного подхода для создания и применения информации о физических объектах, системах, процессах и их взаимодействии в целях создания новых сущностей».

Определенный интерес представляет и понятие архитектура, которая определяется как «...фундаментальная организация системы, воплощенная в ее компонентах, их взаимодействиях друг с другом и со средой, и принципы, определяющие ее построение и развитие». Не менее важна и концепция жизненного цикла, определяемая следующим

образом. Это «...развитие системы, продукта, услуги, проекта или других изготовленных человеком объектов, начиная со стадии разработки концепции и заканчивая прекращением применения». На формулировках всех остальных терминов и определений подробно останавливаться не будем. Читатель при желании найдет их самостоятельно в указанном документе.

Вторым по значимости документом считаем целесообразным указать ГОСТ 57321.1-2016 «Менеджмент знаний. Менеджмент знаний в области инжиниринга. Часть 1. Общие положения, принципы и понятия». В этом документе, утвержденном в 2016 году, можно найти только три ступени «лестницы знаний» (Рис. 5) в отличие от приведенной на рис.4 лестницы знаний по Норту. Умения, навыки и компетенции, не говоря уже о конкурентоспособности, к сожалению, в нем не отражены.

Тем не менее, базовые понятия в документе есть. Знания в соответствии с этим ГОСТ – это «объективные факты, которые не могут интерпретироваться вне контекста и дальнейших пояснений». Информация – «структурированные данные, обладающие актуальностью и целями, которые могут быть вписаны в контекст, классифицированы, оценены и откорректированы». Затем информация трансформируется в знания – «связанную информацию, которая позволяет проводить сравнение, определять степень взаимодействия и принимать решения».

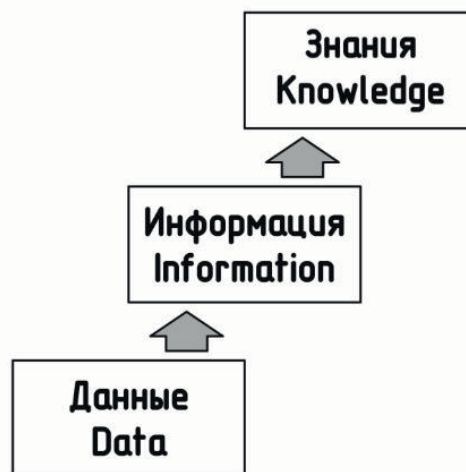


Рис. 5. Фрагмент лестницы знаний по ГОСТ 57321.1–2016
Fig. 5. A fragment of the ladder of knowledge according to GOST 57321.1-2016

Несмотря на этот недостаток, в стандарте приведены, на наш взгляд, содержательные модели. Одна из них – модель инженерных знаний. Она представляет собой соответствующую информацию об объектах знаний, а также взаимосвязях

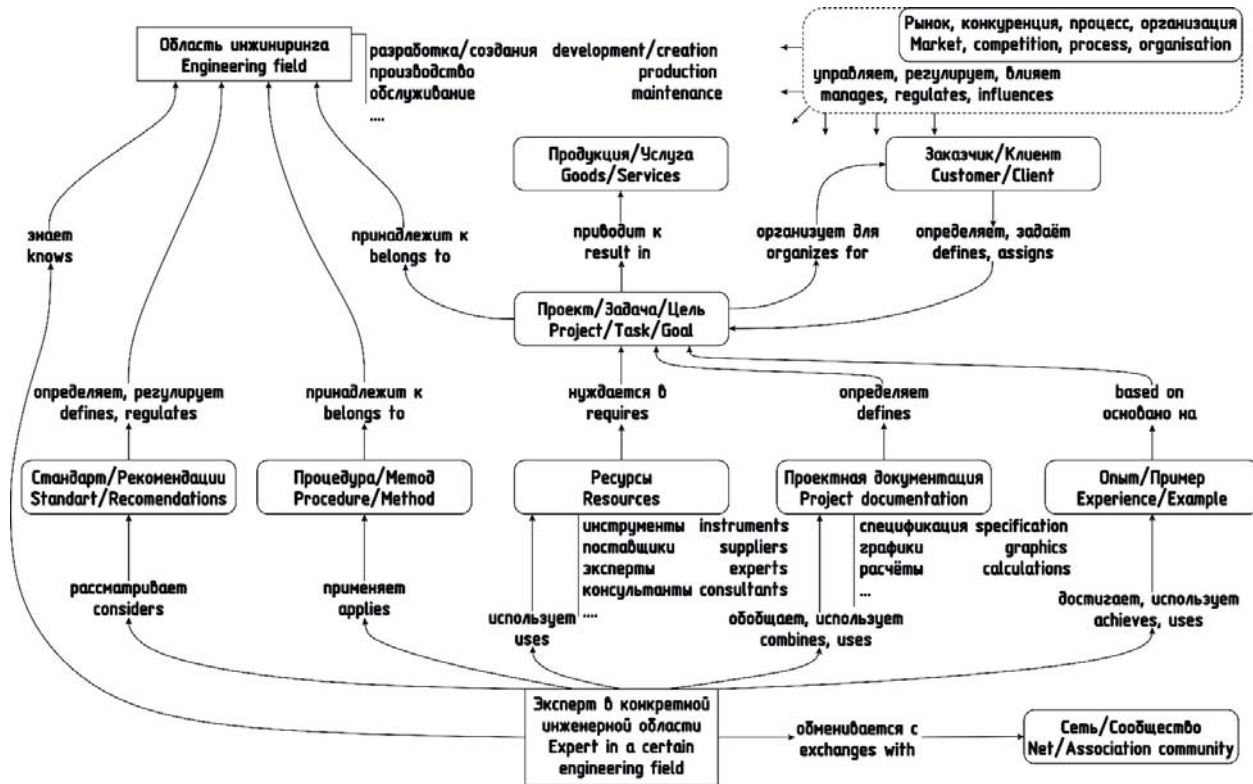


Рис. 6. Модель инженерных знаний по ГОСТ 57321.1-2016
 Fig. 6. Model of engineering knowledge according to GOST 57321.1-2016

объектов знаний между собой. Модель инженерных знаний (см. рисунок 6) определяет «объекты знаний», связанные с менеджментом знаний для конкретной области его применения и включает в себя основные элементы, с которыми инженеру приходится сталкиваться на практике, а также взаимосвязи между этими элементами. Модель представляет глобальную соподчиненную структуру, исходя из которой можно сгенерировать специ-

фикации на разработку, изготовление опытного образца, производство, испытания, эксплуатацию и техническое обслуживание.

Второй содержательной моделью является модель менеджмента знаний, которая учитывает организацию и взаимодействие всех видов деятельности и процессов идентификации, создания, регистрации и сохранения, распространения и применения информации, результатов исследований и опыта (рис. 7).

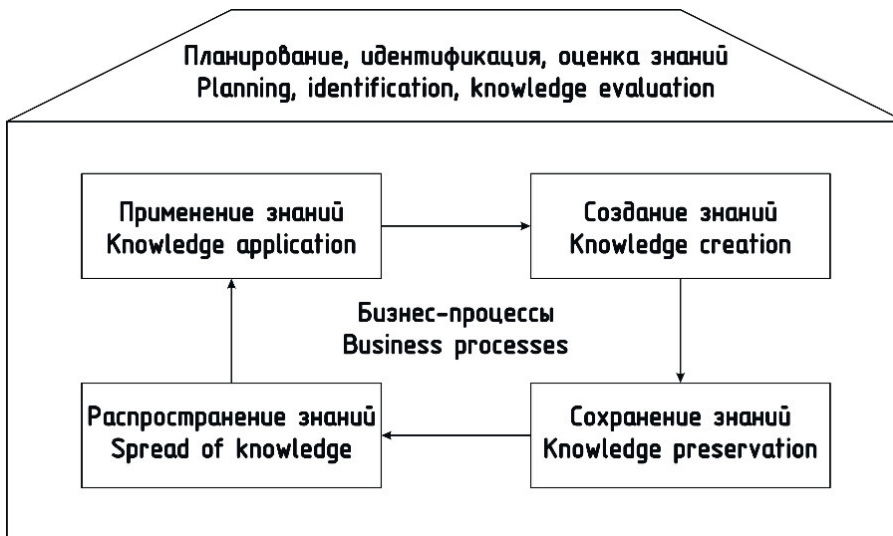


Рис. 7. Основные виды деятельности и процессы менеджмента знаний
 Fig. 7. Main activities and knowledge management processes

На других полезных категориях системы управления знаниями не останавливаемся, оставляя их для самостоятельного изучения читателей. Как мы могли убедиться на основе анализа двух документов, в нашей стране действуют нормативные документы в части инженерной деятельности и менеджмента знаний. Отрадно, что приведенные модели находятся в хорошем согласии с другими классическими моделями. Одна из них заимствована в работе Клира [14] и описывает основные этапы исследования систем. Доработанная авторами модель приведена на рис. 8.

Несмотря на то, что эта модель разработана достаточно давно, актуальность свою она не потеряла и может служить своеобразным алгоритмом исследования любых систем – технических, социальных, биологических и т. д., т.к. определяет все необходимые для исследователя категории – цель и объект исследований, ограничения на исследования, сбор и анализ данных, выводы и предложения по результатам исследований.

Отметим также, что с 1 ноября 2017 года введен в действие ГОСТ Р 57193–2016 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла». Этот стандарт устанавливает общие правила для описания процессов и отдельных этапов жизненного цикла создаваемых человеком систем. Он определяет множество процессов и соответствующую им терминологию с инженерной точки зрения. Процессы могут находиться на любом

уровне иерархии в структуре системы. Детальный анализ указанного ГОСТ можно выполнить самостоятельно.

Заключение

В одной работе всех проблем, связанных с формированием требований к инженерам-проектировщикам будущего и инфраструктуре для их подготовки, а также путей их решения охватить достаточно сложно – слишком много их накопилось. Мы попытались отразить только некоторые из них, представляющих наибольший интерес как для работодателя. Возможно, что на других предприятиях они будут другими. На «универсальный рецепт» мы не претендуем.

Как мы уже отмечали, ситуация усугубляется отсутствием устоявшейся и четко регламентированной терминологии в новых областях знаний. Словосочетания «цифровой двойник» и «цифровая фабрика» в своем составе содержат базовое слово «цифровой». Дальше – больше: появляются «цифровизация», «дигитализация» и т. д. В каких нормативных документах есть эти определения? В отношении термина «цифровизация» в докладе [15] приводится такое определение: «Под цифровизацией в самом широком смысле понимается процесс внедрения/усвоения цифровых технологий населением, бизнесом и обществом в целом». Обратим внимание – на первом месте в определении впереди бизнеса расположилось население,

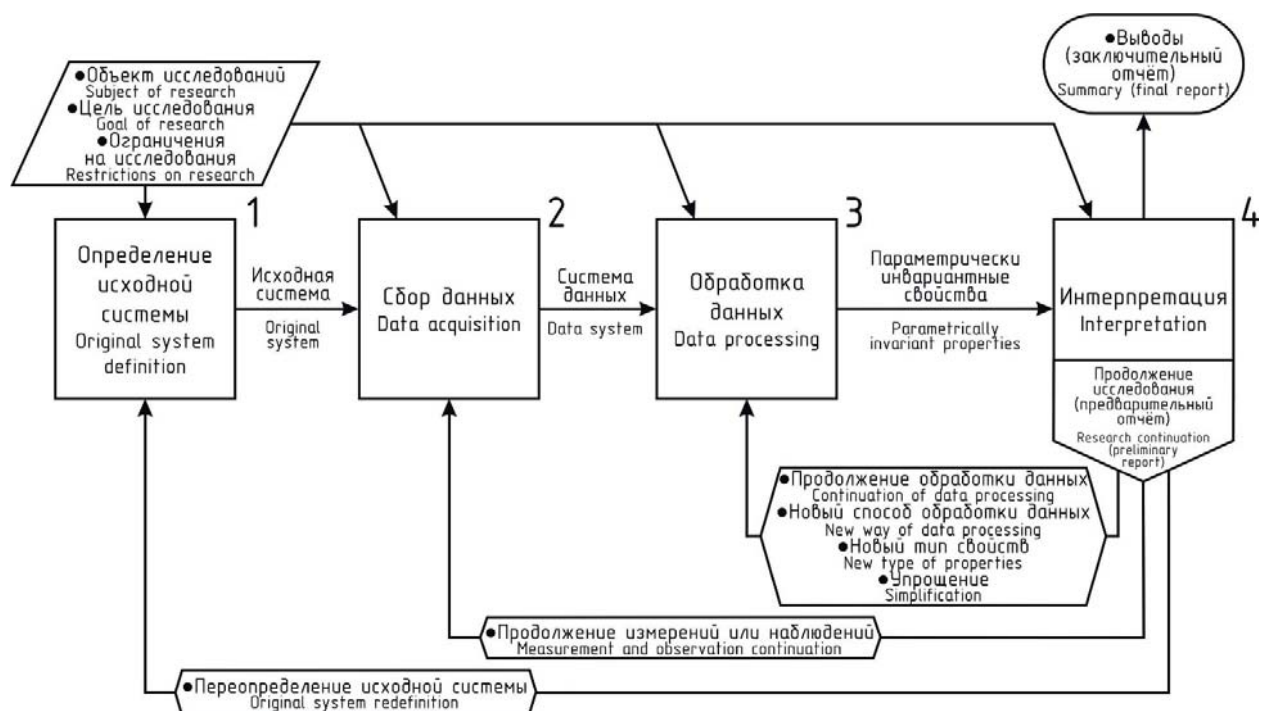


Рис. 8. Этапы исследования систем
Fig. 8. Stages of research systems

т. е. подразумевается массовость и доступность технологий для всех граждан, а не только инженеров.

Разработка комплекса всех необходимых документов для формирования и эффективного применения лестницы знаний и конкурентоспособности, системного инжиниринга – задача многоаспектная, масштабная и далеко не простая. Для ее решения требуются не только новые компетенции и мышление персонала различных подразделений предприятия, но и, как показано, смена парадигмы высшего образования, разработка новых образовательных и профессиональных стандартов, формирование научно-исследовательской инфраструктуры университетов и

предприятий с учетом еще более быстрых темпов смены приоритетов, появления новых вызовов и технологий и т. д.

Без существенной поддержки на государственном уровне вышеперечисленные задачи бизнесу в одиночку не решить. Двигаться вверх по ступеням лестницы знаний, «опираясь» на концепции инжиниринга и системной инженерии, надо всем заинтересованным субъектам инновационной инфраструктуры государства синхронно и согласованно. Как видим, пытаюсь ответить на одни вопросы, мы встречаемся с новыми, и их будет еще ой как много на пути к светлому «цифровому будущему». Такова уж диалектика развития всего и вся...

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогноз научно-технологического развития России: 2030 / Под ред. Л.М. Гохберга. – Москва: Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2014. – 244 с.
2. Соколов А.В., Чулок А.А. Долгосрочный прогноз научно– технологического развития России на период до 2030 года: ключевые особенности и первые результаты // Форсайт. – 2012. – Т. 6. – № 1. – С.12–25.
3. Микова Н., Соколова А. Мониторинг глобальных технологических трендов: теоретические основы и лучшие практики // Форсайт. – 2014. – Т. 8. – № 4. – С. 64–83.
4. Вонортас Н. Роль университетов в «треугольнике знаний» // Форсайт. – 2017. – Т. 11. – № 2. – С. 6–8.
5. Шипилевский Г.Б. О принципах подготовки специалистов для отрасли автомобиле- и тракторостроения // Автомобильная промышленность. – 2016. – № 10. – С.1- 4.
6. Чубик П.С., Чучалин А.И., Соловьев М.А., Замятина О.М. Подготовка элитных специалистов в области техники и технологий // Вопросы образования. – 2013. – № 2. – С. 188–208.
7. Гоник И.Л., Стегачев Е.В., Юрова О.В., Текин А.В. Направления развития инженерного образования для инновационно-ориентированной экономики регионов // Инженерное образование. – 2015. – № 18. – С. 25– 33.
8. Каравай А.В. Включенность работающих россиян в получение дополнительного профессионального образования // Вопросы образования. – 2016. – № 4. – С.123–143.
9. Ушенин А.М., Валеев Д.Х., Карабцев В.С. Подготовка инженерных кадров для автомобильной промышленности: проблемы и пути решения // Инженерное образование. – 2016. – № 19. – С. 134–141.
10. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
11. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. Теория решения изобретательских задач. – М.: Сов. Радио, 1989. – 133 с.
12. Шпаковский Н.А. ТРИЗ. Анализ технической информации и генерация новых идей. – М.: ФОРУМ, 2010. – 264 с.
13. North K. Wissensorientierte Unternehmensführung: Wertschöpfung durch Wissen. – Wiesbaden, Gabler, 1999. – 369 s.
14. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. – М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.
15. Digitizing Europe. Why Northern European frontrunners must drive digitization of the EU economy. – The Boston Consulting Group (BCG), 2016. – 34 p. URL: https://image-src.bcg.com/Images/BCG-Digitizing-Europe-May-2016_tcm22-36552.pdf (дата обращения: 23.11.2019).

Дата поступления: 27.11.2019 г.

UDC 378.1:629.33

THE ROLE OF SYSTEM ENGINEERING AND KNOWLEDGE MANAGEMENT IN THE PREPARATION OF ENGINEERING PERSONNELS FOR THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Danis Kh. Valeev,

Cand. Sc., Chief Design Engineer,
valeev@kamaz.ru

Vladimir S. Karabtsev,

Cand. Sc., Head of Department of Design and Scientific-Research Calculations,
Vladimir.Karabtsev@kamaz.ru

«KAMAZ» PTC Scientific-Technical Center»,
2, Avtozavodsky avenue, Naberezhnye Chelny, 423827, Russia.

Based on the analysis of the current situation at the largest enterprise of the domestic automobile industry and the development trends of wheeled vehicles (CTC), the work substantiates the need to change the emphasis of basic education in universities and the effective use of additional education in the preparation and further training of engineering personnel for the industry. A brief overview of domestic regulatory documents in the field of engineering and knowledge management is presented.

Keywords: engineering education, competencies, training, innovation, engineering personnel, requirements, knowledge management.

REFERENCES

1. *Prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossii: 2030* [Forecast of scientific and technological development of Russia: 2030]. By ed. L.M. Gokhberga. Moscow: Ministry of Education and Science of the Russian Federation, National Research University Higher School of Economics, 2014. 244 p.
2. Sokolov A.V., Chulok A.A. *Dolgosrochnyy prognos nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossii na period do 2030 goda: klyuchevyye osobennosti i pervyye rezultaty* [Long-term forecast of scientific and technological development of Russia for the period up to 2030: key features and first results]. *Forsayt*. 2012, vol. 6, no. 1, pp.12–25.
3. Mikova N., Sokolova A. Monitoring globalnykh tekhnologicheskikh trendov: teoreticheskiye osnovy i luchshiy praktiki [Monitoring of global technological trends: theoretical foundations and best practices]. *Forsayt*. 2014, vol. 8, no. 4, pp. 64–83.
4. Vonortas N. Rol universitetov v «treugolnike znaniy» [The role of universities in the «triangle of knowledge»]. *Forsayt*. 2017, vol. 11, no. 2, pp. 6–8.
5. Shipilevskiy G.B. O printsipakh podgotovki spetsialistov dlya otrasli avtomobile- i traktorostroyeniya [About the principles of specialist training for the automotive and tractor industry]. *Avtomobilnaya promyshlennost*. 2016, no. 10, pp. 1–4.
6. Chubik P.S., Chuchalin A.I., Solovyev M.A., Zamyatina O.M. Podgotovka elitnykh spetsialistov v oblasti tekhniki i tekhnologiy [Training of elite specialists in the field of engineering and technology]. *Voprosy obrazovaniya*. 2013, no. 2, pp. 188–208.
7. Gonik I.L., Stegachev E.V., Yurova O.V., Tekin A.V. Napravleniya razvitiya inzhenerenogo obrazovaniya dlya innovatsionno-orientirovannoy ekonomiki regionov [Directions for the development of engineering education for the innovation-oriented economy of the regions]. *Inzhenernoye obrazovaniye*. 2015, no. 18, pp. 25–33.
8. Karavay A.V. Vkluchennost rabotayushchikh rossiyan v polucheniye dopolnitelnogo professionalnogo obrazovaniya [The involvement of working Russians in obtaining additional professional education]. *Voprosy obrazovaniya*. 2016, no. 4, pp.123–143.
9. Ushenin A.M., Valeev D.Kh., Karabtsev V.S. Podgotovka inzhenernykh kadrov dlya avtomobilnoy promyshlennosti: problemy i puti resheniya [Training engineering staff for the automotive industry: problems and solutions]. *Inzhenernoye obrazovaniye*. 2016, no. 19, pp. 134–141.
10. Polovinkin A.I. *Osnovy inzhenernogo tvorchestva* [Fundamentals of engineering]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1988, 368 p.
11. Altshuller G.S. *Tvorchestvo kak tochnaya nauka. Teoriya resheniya izobretatelskikh zadach* [Creativity as an exact science. Theory of solving inventive problems]. Moscow, Sov. RadioPubl., 1989, 133 p.
12. Shpakovskiy N.A. *TRIZ. Analiz tekhnicheskoy informatsii i generatsiya novykh idey* [TRIZ. Analysis of technical information and generation of new ideas]. Moscow, FORUM Publ., 2010, 264 p.

13. North K. *Wissensorientierte Unternehmensführung: Wertschöpfung durch Wissen* [Knowledge-based business management: Value creation through knowledge]. Wiesbaden, Gabler Publ., 1999, 369 p. In Deutsch.
14. Klir Dzh. *Sistemologiya. Avtomatizatsiya resheniya sistemnykh zadach* [Systemology. Automation of solving system problems]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1990, 544 p.
15. Digitizing Europe. *Why Northern European frontrunners must drive digitization of the EU economy*. The Boston Consulting Group (BCG), 2016, 34 p. Available at: https://image-src.bcg.com/Images/BCG-Digitizing-Europe-May-2016_tcm22-36552.pdf (accessed 23.11.2019).

Received: 27.11.2019