

# Подготовка инженеров-системщиков для оборонно-промышленного комплекса



**А. С. Борейшо,**  
д. т. н., профессор,  
зав. кафедрой лазерной техники, научный  
руководитель НПП «Лазерные системы»  
e-mail: boreysho@lsystems.ru



**С. Ю. Страхов,**  
д. т. н., доцент, декан факультета  
информационных и управляющих систем  
e-mail: strakhov\_s@mail.ru

**Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова**

*Статья посвящена развитию перспективного направления подготовки инженеров-разработчиков, связанного с практическим применением принципов системного анализа при создании эффективных образцов вооружения и военной техники. В статье рассматриваются основные предпосылки возникновения такого направления подготовки специалистов для оборонно-промышленного комплекса, обсуждаются ключевые принципы системного подхода, используемые при проектировании сложных технических объектов, анализируется некоторый опыт зарубежных стран в данном направлении.*

**Ключевые слова:** высшее техническое образование, оборонно-промышленный комплекс, системное проектирование.

Российский оборонно-промышленный комплекс, как и вся наша современная высокотехнологичная наукоемкая индустрия, остро нуждается в высококвалифицированных специалистах различных направлений, среди которых основными обычно считаются — исследователи-расчетчики, конструкторы-разработчики, технологи-производственники. Это деление с теми или иными вариациями существует практически для всех специальностей, и на подготовку именно таких специалистов ориентируется наша высшая техническая школа. Естественно, что в разных вузах существуют отличные друг от друга подходы, определяемые научными школами, местными задачами, традициями и предпочтениями отдельных руководителей. Особенно явно такие различия были заметны для одноуровневой инженерной подготовки, когда по предметно-ориентированным специальностям (например, радиофизика, динамика и управление полетом, материаловедение и т. д.) выпускались преимущественно инженеры-исследователи и расчетчики, а по объектно-ориентированным специальностям (например, ракетные комплексы и космонавтика, системы управления летательными аппаратами, радиолокационные системы и комплексы и т. д.) вы-

пускники в большей степени были ориентированы на конструкторско-технологическую деятельность.

В двухуровневой системе подготовке в идеале на стадии бакалавриата студент получает фундаментальные знания по инженерным дисциплинам в рамках выбранного направления, а дальнейшая «заточка» специалиста до инженерного уровня происходит в рамках послевузовского дополнительного образования в ходе его (специалиста) производственной деятельности [1, 2]. Так, по крайней мере, работает двухуровневая система, там, где она демонстрирует наибольшую эффективность.

Гарантией успеха здесь является именно хорошая фундаментальная подготовка бакалавров, помогающая им адаптироваться на различных предприятиях и рабочих местах и легко усваивать необходимые для его конкретной работы новые знания в рамках дополнительного образования. К сожалению, у нас направления подготовки бакалавров выглядят излишне специализированными и в основном повторяют прежние инженерные специальности в ущерб более широкой фундаментальной подготовке [3]. Наибольшие сложности это вызывает в оборонно-промышленном комплексе, где сохранились крупные производствен-

ные предприятия и комплексы, остро нуждающиеся в компетентных, хорошо подготовленных специалистах. Естественно, что руководители этих предприятий и всего ОПК не удовлетворены сегодняшними бакалаврами, справедливо считая их всего лишь «недоделанными» инженерами. И это в значительной степени справедливо, поскольку при слишком высокой специализации в ущерб фундаментальной подготовке «на выходе» получается недоучившийся инженер, неготовый в тоже время к дальнейшему узкоспециальному образованию из-за недостаточных знаний по фундаментальным дисциплинам. Как реакция на это и происходит откат к «специалитету», т. е. фактически назад к одноуровневой системе, что особенно характерно для вузов, ориентированных на подготовку специалистов для ОПК.

При этом выпускникам «специалитета» все равно требуется дальнейшая «доводка», но они после пяти–шести лет обучения не всегда нацелены на продолжение образования. Поэтому, так или иначе, если мы хотим, чтобы наша высшая техническая школа соответствовала современному мировому уровню и могла развивать сотрудничество и плодотворные обмены преподавателями, студентами, учебными курсами с лучшими мировыми образовательными центрами, мы все будем вынуждены, в конце концов, перейти на двухуровневую систему. Тем более, что если делать все правильно, от этого перехода могут выиграть все, и промышленность, и высшая школа и даже госбюджет, поскольку четырехлетняя подготовка бакалавра с последующей узкоспециализированной подготовкой под конкретное рабочее место более эффективна и с экономической точки зрения, чем выпуск инженеров широкого профиля [3].

Но есть и еще одно направление современного технического образования, которое не получило у нас развития, адекватного тому, что на сегодняшний день имеют многие страны с высоким научно-техническим потенциалом, реализованным, в том числе, в ОПК (США, Великобритания, Германия). Это подготовка инженеров-системщиков, задача которых — комплексное системное проектирование, организация и управление всеми стадиями инженерной деятельности от начала разработки технического задания до завершения жизненного цикла сложного технического изделия.

Термин Systems Engineering («системный инжиниринг» или, более привычное, «системное проектирование») возник в сороковых годах прошлого века в США, как реакция на необходимость оперировать понятием систем, как единого целого, свойства которого для комплексных технических проектов могут очень сильно отличаться от простой суммы свойств компонентов этих систем и под ним с самого начала понималась междисциплинарная область проектирования, направленная на понимание, как сложные инженерные проекты должны разрабатываться и управляться на всем продолжении жизненного цикла проектируемого изделия.

Развиваемые с помощью Systems Engineering подходы оказались исключительно удачным и своевременным ответом на стремительно возрастающие запросы Пентагона, NASA и других правительствен-

ных организаций на проектирование очень сложных и больших систем, которые не могли быть решены на базе существующих тогда методов и требовали принципиально новых идей.

Первая книга по системному анализу, не переведенная у нас, вышла в 1956 г. Ее издала корпорация РЭНД (авторы А. Канн и С. Монк). Через год появилась «Systems Engeneering» Г. Гуда и Р. Макола (издана у нас в 1962 г.), где изложена общая методика проектирования сложных технических систем. Начальный период истории системного подхода в нашей стране увлекательно изложен в интересных и поучительных воспоминаниях Н. В. Волковой [4].

В наших вузах системному анализу при подготовке инженеров уделялось, да и сейчас уделяется определенное внимание (в учебных планах по некоторым техническим специальностям даже имеются отдельные курсы «системное проектирование» и «исследование операций»), однако, на наш взгляд, недостаточное. Действительно, исключительно важная и даже ключевая сфера проектной деятельности не стала у нас самостоятельным направлением подготовки специалистов: название «системотехника» стала ассоциироваться в основном с подготовкой инженеров-программистов, а «системное проектирование» — с разработкой сложных систем с помощью компьютеров, известной в советское время как САПР (системы автоматизированного проектирования), сейчас чаще называемой CAD/CAM/CAE, хотя это не является главным в системном подходе.

А ведь в свое время даже сама структура технических вузов, ориентированных на подготовку специалистов для оборонной промышленности, носила системный характер, общий для всех систем вооружений. Каждый факультет готовил инженеров по определенному виду вооружений, так что при этом студенты, обучающиеся на конкретных специальностях, получали при этом полный набор знаний по всему циклу разработки и производства и даже боевого применения этого оружия. Это обеспечивалось общими факультетскими курсами, читавшимися студентам всех выпускающих кафедр факультета. Общие же для всех специальностей циклы обеспечивались общетехническими и общенаучными университетскими кафедрами. Примерно так был организован Военно-механический институт (ныне Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова), выпускники которого полностью удовлетворяли запросам ОПК, а лучшие из них стояли во главе многих ключевых предприятий оборонной промышленности.

К сожалению, за последние два десятка лет вузы, готовившие специалистов для оборонных отраслей, претерпели серьезные структурные изменения, в результате которых была практически полностью утрачена, прежде всего, системность подготовки специалистов по разработке оружия и военной техники. Хотя как раз сегодня актуальность подготовки специалистов в области системного проектирования возросла еще сильнее [5].

Ведь даже, казалось бы, в благополучных с этой точки зрения США государственный заказчик остро

ощущает важность усиления системной подготовки. «Область повышенного внимания — это системное проектирование, критическая роль которого возрастает по мере роста мощностей вооружений. В Пентагоне недавно обнаружили существенные пробелы в подготовке системных инженеров. В прошлом году шеф по кадрам Пентагона Kenneth Krieg решил увеличить время подготовки инженеров-системщиков с четырех до восьми лет» [6].

Основными факторами, определяющими характер процесса проектирования на современном уровне научно-технического развития и не только в сфере ВПК, но и в других наукоемких областях (космос, робототехника и т. д.), являются следующие.

1. Современные технические объекты обычно представляют собой очень сложные системы, состоящие из большого числа взаимодействующих элементов. Проектирование таких объектов, естественно, существенным образом отличается от проектирования простых изделий.
2. В рамках одного технического объекта могут взаимодействовать существенно различающиеся по физическим принципам работы элементы. Поэтому значительно возрастает объем научно-технической информации, необходимой для анализа и проектирования объекта.
3. Требования к качеству проектов и к срокам их выполнения, диктуемые текущим состоянием рынка, чрезвычайно жесткие. Поэтому для обеспечения конкурентоспособности изделия необходимо существенно ускорить и повысить эффективность проектных работ. Кроме того, сам жизненный цикл современного изделия с каждым годом существенно укорачивается.

Эти и ряд других факторов требуют совершенствования процесса проектирования применительно к сложным техническим системам, его перехода к новому качеству, которое бы оптимально сочетало традиционные формы проектирования с возможностью и быстрого реагирования на появление новых комплектующих, использование новых физических принципов работы, подходов, основанных, в частности, на активном внедрении средств автоматизации проектных работ. И здесь речь идет не только об очевидной необходимости использования компьютерных средств САД/САМ/САЕ на всех стадиях проектирования — это лишь приведет к ускорению процесса, и определенному повышению качества работ. Самое главное то, что действительно переведет процесс проектирования на качественно новый уровень — это использование особой методологии проектирования сложных технических систем, объединенной термином «системное проектирование» и основанной на *практическом* применении системного подхода.

Вооружение и военная техника, комплексы и системы военного назначения всегда находились и будут находиться на острие научно-технического прогресса, концентрируя в себе все его последние достижения [7]. Причем спектр отраслей науки и производства, в той или иной мере привлекаемых для создания военной техники, чрезвычайно широк. Это механика жидкости газа и плазмы, приборостроение, специальное маши-

ностроение, специальная химия топлив и взрывчатых веществ, материаловедение, технология производства, квантовая электроника, оптика, физика твердого тела, теория и системы управления, информационные и компьютерные технологии и многое-многое другое. Поэтому вооружение и военная техника — одни из тех сложных технических объектов, где квалифицированный системный подход к проектным работам позволяет не просто существенно повысить эффективность проектирования, но и в ряде случаев вообще сделать такое проектирование возможным.

Системное проектирование — это именно методология, основанная на идее «формализации здравого смысла», а именно на выработке и применении специальных, определенным образом формализованных подходов и проектных процедур при проектировании сложной системы, о чем речь пойдет чуть ниже. Такая методология, хотя и строится на известных базовых принципах системного подхода, но, тем не менее, достаточно сложна, особенно в аспекте ее практического применения. Поэтому представляется целесообразным рассматривать ее, как отдельное, вполне самостоятельное направление подготовки специалистов по сложным системам в вузах.

Следует отметить и еще два важнейших фактора, определяющих особую значимость системного проектирования именно в задачах ОПК.

Первый фактор можно назвать «межотраслевой коммуникативностью». В отличие от ориентированных на широкий рынок гражданских предприятий, где каждый может рассчитывать найти потребителя своей продукции, у ОПК единственный госзаказчик. Поэтому здесь взаимопонимание между разработчиком-производителем и заказчиком имеет решающее значение. И как раз системный подход, основанный на общем понимании единых критериев оптимизации, является наиболее естественным языком общения. На передний план выходит возможность заказчика и изготовителя согласовать характеристики изделия, опираясь на единую терминологию и параметры. Общепринятый перечень таких параметров существует — это боевая эффективность (вероятность выполнения боевой задачи при заданных условиях применения), надежность функционирования и т. д. Эти параметры для разработчика могут просто входить в условия работоспособности изделия, и тогда речь идет лишь о создании системы, удовлетворяющей требованиям ТЗ, а могут стать целевыми функциями при оптимизации системы вооружений, как единого целого в рамках системного подхода. В последнем случае создается не просто система, соответствующая требованиям заказчика, а система с *наилучшими* выходными характеристиками, заведомо превосходящая возможные альтернативы. Очевидно, что такая система является предпочтительной и создаваться она может только в рамках системного подхода, при котором структурно-параметрическая оптимизация является ключевой проектной процедурой.

Еще один фактор — это то, что любой образец вооружения представляет собой, с одной стороны, законченную систему, а с другой — является элементом целого ряда более сложных «надсистем» и, в том

числе, глобальной системы национальной обороны. И здесь именно системный подход к вопросу проектирования вполне конкретной и, казалось бы, самостоятельной системы, позволит учесть всю иерархию ее связей с другими системами верхнего и нижнего уровней.

Очевидно, что теоретическое освоение системного подхода и его принципов, а главное, развитие навыков его практического применения — это длительный и трудоемкий процесс, который нельзя осуществить в рамках одного–двух курсов лекций и практических занятий. Подготовка многостороннего инженера-системщика требует самой широкой системной и методологической направленности и междисциплинарности, включая не только научно-техническую и организационно-экономическую, но и социально-политическую и гуманитарную сферы.

Инженер-системщик должен понимать ученых, разработчиков, технологов, экономистов и администраторов и уметь объединять специалистов различного профиля для совместной работы. Для этого ему необходимо разбираться во многих специальных вопросах. *«Перечень преподаваемых в вузах США будущим системщикам дисциплин производит впечатление своим разнообразным и многоплановым содержанием: общая теория систем, линейная алгебра и матрицы, топология, теория комплексного переменного, интегральные преобразования, векторное исчисление дифференциальные уравнения, математическая логика, теория графов, теория цепей, теория надежности, математическая статистика, теория вероятностей, линейное, нелинейное и динамическое программирование, теория регулирования, теория информации, кибернетика, методы моделирования и оптимизации, методология проектирования систем, применение инженерных моделей, проектирование, анализ и синтез цепей, вычислительная техника, биологические и социально-экономические, экологические и информационно-вычислительные системы, прогнозирование, исследование операций и т. д.»* [8]

Основными задачами, решаемыми инженером-системщиком являются обеспечение интеграции частей сложной системы в единое целое и управление процессом разработки и производства этой системы. Очевидно, что чем сложнее и комплекснее разрабатываемая система, тем важнее роль и значение инженера-системщика на всех этапах ее разработки. Причем именно в хай-теке, в высоких технологиях, а значит, прежде всего, в оборонно-промышленном комплексе эта роль становится практически незаменимой. Ведь, как уже говорилось выше, именно в этих отраслях непрерывно происходит не только обновление (модернизация) существующих систем и образцов вооружений, но и появляются принципиально новые системы, зачастую функционирующие даже на новых физических принципах. Их разработка не может базироваться на предыдущем опыте, а требует принципиально новых подходов на основе комплексного теоретического обобщения всех достижений современной науки и техники при ориентации не только на естественно-научное, но и организационно-экономическое и даже гуманитарное образование.

Быть успешными лидерами при решении таких задач могут только «всезнайки» — системщики, способные находить и принимать оптимальные научно-технические и организационные решения в недостаточно определенных ситуациях. И именно этому можно научиться и получить практические навыки, если освоить принципы системного анализа применительно к процессу проектирования, которые можно обобщить для широкого спектра систем вооружений.

Что касается методического аспекта подготовки инженеров-системщиков в российской высшей школе, то, на наш взгляд, системное проектирование целесообразно сделать отдельным самостоятельным направлением подготовки магистров, осуществляемым для наиболее подготовленных инженеров-бакалавров, уже работающих на промышленных и научно-производственных предприятиях, в рамках специальных курсов, как это предлагалось в работах [1, 2], либо сделать его отдельным направлением специалитета, так как пока именно специалитет остается традиционной формой подготовки инженеров для ОПК.

Несмотря на комплексность направления подготовки специалистов по системному проектированию, в рамках ОПК такие специалисты могут иметь разные профили. Во-первых, это те специалисты-системщики, которые ориентированы на разработку и производство военной техники и могут готовиться гражданскими техническими университетами. Во-вторых, это военные специалисты, будущие офицеры, подготовка которых осуществляется в вузах Министерства обороны и направлена, прежде всего, на эксплуатацию и боевое применение разработанных средств вооружения. И, в-третьих, это те специалисты-системщики, которые находятся между промышленностью и военными и, в задачу которых входит принятие образцов военной техники на вооружение. При этом важную роль будет играть согласованность учебных программ и тесная кооперация подготовки специалистов по всем трем профилям, что в дальнейшем обеспечит ту самую «информационную коммуникативность», о которой речь шла выше.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова с этой точки зрения является оптимальным плацдармом на котором следует развивать подготовку специалистов-системщиков для ОПК по разным профилям. Действительно, уникальная структура вуза, которую удалось сохранить до их пор, включает в себя 5 ключевых технических факультетов, на которых сосредоточены научные школы по различным группам вооружения и военной техники и связанным с ними направлениями (ракетно-артиллерийское вооружение, космическая техника, информационно-управляющие системы, радиолокационное вооружение и средства радиолокационной борьбы и т. д.). На этих факультетах готовятся высококвалифицированные специалисты с высочайшей востребованностью на предприятиях ОПК, что косвенно подтверждается и цифрой приема абитуриентов по Гособоронзаказу — около 60%. Кроме того, в БГТУ на базе существующего в нем Учебного военного центра готовят и военных специалистов — кадровых офицеров ВМФ и офицеров-военпредов. Это позволяет создавать уникальные унифицированные

учебные планы и программы подготовки специалистов в области системного анализа для ОПК. Развитие уже имеющегося потенциала «Военмеха» может стать важным шагом в подготовке кадров для ОПК, способных обеспечить качественную модернизацию российской оборонной промышленности [9].

В заключение хочется еще раз отметить, что, на наш взгляд, в наше время глобальной информатизации, колоссального возрастания объема новых знаний, развития новых подходов, методов и технологий во всех отраслях науки и промышленности именно системный подход может обеспечить их эффективное применение при создании принципиально новых и действительно «прорывных» систем вооружения и военной техники. Предложенная в этой статье концепция возникла, как результат понимания необходимости формирования на основе системного подхода структуры инновационного вуза оборонного профиля, способного оказать сильное положительное воздействие на подготовку столь нужных нашей стране высококвалифицированных специалистов на ключевых направлениях обеспечения национальной безопасности.

\* \* \*

Авторы статьи выражают глубокую признательность профессорам БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова Вадиму Викторовичу Шкварцову и Валентину Валентиновичу Никольскому за весьма полезные обсуждения и ценные советы, использованные нами при подготовке настоящей статьи.

#### *Список использованных источников*

1. А. С. Борейшо, К. М. Иванов, С. Ю. Страхов. Система послевузовской дополнительной инженерной подготовки бакалавров// Высшее образование в России, № 8–9, 2011.
2. А. С. Борейшо, К. М. Иванов, С. Ю. Страхов. Подготовка инженерных кадров для оборонно-промышленного комплекса в двухуровневой (бакалавр–магистр) системе высшего образования//Инновации, № 8, 2011.
3. А. С. Борейшо, К. М. Иванов, С. Ю. Страхов. Пути совершенствования бакалаврской подготовки инженерных кадров для ОПК//Инновации, № 1, 2013.
4. Н. В. Волкова. Из истории развития системного анализа в нашей стране//Экономическая наука современной России, № 2, 2001.
5. Б. А. Виноградов, Э. Н. Яковлев, А. С. Борейшо, В. Г. Пальмов, Будут кадры — будет опережающее развитие ОПК. <http://spkurdyumov.narod.ru/viiinogr.htm>, 2008 г.
6. A. Butler. Crisis Averted//Aviation Week & Space Technology. February 5, 2007.
7. Б. А. Виноградов. Пути развития кадрового потенциала ОПК//Инновации, № 9, 2008.
8. В. С. Степин, М. А. Розов, В. Г. Горохов. Философия науки и техники. М.: Гардарики, 1996.
9. А. С. Борейшо. Федеральный университет оборонных технологий//Оборонный заказ, № 25, 2009.

#### **Systems-engineer training for defense industry**

**A. S. Boreysho**, PhD, Professor, D. F. Ustinov Baltic State Technical University «VOENMEKH»

**S. Yu. Strakhov**, PhD, D. F. Ustinov Baltic State Technical University «VOENMEKH».

The article is devoted to the development of promising areas of training design engineers associated with the practical application of the principles of systems analysis to create effective models of weapons and military equipment. In this article the basic prerequisites of such communication training for the defense industry, discusses the key principles of the systems approach used in the design of complex technical objects, analyzes some international experience in this field.

**Keywords:** higher technical education, defense-industrial complex, systems engineering.

## **Эксперты обсудят место России на глобальных инновационных рынках**

15–17 мая 2013 г. в Санкт-Петербурге в седьмой раз состоится Международный форум «От науки к бизнесу», традиционно собирающий представителей институтов развития, органов власти, вузов и бизнеса. В этом году основной темой Форума станет глобализация инноваций.

Как отмечают организаторы, расширение деятельности на глобальных рынках жизненно необходимо как крупным российским компаниям, так и стартапам. Также, и успех в построение национальной инновационной системы напрямую зависит от интеграции в мировые инновационные процессы. Развитие данных направлений требует продуманной и выверенной временем национальной политики, конкретных механизмов и стимулирования субъектов инновационной деятельности, преодоления многочисленных, в том числе административных барьеров.

Опорой глобализации мировой экономики в XXI веке стали инновационные сети, которые включают в себя научно-технические ресурсы многих стран. Россия на сегодняшний день только стоит на пути интеграции.

В рамках Форума, эксперты обсудят практику мировых высокотехнологических держав по поддержке глобализации инновационного процесса, методики форсайта развития высокотехнологических отраслей промышленности, участие в международных Технологических платформах; интеграцию МИПов в экосистемы инновационной деятельности глобальных корпораций, глобализацию образования и международный трансфер компетенций в сфере инноваций и другие вопросы.

Подробности и предварительная программа Форума представлены на сайте <http://www.fs2b.ru>.