

## **Проектно-конкурентный подход к студенческой инноватике в высшем профессиональном образовании инженеров подводной робототехники**

© С.П. Северов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

*Рассмотрена распространенная за рубежом, но практически неизвестная в нашей стране инновационная образовательная технология, предполагающая всего за один год разработку студентами подводного робота по определенному заданию, изготовление его опытного образца, испытание и демонстрацию образца в действии, а также рейтинговое соревнование в смоделированных условиях экстремальных ситуаций. Показано, что члены команды МГТУ им. Н.Э. Баумана — студенты России, владеющие основами автоматизированных проектных технологий CAD, CAM, CAE, CASE, CALS и 3D-прототипирования в состоянии успешно конкурировать с профессиональными командами ведущих зарубежных университетов, а также что более чем десятилетняя практика проведения международных соревнований студенческих ROV-гидроботов MATEC (Marine Advanced Technology Education Competition) заслуживает пристального внимания и анализа отечественными специалистами в области высшего инженерного образования в области подводной робототехники.*

**Ключевые слова:** инженер, инженерная океанология, инновация, морская индустрия, океанотехника, подводные миссии, подводные катастрофы, подводный аппарат, подводный робот, робототехника.

**Инновационные образовательные технологии.** Настоящая публикация является апробированной концепцией авторского экспериментально-теоретического курса «Практическое управление конкурсным проектом гидробота». В указанном курсе обсуждаются различные формы международных студенческих соревнований подводных гидроботов типа ROV (Remotely Operated Vehicle) в частности, атлантических соревнований MATEC, выполняющихся в опытовых гидробассейнах, и европейских соревнований подводных роботов Черного моря (Black Sea ROV Competition), выполняющихся в открытой морской акватории. В таких странах, как Бразилия, Россия, Индия, Китай, конкурсные роботы указанного типа ежегодно разрабатываются проектными командами различных высших учебных заведений. В отечественных публикациях в качестве адекватных эквивалентов акронима ROV используются различные обозначения: ППА — привязной подводный аппарат; ТПА — телеуправляемый подводный аппарат; ТНПА — телеуправляемый необитаемый подводный аппарат и др. В данной публикации бу-

дет использоваться более короткий термин — гидробот. В Российской Федерации рынок гидроботов пока еще не сложился [1, 2]. Однако из сопоставления числа типоразмеров, определенных по мировым каталогам 2009–2011 гг. [3] и ежегодно производимых в мире подводных аппаратов, следует, что в целом подводная робототехника находится на подъеме.

Тема международных соревнований гидроботов МАТЕС затрагивалась на различных профессиональных конференциях по современным методам и средствам океанологических исследований (МСОИ) [4–7].

В международных соревнованиях МАТЕС ROV пока принимают участие команды только двух университетов России: Дальневосточного государственного технического университета (ДВГТУ)\* и МГТУ им. Н.Э. Баумана. В процессе создания команды «Гидронавтика» нашего Университета в 2006–2009 гг. энтузиасты МГТУ им. Н.Э. Баумана опирались на опыт ДВГТУ. Поскольку организационные мероприятия заняли три года, команда МГТУ им. Н.Э. Баумана подключилась к соревнованиям МАТЕС ROV только в 2010 г. Соревнования проходили в США в г. Хило (шт. Гавайи). Надо отметить, что дебют команды нашего Университета оказался достаточно успешным: в конкурсе подводных роботов EXPLORER класса, проходившем в Лаборатории нейтральной плавучести Космического центра НАСА, она заняла 10-е общекомандное место, оставив позади 16 команд, в том числе команды Великобритании, Индии и Китая. Анализ данных этого конкурса показывает, что образовательная технология, ориентированная на конкурентную защиту результатов в открытом соревновании ведущих университетов нескольких стран, продуктивна как форма повышения качества университетской подготовки инженеров подводной робототехники.

Изучение сущности влияния соревнований МАТЕС ROV целесообразно начать с анализа данных, представленных в итоговой таблице баллов, оценок и рейтингов любого года соревнований. Конкретные результаты любого конкурса, в том числе предпоследнего МАТЕ Competition-2012, каждый из университетов, участвовавших в них, может извлечь из соответствующей строки официальной таблицы на сайте [www.marinetech.org](http://www.marinetech.org) как по отдельным номинациям, так и в суммарном зачете [6].

В представленных данных можно увидеть, что из 532 первоначально стартовавших коллективов до финала дошли 52 команды учебных заведений, готовящих специалистов подводной робототехники, в том числе команды МГТУ им. Н.Э. Баумана и команда ДВГТУ.

---

\* В настоящее время — Дальневосточный федеральный университет (ДФУ).



Российские команды студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана и ДВГТУ — участники чемпионата MATEC ROV-гидроботов (16–18 июня 2011 г.).  
Лаборатория нейтральной плавучести NASA (Хьюстон, США)

В соревнованиях MATEC принимают участие аппараты EXPLORER (Исследователь) продвинутого класса и аппараты класса RANGER (Разведчик), ориентированные на выполнение более простых подводных работ. Окончательное число участников соревнований определяется по результатам региональных конкурсов, состоянию гидробота после трансфера к месту соревнований и выполнения требований безопасности. По правилам MATEC, все команды-претенденты допускаются сначала к соревнованиям RANGER, а затем — к региональным соревнованиям EXPLORER. На международные соревнования MATEC направляются первая и вторая по рангу региональные команды. Поскольку в России пока всего две команды — МГТУ им. Н.Э. Баумана и ДВГТУ, обе они после демонстрации своих гидроботов в бассейнах и оценки их работоспособности инспекторами MATEC сразу допускаются к соревнованиям международного уровня, если квалификационная демонстрация гидробота признается успешной.

Международные студенческие соревнования в области подводной робототехники MATEC-ROV проводятся в различных бассейнах, университетах, городах, а иногда и в разных странах, но чаще в США. Каждый раз на дне бассейна специалисты чемпионата MATEC устанавливают новый комплекс донного оборудования и приспособлений, которые физически воспроизводят ситуацию, соответствующую условиям

ликвидации последствий наиболее известной подводной катастрофы прошедшего года. Ликвидация должна быть выполнена исключительно с помощью ROV-гидроботов. Моделируемыми ситуациями могут быть и были:

- затопление подводной лодки в Атлантике и помощь в спасении ее экипажа (2009);
- аварийное погребение донной океанологической станции подводным вулканом на Гавайях и восстановление ее работоспособности (2010);
- взрыв и обрушение буровой платформы на дно Мексиканского залива с образованием фонтанирующей нефтяной скважины и ее герметизация (2011);
- обнаружение и удаление жидко-вязких углеводородов типа нефти и битума из стальных корродирующих корпусов танкеров затопленных на шельфе во Второй мировой войне (2012);
- монтаж оборудования и океанологической кабельной обсерватории на дне и в акватории тектонической платформы (2013).

На всех соревнованиях такого типа студенческим командам предлагается разработать свой гидробот для выполнения миссии ликвидации последствий воспроизводимой уникальной подводной ситуации, прибыть на соревнования и продемонстрировать эффективность своих проектно-технических решений. Поэтому ежегодно из стартующих 500–600 команд со всего мира до финала доходят не более 60, где им предстоит продемонстрировать в идентичных тестовых условиях способность их подводных аппаратов решать актуальные задачи мировой океанотехники. Происходящие в бассейне процессы оперативно записываются на носители видео- и аудиоинформации. Сопровождаемая комментарием специалистов информация постоянно в течение всех трех дней соревнований транслируется в режиме реального времени по каналам национального телевидения. Результаты выполнения заданий подводной миссии (MS), технического отчета (TR), инженерного оценивания (EE) и дисплейного постера (PD) определяются по лучшей из двух попыток выполнения, которые оценивают четыре и более независимых экспертов. Протоколы судей рассылаются по университетам экспресс-почтой вместе с компакт-дисками видеозаписи. Инновационные элементы рассматриваемой образовательной технологии МАТЕС анализируются нами отдельно в сравнительном сопоставлении с обычными учебными академическими и конкурсными проектами [6]. Также отдельно рассмотрена методика многофакторного, экспертного ранжирования команд — участниц чемпионата [7].

В качестве методического примера атлантического подхода к соревнованиям ROV рассмотрим более подробно образовательную технологию



**Рис. 1.** Гидробот «Акватор II» в состоянии готовности к работе на донном полигоне опытового бассейна NBL NASA

и процессы МАТЕС-2010 и МАТЕС-2011 [8,9]. Следует заметить, что оценка команды проекта подводного робота и качества его функционирования ведется по четырем номинациям, в баллах: подводная миссия (300), инженерное решение (80), технический отчет (80), постер (40). Преобладающее значение относительной оценки 300 баллов за гидробот из 500 суммарных, соответствует целям образовательной технологии закрепления профессиональных навыков. На следующем уровне выполнение подводной миссии оценивается по конкретным заданиям для робота: отделение райзера (70), герметизация скважины (120), отбор проб воды (80), сбор биообразцов (30 баллов).

Появление студенческих профессиональных соревнований МАТЕС ROV как новой формы образовательной технологии не осталось незамеченным для кафедр подводной робототехники, теоретической механики и других кафедр МГТУ им. Н.Э. Баумана. С 2008 г. под руководством автора настоящей статьи в инициативном порядке формировалась команда «Гидронавтика», в 2010 г. уже принявшая участие в МАТЕС-2010 с гидроботом «Акватор II» (рис. 1). Этот робот разработан, изготовлен, исследован, испытан, продемонстрирован инспекторам МАТЕС и введен в действие всего за один год.

«Акватор II» предназначался для моделирования операции ликвидации последствий извержения подводного вулкана, сказавшихся на работе подводной океанологической обсерватории HUGO в акватории

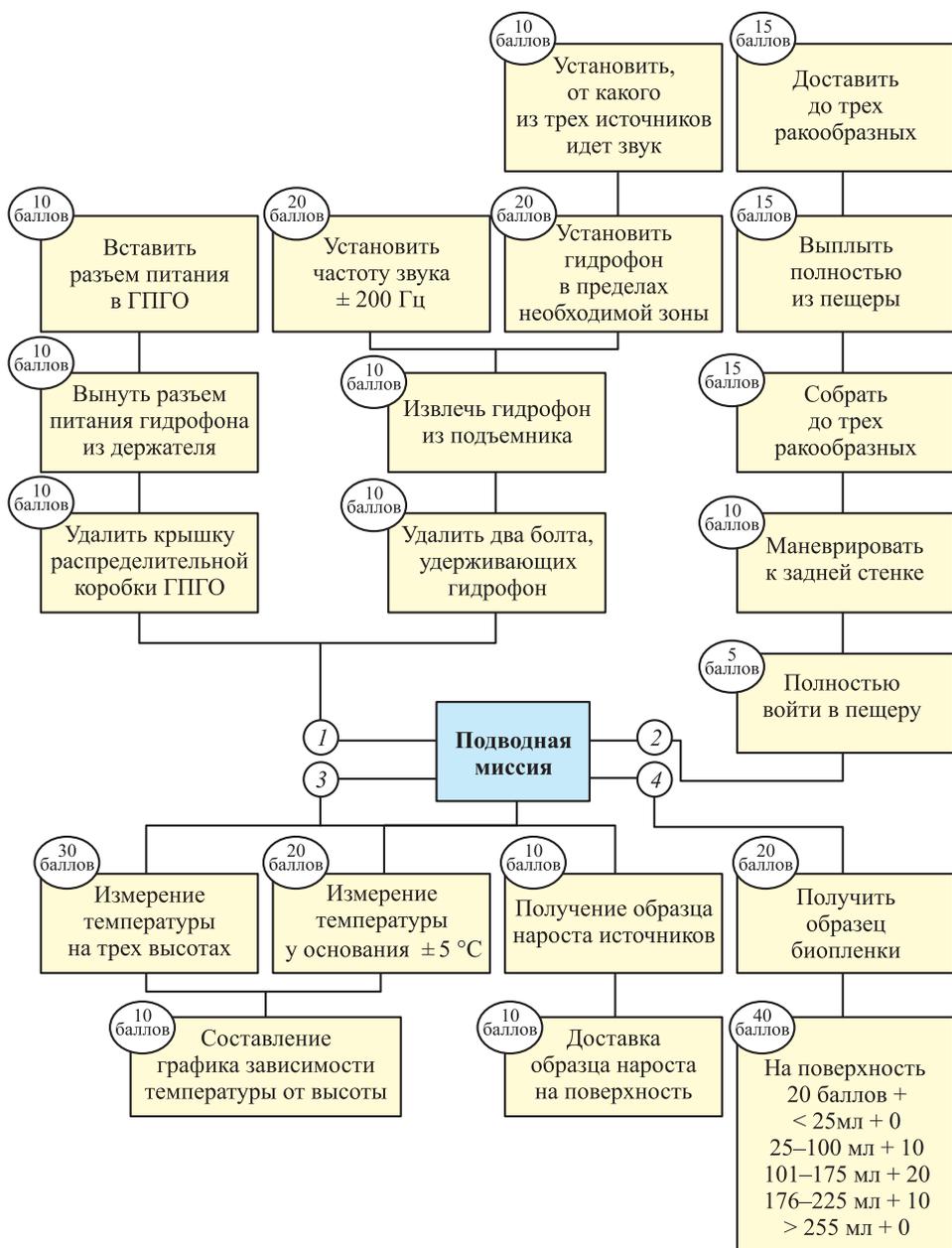


Рис. 2. Структурная декомпозиция заданий и главных процессов соревнований студенческих гидроботов подводной миссии MATEC-2010

архипелага Гавайи. Проектный темп одногодичной разработки подводного робота, принятый студентами — членами команды «Гидронавтика» МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2010 и в последующие годы, удается поддерживать благодаря использованию эффективных комплексов прикладных программ информационной автоматизации проектирования и технологической подготовки: CAD; CAM; CAE; CASE и CALS,

а также 3D-геометрических моделей аппарата и 3D-принтеров для изготовления прототипов твердотельных конструктивных элементов. Указанный компьютеризированный трехмерный принтер-копир позволяет значительно сократить трудоемкость обработки деталей конструкции носителя и бортового оборудования. Команда МГТУ им. Н.Э. Баумана в соревнованиях МАТЕС-2010 набрала 294,5 балла. О том, как и за что выставляются баллы, показано на рис. 2.

В соревнованиях МАТЕС ROV-2011 наша команда выступила с новым аппаратом «Акватор II», предназначенным для устранения аварии на модели морской буровой платформы Deep Water Horizon [5].

Как уже отмечалось, в соревнованиях МАТЕС ROV участвуют два класса роботов: RANGER — упрощенные роботы для малых глубин и более продвинутые в своем развитии роботы типа EXPLORER. Последние после соответствующей доработки способны выполнять усложненные подводно-технические задания на больших глубинах. Команда «Гидронавтика» МГТУ ориентируется на разработку аппаратов класса EXPLORER.

Концепция МАТЕС ROV базируется на современных представлениях стандарта управления проектами [10]. Общеизвестно, что **проект — создание уникального продукта за ограниченное время при определенных ресурсах**. В соответствии с методологией проектного подхода основное требование к представленным гидроботам — уникальность каждого гидробота, разработанного для уникальной ситуации. В этом заключается образовательная ценность процессов его создания. Гидробот, представленный экспертам, полностью разработанный командой-участницей под заданную подводную миссию может быть серийным и использован повторно в последующих соревнованиях МАТЕС. Конкурсный аппарат имеет определенные ограничения по суммарной мощности, параметрам энергопитания, безопасности и эргономике. В остальном правила МАТЕС не ограничивают креативную свободу студентов. Подобная политика позволяет участникам соревнований попутно проверять перспективные инженерные решения, придавая каждому аппарату, а порой и подходу к выполнению аппаратом подводных миссий, оригинальный и уникальный характер. В то же время МАТЕС ROV накладывает строгие ограничения на время разработки: за год между соревнованиями команда должна спроектировать, изготовить, запрограммировать, отладить и испытать гидробот, а также обучить пилотов эффективно им управлять и выполнять технические задания подводной миссии. Дополнительную сложность создает и то обстоятельство, что полный перечень рабочих заданий подводной миссии объявляется лишь за шесть месяцев до выхода команды на стартовую площадку бассейна.

В связи с этим принимается решение о разделении процесса создания гидробота на два этапа: сначала делается достаточно универсальная платформа-носитель, а затем — его специальное навесное рабочее оборудование. Поэтому все первое полугодие команда нашего Университета трудится над созданием универсальной грузоподъемной, достаточно, быстрой и управляемой платформы-носителя, которая впоследствии оснащается всем необходимым для работы в заданных условиях соревнований. Разработанный студентами к МАТЕС-2010 «Акватор II» — телеуправляемый подводный аппарат малых габаритов массой 6 кг. Аппарат оснащен манипулятором, датчиком температуры, сонаром и гидроимпеллером. Он способен выполнять различные операции: захватывать и перемещать подводные объекты, измерять температуру воды в заданных точках, собирать образцы биообъектов на дне и стенах пещеры; брать пробы пленочного бионалета с твердой поверхности подводного вулкана, разыскивать донные источники звука, коммутировать приборы с контактным боксом и т. д.

В основу активного движительного комплекса платформы-носителя гидробота заложены движители серийного подводного аппарата «Гном». Поместив систему в новую конструктивно-силовую раму и доработав кабельное электропитание, а также бортовую электронику гидробота, команда оснастила аппарат приспособлениями собственной разработки для выполнения миссии МАТЕС ROV. Успешные предпусковые испытания «Акватора II» проведены в гидроканале Центрального аэрогидродинамического института.

К сожалению, в реальном жизненном цикле аппарата могут быть различные инциденты и отказы. В частности, во время транспортировки аппарата из Института океанологии РАН на Гавайи к месту проведения соревнований один из гребных винтов потерялся. Поиск идентичного латунного винта на месте не дал результатов. Пришлось ставить геометрически подобный полимерный. Срочная перекомпоновка аппарата не решила проблему. Наблюдался заметный сдвиг по фазе упоров винта, который не смогла парировать система управления. Первый «Акватор» сумел погрузиться в теплые воды гавайского бассейна, но несмотря на все попытки пилотов-операторов, не смог выполнить задания подводной миссии.

Разработка «Акватора II» стала профессиональным крещением для команды МГТУ им. Н.Э. Баумана. Получив ценный опыт, бауманцы включились в подготовку к соревнованиям 2011 г. в Хьюстоне (шт. Техас, США). Было установлено, что «Акватор II» явно не дотягивает до своих конкурентов по мощности и грузоподъемности. Этот факт повлиял на конструкцию аппарата 2011 г., который проектировался уже в следующей, более тяжелой весовой категории.

Масса «Акватора II» составляет 24 кг. Команда оснастила гидробот манипулятором, датчиком глубины, устройствами для забора проб жид-

кости на заданной глубине и трал-сетью для сбора образцов морской фауны. В ходе выполнения технических заданий подводной миссии использовались также некоторые дополнительные приспособления, которые удерживались схватом руки бортового робота — манипулятора — и высвобождались после операции.

В конструкции «Акватор II» использованы в основном элементы собственного изготовления. В итоге гидробот был укомплектован манипулятором и шестью двигателями типа используемых на подводных подвижных видеокамерах малых подводных аппаратов. Управление бортовыми устройствами, полученными в результате конструкторского проектирования, было реализовано на спроектированной и изготовленной студентами электронной системе управления с помощью собственных программ, установленных на микроконтроллерах программистами команды.

Из-за возрастающей к концу проектного периода нагрузки студентам оказывается не просто уложиться в срок, и они часто при подготовке к МАТЕС ROV-2011 задерживались в лабораториях до закрытия Университета. Тем не менее, используя известные стандартные процедуры распараллеливания проектных операций «крэшинг» [10] и гибкого перераспределения нагрузки на членов команды, аппарат «Акватор II» был закончен до истечения предельного срока. За три дня до вылета аппарат успешно прошел испытания в бассейне Института Океанологии РАН. На соревнования МАТЕС-2011 в Лабораторию нейтральной плавучести Космического центра в Хьюстоне аппарат «Акватор II» был доставлен в полной готовности к входному тестированию, но на форсированном тестировании два винтомотора из шести вышли из строя по причине не предусмотренного самоторможения. Потребовалась срочная переброска двух дополнительных электродвигателей МАХОН из Москвы в Хьюстон. Переброска была осуществлена. С оперативно отремонтированным «Акватором II» бауманцы заняли опять, как и год назад, 10-е место в общем зачете из 26 команд. Большая часть баллов была получена благодаря хорошей управляемости аппарата.

Как в любом проекте, не обошлось и без непредвиденных ситуаций, но для их рассмотрения требуется отдельный раздел «Риски студенческого творческого проекта и оптимальное реагирование на риски». Здесь перечислим имевшие место в соревновании 2011 г.

Перечислим реально наблюдавшиеся риски и угрозы:

- расфиксация гребного винта в старт-стопных режимах функционирования «Акватора»;
- подтормаживание и перегрев двигателей винтомоторных агрегатов;
- ослабление элементов винтовых креплений герметичных корпусов

и конструктивно силового полиамидного основания робота, снижение жесткости;

- частичное хрупкое разрушение прочного прозрачного корпуса светодиодов и видеокамер из-за релаксации внутренних напряжений с образованием трещин;

- разрушение креплений аппаратуры в транспортном контейнере берегового бокса управления из-за транспортных и эксплуатационных виброударных нагрузок;

- ошибки из-за периодических переборок конструкции в целях технического обслуживания и настроек микроконтроллеров;

- износ коннекторов при структурной декомпозиции, фрагментации крупных блоков на транспортабельные модули допустимого веса и габаритов и последующей интеграции.

Экстренное (в процессе соревнований) исправление указанных неполадок позволяет студентам — членам команды приобрести неоценимый опыт и повысить свою профессиональную компетенцию. Результаты, полученные автором на основе теоретических и экспериментальных данных, в том числе базирующиеся на опыте непосредственного участия в процессах МАТЕС, частично представлены в публикациях <http://technomag.ru> [4–7].

Анализ известных проектно-конкурсных технологий образования и опыта участия в студенческих конкурсах является основанием для следующих утверждений.

1. Выявление концептуальных основ разработки конкурсных подводных роботов МАТЕС ROV как формы развития креативных профессиональных качеств будущего инженера — специалиста подводной робототехники и морской индустрии является актуальной проблемой теории профессионального образования и инженерной психологии.

2. Международные конкурсы студенческих проектов типа МАТЕС ROV существенно влияют на качество профессиональной подготовки специалистов в области подводной робототехники и технологии образования.

3. Целесообразна систематизация методических особенностей организации соревнований МАТЕС ROV, предполагающая использование продвинутых стандартов управления проектами мирового уровня типа РМВОК-2012.

4. Внедрение в систему инженерного высшего профессионального образования элементов проектно-конкурсной методологии обучения МАТЕС требует процессно-целесообразного подхода к управлению образовательными сервисами с использованием методологии ITIL — библиотеки инфраструктур и ITSM — сервисного менеджмента IT систем на основе ГОС РФ.

**Креативные студенческие проекты.** Анализ опыта управления студенческими проектами в реальном академическом графике Университета с использованием известных стандартов проектного менеджмента позволяет заметить следующее:

1) практическое управление студенческим конкурсным креативным проектом в условиях его малобюджетности и скоротечности, а также дефицита ресурсов и резервов требует редукции рекомендуемых готовых форм и адаптации использования известных стандартов и алгоритмов профессионального управления проектами;

2) основой успешного управления креативным студенческим проектом является полнота представлений о ситуациях в реальной акватории и моделируемой в бассейне, функциональном назначении подводного робота, подводно-технических заданиях и требованиях к их выполнению;

3) построение дерева-графа операций выполнения проекта и изготовления продукта — подводного робота, документальное сопровождение, выпуск технического отчета, подготовка спецификации аппарата, комплектация информационных материалов инженерной презентации, оформление стендового постера (все в англоязычном варианте) — трудоемкий процесс (суммарно 155 зачетных элементов в случае МАТЕС ROV-2010), но выполним при использовании компьютерных средств получения и обработки информации;

4) затраты проектных ресурсов на структуризацию операций на реализации проекта на стадии инициации окупаются в дальнейшем — при подготовке планов-графиков, оценке стоимости, распределении ролей, оценке рисков и других видах работ.

**Параметрическое конкурентное управление качеством.** Рассмотрим реальное параметрическое управление качеством студенческого проекта и качеством инновационного продукта проекта в среде конкурентного отбора и соревнований проектных команд университетов. Реальное управление качеством инновационных студенческих проектов подводных роботов для международных студенческих соревнований проектных команд в соответствии с [10] непосредственно связано с компетентностью команды.

Конкурсный проект и продукты проекта могут рассматриваться как научно-исследовательская работа студента, курсовой или дипломный учебные проекты в Учебно-методическом цикле «Проектирование подводных робототехнических систем и комплексов» кафедры «Подводные роботы и аппараты» и аналогичных кафедр МГТУ им. Н.Э. Баумана. Соответственно итоговый командный продукт проекта конкурса МАТЕС может являться результатом интеграции нескольких студенческих частных индивидуальных проектов и, наоборот, индивидуальная на-

учно-исследовательская работа может быть результатом декомпозиции командного проекта.

Полагаем приемлемым, что результат высшего инженерного профессионального образования в виде дипломированного специалиста, владеющего знаниями, умениями, навыками, компетенциями и профессиональной коммуникативностью в определенной области, в частности в области подводной робототехники и морской индустрии, является вполне определенной целью некоторого комплекса процессов университетского образования, имеющих заданную продолжительность и содержание. В частности, для МГТУ им. Н.Э. Баумана характерен суммарный объем комплекса до 9 900 академических часов и до 40–50 изучаемых дисциплин. Достаточная определенность цели позволяет с полным основанием рассматривать высшее инженерное профессиональное образование как проект, а все университетские образовательные процедуры, связанные с ним, с позиций проектного подхода — как определенные целесообразные процессы.

Моделирование высшего инженерного профессионального образования в терминах образовательного проекта позволяет привлечь необходимые известные и апробированные методы теории управления проектами и систематизированного опыта управления ИСТ-сервисами. Управление проектами способствует оптимизации инженерного профессионального образования в динамически быстро изменяющихся условиях структурной перестройки экономики. Во избежание предметно-прикладной неопределенности последующего рассмотрения сформулируем понятие качества. Из необозримо большого множества различных толкований качества примем следующее: **качество — совокупность параметров результата целесообразной деятельности (продукта, процесса, сервиса, факта), определяющая способность полученного результата удовлетворять установленным и подразумеваемым требованиям и ожиданиям.**

Определение качества любого, в том числе и проектируемого, уникального образовательного результата требует ряда условий, например, возможности декомпозиции объекта — носителя качества — на базовые компоненты и возможности параметризации характеристик квалифицируемого объекта. По поводу последнего уместно утверждение американского ученого-статистика Эдварда Деминга: «Что не измеряется, то не достигается». Соответственно требуются:

- метод многокритериальной оценки многофункциональной системы;
- оперативная технология оценивания динамического процесса;
- комплекс электронного документирования результатов процессов в режиме реального времени.

В рассматриваемом случае (соревнования МАТЕС ROV) основой системы критериев оценки качества студенческого творческого проекта и его продуктов будем считать требования, предъявляемые судейской коллегией и экспертами МАТЕС к конкурсным аппаратам.

Жизненный цикл конкурсного гидробота включает:

- анализ исходных условий МАТЕС ROV и требований к моделированию подводной ситуации;
- синтез общего вида и структуры аппарата МАТЕС ROV;
- разработку проектно-конструкторской документации и твердотельных 3D-моделей;
- прототипирование и изготовление деталей и агрегатов;
- испытание в бассейнах и гидроканалах;
- тестирование возможности работ с донными объектами;
- конкурсные соревнования;
- рейтинговую оценку качества отдельных продуктов и проекта в целом по своевременности, точности и полноте выполнения заданий.

В дополнение следует отметить, что команда «Гидронавтика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, получив приглашение президента ассоциации студентов и инженеров Румынии, 13–16 августа приняла участие в международных соревнованиях студенческих подводных роботов Черного моря. Соревнования проходили в акватории Томис черноморского порта Констанца. Команда, натренированная на пресноводных бассейновых соревнованиях МАТЕС, после соответствующей конструкторской модификации аппарата «Акватор 3BSC» под морскую среду успешно выполнила в Констанце все подводные миссии и завоевала 1-е место.

Одновременно другая команда нашего Университета «Гидронавтика-2» с 12 по 26 июля передавала опыт разработки подводных роботов на озере Байкал участникам III промышленного форума «Инженеры будущего 2013». Здесь студенты УНМЦ «Гидронавтика» выступали перед начинающими инноваторами в качестве опытных разработчиков. При этом использовался робот «Акватор 2D», переброшенный из Москвы на озеро Байкал. Робот показал себя вполне надежным и сохранил работоспособность после возвращения в лабораторию Университета.

«Акватор 3BSC» имеет замечания по надежности в условиях авиатранспортировки. Но доставленный в московский аэропорт Внуково вечерним рейсом из Бухареста 19 августа после ликвидации повреждений, полученных во время транспортировки, «Акватор 3BSC» уже утром 20 августа был готов к экспозиции и демонстрировался в наполненном водой бассейне на выставке «День инноваций Министерства обороны России». Военные и гражданские посетители имели возмож-

ность попробовать себя в роли пилотов-операторов на реальном студенческом аппарате.

Контролируемое управление качеством конкурсного, креативного, командного малобюджетного проекта, имеющего своей целью создание с «нуля», при минимальном количестве коммерческих компонентов в пределах годового жизненного цикла оригинального студенческого полуавтоматического дистанционно-управляемого подводного аппарата-гидробота является сложной и наукоемкой задачей. Но, как показывает опыт, эта задача является вполне разрешимой для студентов высшего инженерного профессионального образования РФ в области подводной робототехники и морской индустрии. Развитие решений указанной задачи требует систематизации имеющегося опыта научно-исследовательской работы студентов, оптимизации гибких динамических организационных форм, текущей переквалификации обучаемых студентов по их реальным способностям, знаниям, умениям, навыкам и использованию в достаточном объеме теории и практики управления проектами на уровне мировых стандартов.

В заключение следует отметить, что использование проектно-конкурентного подхода в высшем профессиональном образовании придает процессам обучения актуальность, динамизм, системную целостность и параметрически выраженную целесообразность. Предлагаемая методология сквозного проектно-конкурентного прохождения всех фаз университетского образования позволяет студентам выявить доказательно индексированное качество своих творческих проектов и подтвердить его непосредственно в открытом соревновании в равных условиях с аналогичными аппаратами других университетов. Отдельные элементы проектно-конкурентного подхода к организации свободных функционально целесообразных форм объединений научно-технического творчества молодежи известны. Эффективность апробированного на протяжении ряда лет и предлагаемого здесь подхода определяется интегративным комплексированием всех возможностей обеспечения условий творческой учебы и развития творческих задатков за короткое время до максимально возможного уровня и сопоставления с достижениями молодых исследователей других университетов и стран. Для внедрения проектно-конкурентного подхода в практику учебно-профессиональных конкурсов необходимы свободное владение теорией управления проектами, высокая культура автоматизированного геометрического моделирования и конструирования, знание компьютеризированных систем изготовления компонентов проектируемых технических систем, аддитивных технологий прототипирования сложных конструкций. Свободный обмен учебно-научной информацией требует контактов студенческих объединений и обеспечения минимальных условий для академической мобильности.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Наумов Л.А., Матвиенко Ю.В. *Состояние и перспективы развития работ ИПМТЛВО РАН по созданию подводных робототехнических средств. Мат. 4-й Всероссийской науч.-техн. конф. «Технические проблемы освоения Мирового океана»* (ТПМО-4). Владивосток, Институт проблем морских технологий ДВО РАН, 2011.
- [2] Вельтищев В.В., Челышев В.А. *Телеуправляемые подводные аппараты в России: современное состояние и перспективы развития. Тр. X Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства океанологических исследований»*. Москва, ИОРАН, 2007, с. 89.
- [3] Вельтищев В.В. *Робототехника в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Мат. XII Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства океанологических исследований»* (МСОИ-2011). Москва, ИОРАН, 2011.
- [4] Северов С.П., Розман Б.Я., Шерстов Е.А. *Международные соревнования ROV. Тр. XI Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства океанологических исследований»*. Москва, ИОРАН, 2009, с. 135.
- [5] Северов С.П. Инновационные технологии профессиональной подготовки инженеров подводной робототехники и морской индустрии в России. *Электронное науч.-техн. издание «Наука и образование»*. 10 октября 2011. 77-30569/233419.
- [6] Северов С.П. Практическое управление студенческим креативным МАТЕС проектом гидробота. *Электронное науч.-техн. издание «Наука и образование»*. 8 августа 2012. 77-48211/435186.
- [7] Северов С.П. Практическое управление качеством МАТЕС проекта в конкурентной среде соревнований. *Электронное науч.-техн. издание «Наука и образование»*. 3 марта 2012. 77-30569/330374.
- [8] *Remotely Operated Vehicles of the World 2010/2011*. London Eng.-Huston USA, 458 p.
- [9] *Underwater Robotics: Science, Design @ Fabrication*, Moore St.W., Bohm H.< Jensen Vickie. Marine Advanced Technology Education Center (MATEC). Monterey, CA, USA, 2010. 769 p.
- [10] *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). The Fourth Edition (2008)* of American National Standard Institution (ANSI-PMI 99-001-2008).

Статья поступила в редакцию 21.05.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

С.П. Северов. Проектно-конкурентный подход к студенческой инноватике в высшем профессиональном образовании инженеров подводной робототехники. *Инженерный журнал; наука и инновации*, 2013, вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/643.html>

**Северов Станислав Павлович.** Д-р техн. наук, проф. кафедры «Подводные роботы и аппараты» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область профессиональных интересов — динамика и прочность машин, приборов и аппаратов.