



Г.Л. Волкова

УДК 331.5

## Робототехника: требования работодателей к компетенциям высококвалифицированных специалистов

Г.Л. Волкова<sup>1</sup><sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

Пооступила в редакцию 23.03.2018

### Аннотация

В статье выделены ключевые компетенции исследователей и инженеров в области робототехники, на которые предъявляют спрос работодатели в России и в мире. Информация получена двумя методами: анализ текстов вакансий и глубинные интервью. Перечни наиболее востребованных компетенций специалистов в России и за рубежом в основном схожи. Российскую специфику составляют требования к владению английским языком и знанию национальных стандартов оформления конструкторской документации.

**Ключевые слова:** роботизация, глобальные тренды, кадры робототехники, компетенции исследователей и инженеров, цифровые навыки.

**Key words:** robotization, global trends, robotics personnel, skills of researchers and engineers, digital skills.

Роботизация – один из мировых мегатрендов, определяющий развитие как отдельных стран, так и мира в целом. Однако нехватка квалифицированного персонала является одним из главных барьеров для мирового процесса роботизации. По данным Бюро статистики труда США, мировой спрос на квалифицированных робототехников в 2018 году увеличится более чем на 13%, а по данным Национальной ассоциации колледжей и работодателей США, робототехника в настоящее время является одной из самых востребованных инженерных областей<sup>1</sup>. При этом до 80% работодателей на промышленных предприятиях США испытывают трудности с заполнением вакансий, требующих высокой квалификации, в том числе специалистов в об-

ласти робототехники, компьютерного зрения, контроля движения, интеграции промышленного оборудования [1]. В российских робототехнических организациях также наблюдаются проблемы, связанные как с дефицитом кадров по отдельным специальностям, так и с недостаточным уровнем квалификации работников<sup>2</sup>.

При этом быстрое развитие технологий в области робототехники делает нецелесообразным обучение будущих сотрудников исключительно узкоспециализированным навыкам для работы с конкретными моделями робототехнических устройств, но формирует спрос на мультидисциплинарные знания, на специалистов, обладающих развитыми аналитическими навыками и желанием постоянно

совершенствовать уровень своих знаний и навыков.

ИСИЭЗ НИУ ВШЭ в 2016-2017 годы провел исследование, цель которого – идентифицировать перспективные и востребованные компетенции сотрудников в сфере робототехники<sup>3</sup>. Под компетенциями в исследовании понимается совокупность знаний, навыков, опыта и личных качеств сотрудника, позволяющая ему систематически успешно решать определенный класс профессиональных задач. В соответствии с уже ставшим достаточно традиционным подходом [2-4] компетенции в ходе анализа были поделены на две большие группы: профессиональные знания и навыки («жесткие» компетенции, hard skills) и организационно-управленческие, социальные и личностные навыки («мягкие» навыки, soft skills). Из числа «жестких» компетенций были дополнительно выделены цифровые навыки, связанные с использованием различных программных пакетов, языков программирования, операционных систем.

Текущий спрос на компетенции в России и за рубежом был проанализирован на материале опубликованных в открытом доступе должностных вакансий. Для проведения сопоставлений были собраны вакансии в области робототехники как в России, так и за рубежом (вакансии из США, Великобритании, Канады). Наиболее оптимальными ресурсами с точки зрения репрезентативности являются сайты-агрегаторы: Indeed.com для англоязычных вакансий и hh.ru для российских. Всего было отобрано 960 зарубежных и 360 российских вакансий (по состоянию на август 2017 года). На основе полученных корпусов текстов были выделены слова и словосочетания, относящиеся к компетенциям специалистов, и по каждому из них была подсчитана частота встречаемости.

<sup>3</sup> Использованы материалы двух проектов: специализированного обследования, проведенного ИСИЭЗ НИУ ВШЭ в 2016-2017 гг. в рамках проекта «Разработка методологии интегрированной системы оценки потребности в научных кадрах высшей квалификации» и проекта «Мониторинг поведения субъектов инновационного процесса: научные организации и научные кадры высшей квалификации» (Программа фундаментальных исследований НИУ ВШЭ, 2018)

Результаты анализа вакансий и выводы о компетенциях, востребованных для специалистов в области робототехники в России, дополнены качественными сведениями, полученными в ходе экспертных интервью с работодателями (полуструктурированные интервью по специально разработанному гайду, проведены в ноябре 2016 года). Экспертами выступили сотрудники вузов, НИИ и НПО, осуществляющих исследования и разработки в области робототехники (всего проведено 29 интервью) из различных городов. В целях соблюдения конфиденциальности имена экспертов и названия конкретных структурных подразделений удалены, указаны названия организаций.

### Компетенции исследователей и инженеров в области робототехники: анализ вакансий

#### Профессиональные знания и навыки

Специфику робототехники как сферы занятости отражают в первую очередь специальные профессиональные компетенции (табл. 1). В этом отношении требования, указанные в российских и зарубежных вакансиях, в основном совпадают: самыми важными специальными профессиональными компетенциями являются программирование (роботов и отдельных компонентов, средств автоматизации, драйверов), а также умение обращаться с контроллерами и микроконтроллерами. Показательно, что и в российских, и в зарубежных вакансиях наряду с цифровыми навыками присутствует требование к умению работать с физическими компонентами роботов. Важную роль играют практические навыки (смонтировать, сварить, спаять) и понимание того, как обеспечить работоспособность конкретного устройства. Сотрудники должны обладать пониманием всех этапов работы: разработка новых изделий, проектирование, программирование, сборка конструкции, тестирование.

**Таблица 1. Самые востребованные специальные профессиональные компетенции исследователей и инженеров в области робототехники в России и за рубежом**

Требования к кандидатам в России	Требования к кандидатам в США, Великобритании, Канаде
<b>Специальные профессиональные компетенции</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цифровые навыки: программирование роботов и отдельных компонентов, знание специализированных программ</li> <li>2. Владение принципами и системами проектирования</li> <li>3. Управление архитектурой системы</li> <li>4. Проектирование и трассировка печатных плат</li> <li>5. Чтение и разработка технической и конструкторской документации, знание стандартов</li> <li>6. Навыки пайки (умение спаять, обеспечить работоспособность устройства)</li> <li>7. Опыт ввода в эксплуатацию нового оборудования, конструкторское сопровождение систем на производстве</li> <li>8. Разработка системы тестирования и проведение тестирования разработанных алгоритмов</li> <li>9. Опыт обращения с измерительным оборудованием и приборами</li> <li>10. Разработка интерфейса пользователя для управления роботом</li> <li>11. Понимание принципов работы машинного, технического зрения</li> <li>12. Знания и опыт применения различных типов нейронных сетей и алгоритмов обучения</li> <li>13. Навыки 3D-моделирования</li> <li>14. Опыт работы на станках с ЧПУ</li> <li>15. Опыт работы с пневматическими и гидравлическими системами</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цифровые навыки: программирование роботов и отдельных компонентов, знание специализированных программ</li> <li>2. Навыки сварки и пайки</li> <li>3. Навыки тестирования и проведения контроля качества</li> <li>4. Знание принципов работы пневматических и гидравлических механизмов</li> <li>5. Навыки компьютерного моделирования</li> <li>6. Знания в области человеко-машинных интерфейсов</li> <li>7. Понимание принципов компьютерного зрения и обработки изображений</li> <li>8. Умение создать прототип, опытный образец</li> <li>9. Навыки работы на станках с ЧПУ</li> <li>10. Знания в области искусственного интеллекта</li> <li>11. Построение траекторий движения, знание метода одновременной локализации и построения карты (SLAM)</li> <li>12. Проектирование и компоновка печатных плат</li> <li>13. Навыки работы с 3D-печатью</li> <li>14. Сбор и обобщение данных от различных типов датчиков, обработка данных в реальном времени</li> <li>15. Знания в области нейронных сетей, машинного обучения</li> </ol>

В российском корпусе вакансий дополнительно выделяется требование к навыкам чтения и разработки технической и конструкторской документации (чертежи, спецификации, схемы, текстовая документация), включая знание действующих в России стандартов оформления. Также от российских специалистов в области робототехники ожидается готовность активно изучать зарубежный опыт и взаимодействовать с иностранными коллегами, поэтому важным является знание ан-

глийского языка (в единичных случаях – также немецкого). В большинстве случаев требуется в первую очередь письменный технический английский, необходимый для чтения инструкций, технической литературы и для письменного общения.

**Цифровые навыки**

Особые требования предъявляются к «цифровому кругозору»: информированности о принципах работы искусственного интеллекта, компьютерного зрения, машинного обучения. Понимание общих

концепций должно сочетаться с конкретными практическими знаниями и высоким уровнем технической грамотности: умением работать в различных операционных системах (включая UNIX-подобные), владением пакетом MS Office на продвинутом уровне, а также знанием специализированных программ, сред разработки, языков программирования (табл. 2).

Большая часть востребованных компетенций является универсальной для робототехников как в России, так и за рубежом (программирование на C/C++ и Python, программные комплексы AutoCAD, Matlab и SolidWorks). При этом также, как программирование в целом является ключевой профессиональной компетенцией, язык программирования C/C++ по частоте упоминания значительно превышает все другие упоминания цифровых навыков. Актуальными и востребованными являются технологии и программные пакеты, связанные с машинным зрением, распознаванием и обработкой изображений. Есть и российская специфика: широкое распространение систем автоматизированного проектиро-

вания семейства «Компас», ориентированных на оформление документации в соответствии с российскими стандартами (ЕСКА, ЕСТД, СПДС).

**Организационно-управленческие, социальные и личностные навыки**

Общая тенденция к усилению значимости «мягких» компетенций не обошла и сферу робототехники: от кандидатов требуются развитые организационно-управленческие, социальные и личностные навыки. Такие компетенции по большей части являются универсальными и актуальными для работников во всех странах, где происходит переход к цифровой экономике и развиваются высокотехнологичные отрасли. В числе ключевых организационно-управленческих навыков выделяются организаторские способности, навыки проектной работы, опыт управления персоналом, тайм-менеджмент, способность работать в режиме многозадачности. Ряд особых компетенций необходим руководителям научно-технических проектов и менеджерам – от них ожидается опыт анализа и описания бизнес-процессов, опыт организации перегово-

**Таблица 2. Самые востребованные цифровые навыки исследователей и инженеров в области робототехники в России и за рубежом**

Требования к кандидатам в России	Требования к кандидатам в США, Великобритании, Канаде
<b>Цифровые навыки, знание программного обеспечения</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. C/C++</li> <li>2. AutoCAD</li> <li>3. Matlab</li> <li>4. Kompas 3D (2D)</li> <li>5. Solid Works</li> <li>6. Altium (Altium Designer)</li> <li>7. Python</li> <li>8. Qt</li> <li>9. Microsoft Visual Studio</li> <li>10. OpenCV</li> <li>11. Simulink</li> <li>12. Keil uVision</li> <li>13. ROS</li> <li>14. Tensor flow</li> <li>15. PLC programmer</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. C++</li> <li>2. Python</li> <li>3. AutoCAD</li> <li>4. Matlab</li> <li>5. SolidWorks</li> <li>6. SQL</li> <li>7. PHP</li> <li>8. Simulink</li> <li>9. LabVIEW</li> <li>10. SCADA</li> <li>11. CATIA</li> <li>12. Visual Basic</li> <li>13. Autodesk Inventor</li> <li>14. RSLogix</li> <li>15. JQuery</li> </ol>

воров и знание этики делового общения, готовность к командировкам. При этом управленческие навыки должны сочетаться, по меньшей мере, с базовыми техническими знаниями, желательнее, чтобы основное высшее образование было техническим.

Из важных социальных и личностных качеств можно выделить коммуникативные навыки, мотивированность, развитое мышление (как аналитическое, так и креативное), стрессоустойчивость. Специалист должен быть в состоянии самостоятельно решать возникающие нестандартные вопросы: среди востребованных компетенций – навыки решения проблем (problem-solving skills), ответственность. С учетом многообразия областей применения робототехники от исследователей и инженеров требуются междисциплинарные знания, умение и желание осваивать смежные области.

Главной особенностью робототехники является ее быстрое развитие – аналитические доклады и статьи о ней устаревают буквально по прошествии года [5]. Постоянно совершенствуются технологии моделирования движений роботов, развивается элементная база, появляются новые материалы. В связи со стремительным распространением робототехники для специалистов крайне важным является широкий профессиональный кругозор, увлеченность и желание постоянно обновлять свои знания. Востребованы информированность о современных тенденциях отрасли, знание современной базы электронных компонентов, понимание основных технологических процессов.

#### **Требования к специалистам в России: анализ экспертных интервью**

##### **Профессиональные знания и навыки**

При ответе на вопрос о том, каких сотрудников им бы хотелось взять к себе на работу, представители российских организаций в области робототехники часто отмечают значимость базовых знаний, фундаментальной подготовки. Представители компаний, ведущих исследования

и разработки в области робототехники в России, выделяют комплекс фундаментальных научных дисциплин, необходимых специалистам для эффективной работы.

Важны и практические навыки: по мнению экспертов, «нужны практические ребята, которые смогут и выпилить, и выфрезеровать, с какой-то деталью что-то сделать» (Уральский федеральный университет, научно-образовательный центр FANUC).

Двумя основными областями науки, необходимыми для специалистов по робототехнике, выступают информатика и механика: «В вузах должна быть не просто информатика, а программирование. Причем программирование в направлении робототехники, то есть и техническое зрение, и искусственный интеллект, и так далее» (Волгоградский государственный аграрный университет). Важно, чтобы программист также понимал особенности работы устройств и их компонентов, знал механику и электронику.

##### **Цифровые навыки**

Работодатели признают важность цифровых компетенций сотрудников, готовы отправлять их на курсы по конкретным программным пакетам. При этом владение специализированными программными продуктами воспринимается скорее, как отдельная компетенция, а не просто базовое знание информатики: «У нас еще собственно работа в программах САПР много достаточно занимает. Это система автоматизированного проектирования. Это одна из основных вещей, это моделирование, я просто не вижу, к чему это отнести. Это к информатике в меньшей степени относится» (Институт исследований и решения технологических задач при Астраханском государственном университете). В ответах экспертов о требуемых цифровых навыках есть выраженная российская специфика: упоминаются не только «кадровские программы», но и российский аналог – системы автоматизированного проектирования семейства «КОМПАС».

##### **Организационно-управленческие, социальные и личностные навыки**

Интервью подтвердили рост потребности в специалистах, не только обладающих высоким уровнем подготовки по базовым дисциплинам (в частности, фундаментальными знаниями в области теории автоматического управления), но и отличающихся гибкостью, желанием учиться, готовностью меняться в ответ на технологические вызовы. Важными навыками являются умение адаптироваться, умение самостоятельно работать, обучаемость и высокий уровень заинтересованности. По словам одного из руководителей, «каждые полгода все меняется. <...> язык программирования плюс минус остается, что-то модернизируется, а так как элементы, двигатели, все это меняется, все это становится миниатюрным, интерфейсы какие-то меняются, то здесь человек должен все время отслеживать ситуацию» (АО НТЦ «РОКАД»).

Необходимо отметить, что менеджерские компетенции как таковые работодателями в области робототехники не востребованы: они могут быть дополнением к уже имеющемуся техническому образованию или должны сочетаться с пониманием технологических особенностей продукции. При этом управленческие навыки должны сочетаться с системным мышлением, пониманием всего процесса создания и внедрения робототехнических систем, навыками командной работы.

##### **Выводы**

От специалиста в сфере робототехники как в России, так и в мире требуется максимально широкий набор компетенций, но критически важны навыки программирования и знание специализированных программных пакетов. Эти специ-

альные профессиональные компетенции должны сочетаться с навыками практической работы с физическими компонентами робототехнических систем (смонтировать, сварить, спаять) и понимание того, как обеспечить работоспособность конкретного устройства. Кроме того, разнообразие сфер применения роботов и их систем определяет спрос на мультидисциплинарные навыки: перспективными являются знания в области искусственного интеллекта, материаловедения, биологии. Особое значение приобретает широкий профессиональный кругозор: информированность о современных тенденциях, знание современной базы электронных компонентов, понимание основных технологических процессов.

Быстрое развитие как аппаратной, так и программной части робототехнических устройств определяет важность «мягких» навыков специалистов: мотивированности, желания постоянно обновлять свои знания и навыки. Робототехника как сфера деятельности определяется высокой степенью кооперации на уровне институтов и отдельных специалистов (как на страновом, так и на международном уровне) [6], в связи с чем от сотрудников требуются развитые коммуникативные и организационно-управленческие навыки, навыки работы с информацией, тайм-менеджмента, способность работать в режиме многозадачности. Российской спецификой являются прежде всего важность владения английским языком и широкое распространение систем автоматизированного проектирования семейства «Компас», ориентированных на оформление документации в соответствии с российскими стандартами.

## Экологизация образовательной среды технического вуза

В.А. Даниленкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

Пооступила в редакцию 30.05.2018

### Аннотация

В данной статье обосновывается идея экологизации образовательной среды технического вуза. Автором предложена, с позиции процессного подхода, вовлеченность и взаимодействие администрации-преподавателей – студентов в создании условий для развития экологического сознания обучающихся, повышения их адаптации к обучению.

**Ключевые слова:** вовлеченность, экологическое сознание, экологизация, образовательная среда.

**Key words:** involvement, ecological consciousness, ecologization, educational environment.

Для разработки концепции экологизации образовательной среды технического вуза необходима идея, цели, методы, средства, принципы, технологии, закономерности, которые направлены на создание условий для развития экологического сознания обучающихся, повышения их адаптации к обучению, достижению ими качественных результатов. Следовательно, процесс экологизации образовательной среды технического вуза включает различные модели содержания, качества и динамики развития экологического образования.

Объектом нашего исследования является экологизация образовательной среды вуза.

Методологическую основу исследования составляют идеи системного, процессного и целостного подходов к проектированию образовательных сред (В.И. Панов, В.И. Слободчиков, В.А. Ясвин и др.). Методология предусматривает разработку процесса взаимодействия, вовлечения участников экологизации образовательной среды в разработку

учебно-воспитательных мероприятий, принципов, форм, способов построения моделей экологического образования в техническом вузе. Решение поставленной задачи осуществлялось с использованием средового, системного, процессного и целостного метода организации построения теоретической и практической деятельности.

Экологизация образовательной среды охватывает все виды деятельности, которые направлены на создание условий для развития экологического сознания обучающихся, повышения их адаптации к обучению, достижению ими качественных результатов [1, с. 111].

Экологическое образование в техническом вузе – результат усвоения систематизированных экологических знаний, умений, навыков, норм поведения, необходимых условий развития студента, его интеллекта, творчества, нравственности, подготовки к жизни и труду [2, с. 65]. Основные пути экологизации – экологическое обучение, воспитание, самообразование.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Work in the automation age: sustainable careers today and into the future [Electronic resource] : Association for Advancing Automation, Ann Arbor, April 2017. – URL: <https://www.a3automate.org/docs/Work-in-the-Automation-Age-White-Paper.pdf> (accessed: 21.02. 2018).
2. Laker, D. The Differences Between Hard and Soft Skills and Their Relative Impact on Training Transfer [Electronic resource] / D. Laker, J. Powell // Human resource development quarterly. – 2011. – Vol. 22, iss. 1. – P. 111-122. – doi.org/10.1002/hrdq.20063
3. Toner, P. Workforce Skills and Innovation: An Overview of Major Themes in the Literature [Electronic resource] / P. Toner // OECD. – 2011. – 78 p. – URL: <https://www.oecd.org/sti/inno/46970941.pdf> (accessed: 21.02. 2018).
4. Skills for a Digital World. Policy Brief on The Future of Work [Electronic resource] // OECD. – 2016. – URL: <http://www.oecd.org/els/emp/Skills-for-a-Digital-World.pdf> (accessed: 21.02.2018).
5. Копачек, Р. Development Trends in Robotics [Electronic resource] // IFAC-PapersOn-Line. – 2016. – Vol. 49, iss. 29. – P. 36-41. –doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.070
6. Кайснер, Э. Робототехника: прорывные технологии, инновации, интеллектуальная собственность [Электронный ресурс] / Э. Кайснер, Д. Раффо, С. Вунш-Винсент // Форсайт. – 2016. – Т. 10, № 2. – С. 7–27. – doi.org/10.17323/1995-459X.2016.2.7.27



В.А. Даниленкова