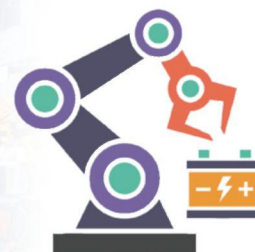


**Автоматика.
Энергетика.
Управление**



УДК 004.896:
621.865:159.9:62

С.Ф. СЕРГЕЕВ¹, д.п.с.н., профессор,
И.В. БРЕЙДО², д.т.н., профессор, зав кафедрой,
Б.Н. ФЕШИН², д.т.н., профессор,

¹Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
ЦНИИ Робототехники и технической кибернетики (Россия, Санкт-Петербург),
²Карагандинский государственный технический университет, кафедра АПП

Человеческий фактор в комплексной безопасности робототехнических систем

Ключевые слова: интерфейс, комплексная безопасность, робототехника, самоорганизация, техногенная среда, человеческий фактор, эргономика.

Стремление к обеспечению полной автоматизации и автономности работы производственных систем составило основную тенденцию развития науки, техники и технологии второй половины XX века. В его основе лежали идеи творения подобных человеку искусственных созданий, андроидов, разумных машин, отраженные в религии, мифологии и произведениях классиков мировой и отечественной научно-фантастической литературы. Чешский писатель Карел Чапек придумал слово «робот», а его коллега Айзек Азимов предложил свод этических законов робототехники. Согласно первому закону – «роботы не должны наносить вред здоровью и жизни человека или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред» (Азимов А. Хоровод. М., 1950). Здесь в лаконичной форме сформулированы основные требования к безопасности робототехнических и

автоматизированных систем, приобретающие все большее значение в связи с интенсивным развитием робототехники, массовым внедрением роботов и средств автоматизации во все сферы жизнедеятельности человека, формированием техногенной среды человеческой цивилизации.

Ключевые вопросы безопасности связаны с обеспечением полного контроля над действиями и поведением человека и роботов в производственной системе, формированием безопасной среды. Требуется ограничить допуск и возможность действия лицам, пытающимся осуществить незаконное использование роботов или вторгающимся в зоны силовых и информационных взаимодействий производственной среды. Отметим, что речь идет не только о физических воздействиях робототехнической среды, угрожающих физическому здоровью человека. Неменьшее значение

имеют вопросы информационной и личностной безопасности человека при его коммуникации с робототехническими системами.

Человечество длительное время пыталось решить проблему создания машин, интеллект и моторные функции которых были бы равны или превосходили интеллект и двигательные возможности человека. Считалось, что решение этой задачи приведет к созданию технологий, способных заменить человека во всех областях человеческой деятельности. Нужно признать, что довольно быстро был пройден этап разработки исполнительных и анализаторных систем роботов, моделирующих сенсомоторные функции человека. Созданы станки и автоматизированные производственные линии, манипуляторы, превосходящие рабочих по точности и силе исполнительных действий. Появились концепции полной, комплексной и гибкой автоматизации производств и локальных роботов с целью придания их деятельности универсального характера. Развитие концепции полной автоматизации привело к созданию методов проектирования свободного от человека машинного действия в слабо- и малосвязанных и организованных средах. Общее желание технократов избавиться от человека в производственных системах, заменить его на роботов и автоматизированные линии, наблюдавшееся в конце XX века, дало повод В.П. Зинченко сформулировать афоризм, что “техника без человека – это бесчеловечная техника” [1].

Однако наряду с ростом сложности робототехнических систем и техногенных сред, все чаще включавших в свое функционирование механизмы искусственного интеллекта и интеллектуальные функции человека-оператора, реализующие кооперативные социальные механизмы организации группового опыта, стали очевидными ограниченность и неэффективность методов классического инженерного проектирования в задачах формирования безопасности сложных робототехнических систем и комплексов. Широкое внедрение компьютерных технологий, призванных заменить разум человека, создать его искусственный аналог, не привело к ожидаемому результату, а лишь подчеркнуло реальную сложность проблемы [2]. Появление сети интернет, играющей роль координирующего глобального информационного центра техногенного мира, также не смогло усилить позиции сторонников полной автоматизации и автономизации.

Оказалось, что только человек является активным целеполагающим элементом и фактором, участвующим в формировании сложного мира, ведущего к развитию технобиотического этапа техногенной цивилизации. Опыт создания роботов как типовых универсальных модулей, кирпичиков технических систем столкнулся с проблемой обеспечения их квазисоциального взаимодействия и кооперации с человеком. Возникли сомнения в возможности тотальной техниче-

ской адаптации к среде и полной независимости роботов от человека и социума. Вместе с тем отметим, что техногенный риск, свойственный всем динамическим системам и машинам, в случае робототехнических сред, содержащих автономные роботы, многократно усиливается из-за их сложности и принципиальной невозможности учесть все возможные варианты негативного развития событий.

Источники опасностей в сложных робототехнических средах

В настоящее время робототехника как научно-практическая и проектировочная дисциплина испытывает интенсивное расширение своих границ, включение в них гуманитарного знания из областей социальной психологии, лингвистики, когнитивных наук. Развиваются технологии массового производства робототехнических систем бытового и промышленного назначения. Роботы становятся массовыми элементами техногенной среды. Достаточно сказать, что в период 2010–2014 годы средний рост продаж роботов в Европейском союзе составил 17%, а в 2014 году продажи выросли на 29%. Развивается и научно-технический базис роботостроения. Отмечено за последнее десятилетие трехкратное увеличение ежегодных патентных заявок в области робототехники [3].

Сложные техногенные среды с включенными в них пользователями проявляют свойства самоорганизующихся единств, что ведет к новым источникам опасности, обусловленным:

- реакцией социальной коммуникации, циркулирующей в среде, на попытки нарушения её аутопоэзиса;
- процессами самоутверждения в неформально возникающих в среде группах пользователей;
- ошибками принимающего решение наблюдателя;
- модуляцией психического и функционального состояний пользователя социальным управляющим действием, сопровождающим процессы самоорганизации среды;
- изменением и разрушением границ циркулирующих в среде коммуникаций;
- усреднением когнитивного уровня пользователей в результате аутопоэтической саморегуляции в групповых коммуникациях;
- социальной и профессиональной деформацией при воздействии на пользователя контента сети;
- конфликтами, вызванными соперничеством за распределение власти и влиянием неформальных группировок в среде;
- попытками влияния на пользователей случайных участников коммуникаций в среде;
- конфликтными ситуациями, порожденными на межнациональном, этническом, религиозном и идеологическом уровнях самоорганизации среды;

- психическими состояниями, отклонениями, заболеваниями профессионалов, вызванными суггестивным и стрессогенным влиянием коммуникации [4].

Особую роль в возникновении аварийных и опасных ситуаций в автоматизированных и робототехнических системах играют проблемы, вызванные ошибками при проектировании интерфейсов, использующих методы виртуализации человеко-машинного взаимодействия. Обеспечение эффективности взаимодействий в системе «человек-робот-интеллектуальная среда» требует от проектировщиков специальных знаний и умений из области эргономики и инженерной психологии.

К сожалению, ошибки в области проектирования человеко-машинного интерфейса роботизированных систем приводят к опасным и трагическим ситуациям. Например, американское Управление по продуктам и лекарствам (FDA) в январе 2013 года провело опрос среди врачей, использовавших робота-хирурга «da Vinci». В дополнение к этому специалисты изучили отчеты о внештатных ситуациях, возникших в процессе роботизированных операций. Оказалось, что в 2012 году в FDA поступило 115 отчетов о повреждениях пациентов, полученных при хирургическом вмешательстве с использованием «да Винчи». В 2009 году насчитывалось 24 случая. Количество смертей пациентов после роботизированных операций выросло с 11 (2009 год) до 30 (2012 год). Правда, это не означает, что именно роботы стали причиной смерти пациентов. Они использовались как интеллектуальные манипуляторы и всего лишь участвовали в операциях в виде инструментов.

Появление новых средоориентированных технологий вызвало в мире экспоненциальный рост исследований, посвященных изучению особенностей работы человека в сложных интерактивных системах, моделирующих погружение человека в искусственные миры [5]. Получили развитие работы по обеспечению высоких уровней интерактивности и эффективности человеко-машинного взаимодействия [6], что особенно важно при создании систем управления для беспилотных летательных аппаратов, дистанционно-управляемых роботов, космических зондов, боевой техники и вооружения, систем манипулирования объектами, роботизированных хирургических комплексов и т. д.

Проблемы комплексной безопасности в отечественной робототехнике

Развитие обсуждаемого направления на практике не сводится только к ассимиляции инженерными кадрами справочной информации из областей инженерно-психологического и эргономического проектирования и смежных дисциплин. Этого явно недостаточно при создании сложных систем. Требуется серьезная коллектив-

ная деятельность научных подразделений, ведущих научно-прикладные работы в области человеческого фактора по поиску и созданию нового научного знания в области интеграции человека с роботизированной средой. В Казахстане, как и в России, наблюдается серьезное отставание в области эргономики от западных проектных организаций, создающих робототехнические системы. Основными мероприятиями, связанными с обеспечением эффективного человеко-машинного взаимодействия в отечественных конструкторских бюро, в настоящее время являются внедрение ГОСТ по эргономике и работы по эргономической экспертизе, осуществляемые формально на этапах технического проектирования и сдачи заказчику. Такое положение дел ведет к снижению уровня эргономических показателей разрабатываемых объектов робототехники в целом.

Для исправления существующей ситуации необходимо создание в технических вузах, проектных и научно-исследовательских организациях групп квалифицированных специалистов в области человеческого фактора с целью формирования научных, материально-технических и иных заделов и ресурсов в форме:

- лаборатории человеческого фактора в робототехнике – для проведения научной, образовательной и учебно-методической деятельности, коммерциализации получаемых результатов научных исследований и разработок;
- эргономической службы для развития и координации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области человеческого фактора, проводимых в интересах разрабатывающих подразделений.

Необходимо отметить, что создание исследовательских и внедренческих подразделений в проектных и учебных организациях обусловлено:

- необходимостью подготовки кадров для разработки и обслуживания безопасных робототехнических систем и сред;
- необходимостью совершенствования методологии, методов и технологий, обеспечивающих эффективное взаимодействие робототехнических систем с обслуживающим их персоналом. При повышении уровня интеллектуализации робототехнических систем, роль человека-оператора повышается в связи с необходимостью решения вопросов формирования миссии, принятия решений в условиях многозначного контекста, с учетом социальных и психологических факторов;
- отставанием отечественных проектных организаций от мирового уровня в области разработки передовых технологий и направлений в области учета человеческого фактора в робототехнике;
- отставанием в области методологии и практики проектирования тренажерных и обу-

чающих систем для подготовки операторов робототехнических систем, наделенных искусственным интеллектом;

- наблюдаемой в последнее десятилетие в мире экспансией психологического знания во все сферы разработки и проектирования сложных технических систем и сред.

Перспективные направления обеспечения комплексной безопасности робототехнических систем и сред

Важными при инженерном и инженерно-психологическом проектировании робототехнических систем и сред являются вопросы формирования:

- искусственных рабочих виртуальных сред – функциональных аналогов физических сред деятельности человека-оператора;
- искусственных социальных сред с населяющими их виртуальными персонажами (аватарами). Дискутируется вопрос о придании аватарам требуемых личностных свойств и поведения с целью обеспечения их эффективных социальных взаимодействий с человеком, погружаемым в мир виртуальной реальности;
- эффективных коммуникаций человека с роботизированными системами. В проектной культуре организации должны получить дальнейшее развитие следующие направления проектирования:
- разработка интерактивных компонентов интернет-интерфейсов;
- анализ структур взаимодействия пользователя с возникающим в сетях массовых электронных коммуникаций информационным контентом;
- разработка систем, обеспечивающих эффективную работу робототехнических систем с компьютеризированными элементами и устройствами техногенной среды с целью координации и использования, распределенных в них информационных и вычислительных ресурсов;
- разработка технологий тактического и стратегического управления сложными, включающими групповое операторское взаимодействие системами;
- разработка систем профессиональной подготовки и обучения обслуживающего персонала робототехнических систем и сред;
- разработка систем интерфейса системы «человек-робот», использующих взаимодействие человека с машиной на естественном языке.

Все это послужило возникновению новых прикладных ветвей инженерной психологии и

эргономики, таких как юзабилити проектирование /тестирование роботов и эмоциональный дизайн взаимодействия человека с роботом.

Появление массовых пользователей сложными информационно-коммуникационными и управляющими средами обусловило появление проблем оценки пользовательских инструментов и качества человеко-машинного взаимодействия.

Инженерная психология стала играть значительную роль в ключевых технологиях проектирования сложных систем, например в программной инженерии – дисциплине, рассматривающей приложении теории, знаний и практики психологии с целью эффективного построения программных систем, удовлетворяющих требованиям пользователей и клиентов. Можно отметить появление в практике проектирования объектов робототехники новых направлений гуманитарных дисциплин, позволяющих повысить качество и эффективность систем. Это – кансей инженерия, эмоциональный дизайн, проектирование пользовательских интерфейсов, обеспечение человеко-компьютерного взаимодействия CHI (Computer – Human Interaction), проектирование искусственных сред деятельности, в том числе – индуцированных [5].

К сожалению, отечественная прикладная наука и практика технического проектирования за годы перестройки пропустили многие важные изменения в строе мирового инженерно-психологического знания. Мы можем вновь оказаться на задворках научно-технического прогресса. Исправить положение можно только за счет концентрации сил для развития рассматриваемого научно-практического комплекса в рамках международного сотрудничества и в деятельности проектных и научных организаций, работающих в сфере высоких технологий.

Выводы

Усложнение функциональных возможностей робототехнических систем и сред, создание и развитие систем интерфейса «человек-робот», обеспечение группового и роевого взаимодействия роботов в достижении общего результата ставят проблему обеспечения комплексной безопасности. Для ее решения требуется создание учебной и исследовательской инфраструктуры, проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области эргономики сложных систем. Необходимы исследования в области разработки и внедрения новых видов сетевых мультимодальных транссистемных интерфейсов, обеспечивающих анализ и цифровое моделирование внешней среды, для обеспечения безопасного взаимодействия человека со сложными робототехническими и эргатическими комплексами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинченко В.П. Человеческий интеллект и технократическое мышление // Коммунист. 1988. № 3. С. 96-104.
2. Сергеев С.Ф. Наука и технология XXI века. Коммуникации и НБИКС-конвергенция // Глобальное будущее 2045. Конвергентные технологии (НБИКС) и трансгуманистическая эволюция / Под ред. Проф. Д.И. Дубровского. М.: ООО «Издательство МБА», 2013. С. 158-168.
3. Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap. For Robotics in Europe Horizon 2020 Call ICT-2016 (ICT-25 & ICT-26). Release B 03/12/2015. Rev A: Initial release for Comment.
4. Сергеев С.Ф. Проблемы психологической безопасности в техногенных средах // Безопасность в строительстве: Матер. II Международной научно-методической конференции, 27-28 ноября 2014 года / Под общ. Ред. Е.И. Рыбнова; СПбГАСУ. СПб, 2014. С. 154-157.
5. Сергеев С.Ф. Обучающие и профессиональные иммерсивные среды. М.: Народное образование, 2009.
6. Сергеев С.Ф. Психологические аспекты проблемы интерфейса в техногенном мире // Психологический журнал. 2014. Том. 35. № 5. С. 88-98.