

Пленарные заседания Российского форума «Микроэлектроника 2024»

Часть 2

Ю. Ковалевский



Во второй части статьи о пленарных заседаниях юбилейного, X Российского форума «Микроэлектроника» рассказывается о мероприятии, посвященном технологиям искусственного интеллекта (ИИ) и микроэлектроники для беспилотных систем и робототехники. Данное заседание продолжает традицию пленарных заседаний форума по теме искусственного интеллекта, при этом в текущем году оно было направлено на более практические задачи, связанные с применением ИИ в такой актуальной и перспективной области, как робототехнические и беспилотные системы, и обеспечением ее отечественной ЭКБ. Мероприятие состоялось в первой половине дня 25 сентября 2024 года.

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ «ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ И РОБОТОТЕХНИКИ»

В роли модераторов заседания выступили **начальник отдела перспективных исследований АО «НИИМЭ» О. А. Тельминов** и **генеральный директор АО «НИИМА «Прогресс» З. К. Кондрашов**. Открывая мероприятие, **О. А. Тельминов** напомнил историю пленарных заседаний форума «Микроэлектроника», посвященных вопросам искусственного интеллекта. Он рассказал, что секция научной конференции форума «Нейроморфные вычисления. Искусственный интеллект» была создана в 2019 году по инициативе члена-корреспондента РАН Е. С. Горнева, а через несколько лет данная тематика была включена в программу пленарных заседаний. Поначалу



данные заседания были нацелены преимущественно на нейроморфные вычисления, в том числе на новую элементную базу, включая мемристоры. Затем в пленарных заседаниях, посвященных ИИ, стали принимать участие нейробиологи, а в число рассматривавшихся направлений вошла также нейроэлектроника. За время существования секции и тематических пленарных заседаний их участниками было защищено несколько докторских диссертаций.

При этом О. А. Тельминов отметил, что в соответствии с новыми вызовами времени руководством страны

ставятся задачи и обеспечиваются возможности по скорейшей разработке и внедрению беспилотных авиационных систем и робототехники. В связи с этим фокус пленарного заседания было решено сместить с нейроэлектроники и нейроморфных систем на применение технологий ИИ и микроэлектроники в указанных областях.



З. К. Кондрашов, отметив важность роли современных технологий ИИ для беспилотных и робототехнических систем, сказал, что при формировании программы пленарного заседания ставилась задача осветить не только научную, но и предметную проблематику применения технологий ИИ и микроэлектроники в беспилотных системах и робототехнике,

а также наметить пути решения текущих вопросов. Поэтому к участию в мероприятии в качестве докладчиков были приглашены в том числе представители предприятий из реального сектора экономики.

Модератор заседания предложил обсудить на мероприятии вопросы организации внедрения технологий ИИ в беспилотные автономные системы и робототехнику, их применение для управления БПЛА и их группами, перспективные оптические решения, применение природоподобных моделей в робототехнике, навигацию роботов и БПЛА, ситуацию с ЭКБ для данных областей и др.

После вступительных слов модераторов в онлайн-формате прозвучал короткий доклад **начальника Управления развития технологий искусственного интеллекта Минобороны России В. В. Елистратова**, в котором, в частности, была особо подчеркнута роль развития автономных систем в области беспилотных и робототехнических средств и комплексов, применяемых в различных отраслях народного хозяйства и в интересах обороны страны и безопасности государства. Была отмечена важность взаимодействия аппаратной части и ПО, а также доверенности систем и технологий, используемых в оборонной сфере. Кроме того, докладчик высоко оценил конструктивность диалога между предприятиями отрасли и министерством и указал на определенный положительный эффект того, что сейчас разработки в области микроэлектроники ведутся на основе топологических норм, доступных внутри страны, что стало катализатором более эффективного использования доступных возможностей аппаратуры разработчиками специального ПО. По его словам, в результате конструктивного взаимодействия разработчиков аппаратной части и ПО

в некоторых вопросах развития интеллектуальных технологий Россия опережает Запад.

С докладом «Теория и практика применения технологий искусственного интеллекта для управления БПЛА и их группами» выступил **профессор РАН, главный научный сотрудник ИПУ РАН Р. В. Мещеряков**.



Докладчик рассказал о подходе, в рамках которого разрабатывается модель системы управления, которая инкапсулируется в различные системы – технические, социотехнические, информационные, вычислительные и т. п. При этом применяемые технологии ИИ являются инструментом, реализующим модели как системы управления, так и объекта управления. В качестве предметной области применения подходов к реализации и исследованию выбраны БПЛА и их группировки. В частности, было рассмотрено решение для распределения задач транспортных БПЛА, доставляющих грузы в составе группировки, при различных методах управления: жесткой, в которой задачи задаются оператором; с перераспределением задач внутри группы в одноранговом режиме; с перераспределением задач с выделенным лидером. Специфика и сложность решаемой задачи, по словам докладчика, не позволяла применять метод перебора. Она решалась путем составления предварительного расписания с последующим перераспределением грузов и целевых функций БПЛА в зависимости от возникающего изменяющегося во времени поля заявок. Для решения использовались классы методов искусственного интеллекта, относящихся к метаэвристикам. В докладе был описан летный эксперимент, который был проведен для подтверждения корректности постановки задачи и вычислительных экспериментов и в рамках которого также выполнялись посадка по визуальным меткам на поле (без использования сигналов ГНСС) и определение скорости БПЛА с наземного пункта управления также исключительно по визуальным данным.

Кроме того, Р. В. Мещеряков рассказал о решении задачи управления БПЛА в режиме высокой степени автономности, в котором процедура формирования модели децентрализованного управления задавалась с использованием сценарного подхода, что позволило уменьшить пространство признаков и задать для БПЛА конечное число возможных вариантов поведения. Результаты также были апробированы на реальных летательных аппаратах и их группировках.

В докладе были приведены решения и других задач управления БПЛА, в частности связанных с противодействием БПЛА, созданием распределенных робототехнических полигонов, наблюдением за наземными и водными беспилотными транспортными средствами и др.

Переходя к вопросам аппаратной части, докладчик рассказал о реализации полетного контроллера на отечественной электронной компонентной базе, с применением которого также были проведены летные испытания в различных режимах. Необходимо отметить, что полетный контроллер позволяет обеспечивать доверенные функции искусственного интеллекта за счет создаваемого низкоуровневого программного обеспечения, что повышает уровень кибербезопасности беспилотной авиационной системы.

Было отмечено, что разработки института не ограничиваются БПЛА и охватывают также область управления беспилотными наземными, надводными и подводными аппаратами. Кроме того, ведутся разработки в области задач телеуправления, восстановления утраченных функций человека и формирования дополнительных каналов управления с использованием мышечной активности, ЭЭГ, окулографии, стрессозависимого, дыхательного и иных видов интерфейсов. В отдельное направление выделен гибридный искусственный интеллект, который используется в эргатических системах для согласованного взаимодействия людей и роботов.

Помимо этого, докладчик отметил перспективность применения биоподобных БПЛА и указал на необходимость стандартизации и унификации ЭКБ, используемой в БПЛА, расширения перечня ЭКБ для доверенных систем и на другие актуальные вопросы.



Далее прозвучало два коротких выступления представителей промышленности, анонсированных в начале заседания З.К. Кондрашовым. В первом из них **заместитель генерального директора по развитию промышленности ГК «Роскосмос» А. В. Брыкин** рассказал о новой индустриальной

модели госкорпорации, подразумевающей переход на серийную форму производства – принципиально новую для российской космической промышленности, а также открытую производственно-технологическую архитектуру, что означает ориентацию на все виды партнерства, которые могут принести в производственную модель госкорпорации любые полезные компетенции и ресурсы. Было отмечено, что уже проведена структуризация

проекта по формированию производственной системы, в рамках которой два сборочных предприятия будут выпускать по 125 космических аппаратов в год, которые призваны наполнить многоспутниковую низкоорбитальную группировку. Это открывает большие возможности по взаимодействию с электронной и радиоэлектронной промышленностью и формирует заинтересованность госкорпорации в робототехнических решениях и технологиях ИИ.

А. В. Брыкин сообщил, что в рамках проекта многоспутниковой группировки поставлена задача по формированию бесшовной системы связи, включающей как наземную инфраструктуру, так и БПЛА, вкуче с упомянутой спутниковой группировкой. По словам докладчика, в этой сфере имеется большое количество вариантов применения технологий ИИ, интегрированных в том числе с платформами, которые будут использоваться в БПЛА. Также предполагается интеграция и с другими видами беспилотного транспорта, включая, например, большегрузные автомобили, поезда и т. п.

В выступлении **исполнительного директора АО «НПП «Радар ммс» И. Г. Анцева** был, в частности, поднят вопрос обеспечения автономной навигации БПЛА достаточно точной и подходящей по габаритным характеристикам сенсорикой. По словам докладчика, отечественные решения та-



кого рода на данный момент недоступны, и хотя развитие в этом направлении идет, необходимо его ускорить. Также И. Г. Анцев указал на наиболее важные аспекты группового применения БПЛА, а именно: единое точное время и точность локации. В качестве наиболее приоритетных задач, требующих решения в сфере электроники для обеспечения развития БПЛА, были названы бортовые инерциальные системы и системы сенсорики; помехозащищенные спутниковые приемники; средства технического зрения, что включает в себя развитие ИИ; лидарные технологии.

Доклад **начальника лаборатории робототехники НИЦ «Курчатовский институт» В. Э. Карпова** был посвящен природоподобным моделям в робототехнике. Указав, что еще на заре ИИ и робототехники не только было принято оглядываться на то, что делается в живой природе, но было сформировано целое направление исследований, называемое бионическим, докладчик рассказал о ряде исторических проектов по созданию природоподобных



систем, реализованных как за рубежом, так и в нашей стране. Однако со временем, по его словам, произошёл отход от явной биоинспирированности в сторону создания формальных, прагматических моделей и методов.

Далее докладчик выделил четыре основных направления природоподобия в робототехнике: поведение, конструкция (морфология), архитектура систем управления и базовые конструктивные элементы (мышцы, органы чувств, источники энергии и т. п.). Было отмечено, что существуют проблемы в понимании друг друга между специалистами в области робототехники и биологами. Зачастую первые основываются на слишком поверхностном понимании процессов, существующих в природе, а вторые подчас не могут предоставить формализованное описание этих процессов и явлений, ограничиваясь лишь описанием тех или иных феноменов поведения или наблюдаемых свойств. Кроме того, большой проблемой являются различного рода спекуляции и «жонглирование» терминами.

В. Э. Карпов привел примеры различных алгоритмов и моделей, которые якобы заимствованы из живой природы, однако их природоподобная обоснованность либо спорна либо вовсе отсутствует. Ярким примером этого является большое количество работ по реализации различных форм индивидуального или группового движения, авторы которых называют их биоподобными и используют соответствующие термины. Вместе с тем, в основе базового механизма движения в природе лежат очень простые и естественные механизмы, описанные К. Рейнольдсом (С. Reynolds) еще в 1987 году. Другим примером мнимого природоподобия является пресловутая трехточечная походка насекомых, удобная для технической реализации, но далеко не столь распространенная в природе. При этом, по словам докладчика, некоторые аспекты поведения биологических организмов еще требуют более строго и детального изучения.

Говоря о примерах природоподобных систем управления, В. Э. Карпов привел пример эмоционально-потребностной архитектуры, основанной на удовлетворении потребностей агента (робота) и обеспечивающей стабильность его поведения. Такая схема, соответствующая рефлекторному уровню управления простейших животных, позволяет управлять характером поведения агента – «темпераментом», что важно для решения практических задач. При этом определение «темперамента» робота задается настройкой параметров его системы

управления. Кроме того, такая эмоционально-потребностная схема является базовой для создания интеллектуальных и когнитивных систем управления автономных агентов.

Далее были приведены примеры практического применения природоподобия. Так, для создания подводного аппарата, решающего задачу скрытного наблюдения, необходима минимизация создаваемого шума, материалы, близкие по свойствам биологическим тканям, а также реализация адекватного индивидуального и группового поведения, подобного поведению живого существа. Это касается и способов реализации двигательной активности рыбоподобного аппарата, и особенностей стайного движения.

Другим примером природоподобия стали результаты исследований, проводимых в институте, в области создания групповых робототехнических систем, способных к социальному взаимодействию.

В заключение доклада В. Э. Карпов еще раз подчеркнул, что при создании природоподобной робототехники основной проблемой является сложность взаимопонимания между инженерами и биологами, и важным вопросом является автоматизация биологических исследований, позволяющая получить результаты объективных наблюдений для создания конструктивных природоподобных моделей.



Доклад под названием «Перспективы развития безэкипажных кораблей и проблемы отечественной ЭКБ» представил **генеральный директор АО НПП «Авиационная и морская электроника» А. Г. Митянин**. Отметив возросший интерес к тематике автономных судов и рассказав о вне-

сении изменений в законодательство в части возможности их применения, докладчик представил результаты реализации предприятием ряда ОКР в данной сфере. В частности, была рассмотрена роботизированная система с безэкипажным катером для проведения гидрографических работ и контроля работы средств навигационного оборудования, а также ОКР по созданию системы автономного судовождения в порту, которая, по словам А. Г. Митянина, впервые в России показала практическую возможность реализации как дистанционного управления судами, так и автономного движения судов в стесненных условиях морского порта.

Рассказав о сложностях, связанных с доступностью отечественной ключевой ЭКБ, с которыми столкнулось

предприятие при выполнении ОКР, докладчик назвал ряд ключевых технологий, необходимых для развития морских робототехнических комплексов (МРТК), а именно: технологии ИИ; технологии в области современных систем связи; технологии в области создания эффективных средств ситуационной осведомленности комплексов; технологии, используемые при создании судовой электроники, в том числе систем управления.

А. Г. Митянин рассмотрел эти направления с точки зрения доступности отечественной ЭКБ, исходя из опыта предприятия. Так, было отмечено, что в области ЭКБ для реализации технологий ИИ отечественные решения хотя и существуют, но отстают по техническим характеристикам от решений ведущих зарубежных компаний, и при этом являются дефицитными.

В отношении ЭКБ для реализации систем связи было сказано, что здесь необходимы компоненты для высокоскоростной обработки сигналов – сигнальные процессоры и ПЛИС. В этой области необходимые отечественные серийные решения отсутствуют, хотя, по мнению докладчика, имеющиеся возможности по разработке и производству позволяют создать такие продукты.

Также существует недостаток отечественных решений для реализации средств ситуационной осведомленности – ПЛИС, ИМС драйверов, преобразователей интерфейсов, микроконтроллеров, усилителей и прочих изделий высокой степени интеграции с малыми габаритами. Докладчик, в частности, указал на необходимость расширения линейки российских микроконтроллеров, а также описал ситуацию с доступностью отечественных матричных фотоприемников ИК-диапазона и кремниевых мультиплексоров для фотоприемных устройств.

В сфере ЭКБ для судовой электроники в качестве высоко востребованных изделий были названы микроконтроллеры, ПЛИС, цифровые изоляторы, МЭМС-датчики. Здесь тоже существует недостаток отечественных аналогов ранее применявшихся зарубежных решений, а также другие сложности, такие как длительные сроки поставки российской и белорусской ЭКБ.

Докладчик отметил, что в последнее время отечественная электронная промышленность получила большой импульс развития, номенклатура российской ЭКБ была расширена, выросли объемы производства. В то же время проблемы общего характера остаются прежними: недостаток информации и возможностей поиска отечественной ЭКБ, большие сроки поставки и невозможность оперативного получения образцов, отставание ограниченного перечня ЭКБ от реальной ситуации, отсутствие технологий серийного производства ИМС с топологическими нормами ниже 90 нм. А. Г. Митянин указал на то, что сложности в применении отечественной ЭКБ существуют в отношении не только сложных ИМС, но и таких компонентов, как резисторы и конденсаторы.

В конце доклада А. Г. Митянин поделился мнением о том, каким общемировым тенденциям будет следовать развитие МРТК. Среди таких тенденций были названы: значительное увеличение количества МРТК и расширение круга решаемых ими задач; значительное увеличение числа морских операций, проводимых с их применением; развитие средств автоматизации и повышение степени автономности функционирования МРТК, в том числе за счет использования средств ИИ; реализация интеллектуально-группового координирования управления разнородными группировками МРТК.

Далее прозвучал доклад **З. К. Кондрашова**, посвященный решению задач безопасной навигации беспилотных систем и робототехнических комплексов и развитию необходимой для этого ЭКБ. Докладчик отметил расширение применения беспилотных роботизированных систем и большое количество разработок, проводимых в данной области. При этом за последнее время были выявлены проблемные направления развития таких систем, основными из которых являются навигация и каналы управления и связи. Проблемы с навигацией зачастую обусловлены отсутствием доступа к сигналам ГНСС, а устойчивость и надежность каналов управления подвергается воздействию помех.

В качестве одного из подходов обеспечения навигации в условиях воздействия различных видов помех З. К. Кондрашов назвал комплексирование всех доступных навигационных систем – спутниковых, локальных, инерциальных, оптических систем технического зрения. Комбинация этих технологий позволяет гибко адаптироваться к различным условиям получения навигационной информации и обеспечивать функционирование в сложных условиях навигации. Докладчик рассказал, что НИИМА «Прогресс» в настоящее время перешел к завершающему этапу ОКР по разработке локальной системы навигации – проводится опытная эксплуатация данной системы на полигонах.

Говоря о ситуации с системами и средствами определения параметров пространственно-временного состояния, имеющей место в нашей стране, З. К. Кондрашов указал на большое количество разнообразных решений и отсутствие при этом единой нормативно-правовой базы, доступного абонентского оборудования, развитой инфраструктуры предоставления услуг, доступности и целостности существующего навигационно-временного поля, координированного развития систем координатно-временного и навигационного обеспечения. В этих условиях, по словам докладчика, о возможности развертывания на территории РФ беспилотных транспортных систем говорить не приходится. При этом было отмечено, что в данной области перспективные разработки и их внедрение в бизнес-процессы, вероятно, невозможны без государственного регулирования. Формирование

и проведение единой государственной политики в сфере предоставления навигационно-временных услуг и обеспечение нормативно-законодательной поддержки решения соответствующих задач позволят снизить затраты на разработку навигационной аппаратуры пользователя, обеспечить импортозамещение навигационного оборудования, определить единые тактико-технические требования и стандарты в отношении пользовательской аппаратуры.

Далее в докладе были приведены сведения о планируемой НИИМА «Прогресс» разработке линейки ИМС, осуществляющих прием и обработку сигналов всех известных навигационных систем, включая локальные, а также СБИС навигационного процессора общедоступных открытых сигналов, решающей все задачи, связанные с их обработкой, и СБИС управления ФАР для построения цифровых антенных решеток помехоустойчивых образцов навигационной аппаратуры.

В отношении обеспечения безопасности роботизированных беспилотных средств было сказано, что представляется целесообразным разграничить сеть взаимодействия данных средств по четырем уровням со своими требованиями к каналам управления и навигации. З. К. Кондрашов описал то, как могут функционировать и взаимодействовать данные уровни, включающие гражданский, промышленный уровень, уровень специальных служб (полиции, МЧС, скорой медицинской помощи и т. п.) и уровень роботов оборонного назначения.

Руководитель НИИМА «Прогресс», завершая свой доклад, предложил утвердить сокращенную номенклатуру отечественных ИМС для задач навигации и связи; сформировать тактико-технические требования к единой системе координатно-временного навигационного обеспечения и ее составляющим, в том числе ЭКБ; развернуть тестовые полигоны по отработке решений в данной области и др.

Вопросы унификации ЭКБ для беспилотных систем и робототехники рассмотрел **генеральный директор – главный конструктор АО «ЦКБ «Дейтон» Ю. В. Рубцов** в заключительном докладе пленарного заседания. Прежде всего, докладчик указал, что единственный стандарт по унификации, действующий сегодня, датируется 1980 годом и требует обновления. В качестве способов достижения унификации были названы разработка и использование унифицированных участков схем, приемов, способов, технологий и применение унифицированных



изделий ЭКБ. Унификация производится в первую очередь по назначению конечного изделия. Поскольку заседание было посвящено беспилотным системам и робототехнике, которые могут применяться в различных условиях, было отмечено, что для них применяются способы, которые могут быть одинаковыми или существенно отличаться друг от друга. Докладчик указал на то, что унификации должны подвергаться и условия производства. Таким образом, унификация является не только средством выбора изделий и создания тех или иных схем, но и влияет на методы и правила производства продукции.

В качестве ключевого элемента беспилотных систем Ю. В. Рубцов назвал контроллер. По его словам, в мире производится большое количество контроллеров – несколько сотен, и многие из них поступают на наш рынок, при этом нет гарантии, что выбранный из такого разнообразия вариантов контроллер в беспилотной системе или роботе будет соответствовать требованиям, заявленным изготовителем. Было отмечено, что в России микроконтроллер 1921BK035 разработки АО «НИИЭТ» прошел все необходимые проверки на соответствие требованиям с точки зрения стандартизации. На его базе создан контроллер Vostok UNO-VN035, который неоднократно проверялся ЦКБ «Дейтон». На его основе предприятием разработаны два робота для выполнения контрольных операций при корпусировании ИМС. На примере этих разработок Ю. В. Рубцов показал, как может обеспечиваться унификация применяемых в робототехнике контроллеров.

Докладчик рассмотрел приемы унификации, такие как методы базовых модулей, базовых схем включений ИМС, модифицирование, агрегатирование и др., а также привел примеры несоблюдения подходов унификации при разработке электронных устройств, исходя из опыта ЦКБ «Дейтон» в исследовании различных проектов на предмет правильности применения изделий.

Также в докладе прозвучал ряд предложений. В частности, было предложено провести отбор имеющихся изделий для использования в беспилотных и робототехнических системах; создать ограничительный перечень ЭКБ для применения в данных системах; разработать ряды соответствующей ЭКБ; провести анализ опыта и знаний, существующих в области создания беспилотных систем и роботов в нашей стране, а также зарубежного опыта; организовать скоординированную деятельность федеральных органов исполнительной власти с точки зрения заказа и приемки беспилотных аппаратов и роботов.

В рамках мероприятия присутствующие задали докладчику ряд вопросов по теме заседания.

Фото предоставлены ООО «ПрофКонференции»