«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель научного совета РАН
«Фундаментальные проблемы
элементной базы информационно-
вычислительных и управляющих систем
и материалов для ее создания»,
академик РАН

Г.Я. Красников

«  »  2018 г.

**ПРОТОКОЛ**
**научного семинара «Нейроморфные системы и их реализация»**

**научного совета РАН «Фундаментальные проблемы элементной базы информационно-вычислительных и управляющих систем и материалов для ее создания»**

**МЕСТО И ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ:** АО «НИИМЭ», г. Москва, г. Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, 4-й этаж, зал НТС; 24.01.2018 г.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВОВАЛ:** академик РАН Г.Я. Красников – генеральный директор АО «НИИМЭ», руководитель приоритетного технологического направления по электронным технологиям.

**ПРИСУТСТВОВАЛИ:**

*члены научного совета РАН «Фундаментальные проблемы элементной базы информационно-вычислительных и управляющих систем и материалов для ее создания»:*

1. Красников Геннадий Яковлевич, академик РАН — генеральный директор АО «НИИМЭ»
2. Аристов Виталий Васильевич, член-корреспондент РАН — главный научный сотрудник ИПТМ РАН
3. Тельминов Олег Александрович, кандидат технических наук — ученый секретарь научного совета
4. Харченко Людмила Юлиановна, кандидат химических наук — ученый секретарь научного совета
5. Бугаёв Александр Степанович, академик РАН — заведующий кафедрой вакуумной электроники МФТИ
6. Горнев Евгений Сергеевич, доктор технических наук — заместитель руководителя приоритетного технологического направления по электронным технологиям
7. Кведер Виталий Владимирович, член-корреспондент РАН — научный руководитель ИФТТ РАН
8. Кобелева Светлана Петровна, кандидат физико-математических наук — доцент кафедры полупроводниковой электроники и физики полупроводников НИТУ «МИСиС»

| | |
|---|---|
| 9. Левченко Александр Алексеевич доктор физико-математических наук | директор ИФТТ РАН |
| 10. Мальцев Петр Павлович, доктор технических наук | научный руководитель ИСВЧПЭ РАН |
| 11. Никитов Сергей Аполлонович член-корреспондент РАН | директор ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН |
| 12. Рощупкин Дмитрий Валентинович, доктор физико-математических наук | директор ИПТМ РАН |
| 13. Филачев Анатолий Михайлович, член-корреспондент РАН | научный руководитель АО «Швабе» |
| 14. Чаплыгин Юрий Александрович, академик РАН | президент НИУ «МИЭТ» |

*от ИПС им. А.К. Айламазяна РАН:*

| | |
|---|---|
| 15. Непейвода Николай Николаевич, доктор физико-математических наук | главный научный сотрудник ИПС им. А.К. Айламазяна РАН |

*от ИПТМ РАН*

| | |
|---|---|
| 16. Деспотули Александр Леонидович, кандидат физико-математических наук | старший научный сотрудник ИПТМ РАН |
| 17. Зайцев Сергей Иванович, доктор физико-математических наук | главный научный сотрудник ИПТМ РАН |
| 18. Ковешников Сергей Викторович, кандидат физико-математических наук | заместитель директора по инновациям ИПТМ РАН |
| 19. Панин Геннадий Николаевич, кандидат физико-математических наук | старший научный сотрудник ИПТМ РАН, профессор Исследовательский центр квантово-функциональных полупроводников, Академия нано- информационных технологий, Университет Донгука, Сеул, Южная Корея |

*от ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН:*

| | |
|---|---|
| 20. Логунов Михаил Владимирович, доктор физико-математических наук | ведущий научный сотрудник ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН |

*от ИСВЧПЭ РАН:*

| | |
|---|---|
| 21. Редькин Сергей Викторович, кандидат технических наук | ведущий научный сотрудник ИСВЧПЭ РАН |

*от ИФТТ РАН:*

| | |
|---|---|
| 22. Божко Сергей Иванович, кандидат физико-математических наук | старший научный сотрудник ИФТТ РАН |
| 23. Девятов Эдуард Валентинович, доктор физико-математических наук | заместитель директора ИФТТ РАН |

*от ФТИАН РАН*

| | |
|---|---|
| 24. Бантыш Борис Игоревич | младший научный сотрудник ФТИАН РАН |

*от НИИСИ РАН*

| | |
|---|---|
| 25. Дунин-Барковский Виталий Львович, доктор физико-математических наук | заведующий отделом нейроинформатики НИИСИ РАН |

| | |
|---|---|
| 26. Карандашев Яков Михайлович кандидат физико-математических наук | старший научный сотрудник НИИСИ РАН |
| 27. Палагушкин Александр Николаевич | заведующий отделом оптических наноструктур НИИСИ РАН |
| 28. Юдкин Федор Анатольевич | старший научный сотрудник НИИСИ РАН |

*от АО «НИИМЭ»*

| | |
|---|---|
| 29. Балыченко Анатолий Андреевич | руководитель проекта союзных программ АО «НИИМЭ» |
| 30. Васильева Екатерина Игоревна | ведущий специалист по маркетингу АО «НИИМЭ» |
| 31. Дианов Алексей Максимович | директор по корпоративным коммуникациям АО «НИИМЭ» |
| 32. Зайцев Николай Алексеевич доктор технических наук | главный научный сотрудник АО «НИИМЭ» |
| 33. Матюшкин Игорь Валерьевич, кандидат физико-математических наук | старший научный сотрудник АО «НИИМЭ» |
| 34. Овчинников Вячеслав Владимирович | начальник отдела разработки пластин АО «НИИМЭ» |
| 35. Орлов Олег Михайлович, кандидат технических наук | начальник лаборатории отдела функциональной электроники АО «НИИМЭ» |
| 36. Сергеев Владимир Леонидович | заместитель начальника отдела смарт-карт АО «НИИМЭ» |
| 37. Теплов Георгий Сергеевич | младший научный сотрудник АО «НИИМЭ» |
| 38. Янович Сергей Игоревич | главный специалист управления руководителя приоритетного технологического направления АО «НИИМЭ» |

*от Фонда перспективных исследований*

| | |
|---|---|
| 39. Заблоцкий Алексей Васильевич, кандидат физико-математических наук | руководитель проекта Фонд перспективных исследований |

*от НИЦ «Курчатовский институт»*

| | |
|---|---|
| 40. Демин Вячеслав Александрович, кандидат физико-математических наук | заместитель директора НБИКС по научной работе НИЦ «Курчатовский институт» |
| 41. Емельянов Андрей Вячеславович, кандидат физико-математических наук | руководитель ресурсного центра электрофизических методов НИЦ «Курчатовский институт» |
| 42. Рыльков Владимир Васильевич, доктор физико-математических наук | старший научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт» |

*от Казанского федерального университета:*

| | |
|---|---|
| 43. Таланов Максим Олегович, кандидат технических наук | заместитель директора Высшей школы информационных технологий и информационных систем по научной деятельности Казанского федерального университета |

*от МГТУ им. Н.Э. Баумана:*

| | |
|---|---|
| 44. Деспотули Анастасия Александровна | студентка МГТУ им. Н.Э. Баумана |

*от МФТИ*

| | |
|---|---|
| 45. Зенкевич Андрей Владимирович, кандидат физико-математических наук | ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией функциональных материалов и устройств для наноэлектроники МФТИ |
| 46. Негров Дмитрий Владимирович | руководитель лаборатории нейро-вычислительных систем МФТИ |

*от НИТУ «МИСиС»*

| | |
|---|---|
| 47. Анфимов Илья Михайлович | инженер НИТУ «МИСиС» |

*от НИУ «МИЭТ»*

| | |
|---|---|
| 48. Алексеев Александр Михайлович, кандидат физико-математических наук | старший научный сотрудник ЦКП «МСТ и ЭКБ» МИЭТ |
| 49. Демин Глеб Дмитриевич, кандидат физико-математических наук | начальник Научно-исследовательской лаборатории «Исследование изделий нано- и микросистемной техники» ЦКП «МСТ и ЭКБ» МИЭТ |
| 50. Фастовец Дмитрий Владиславович | младший научный сотрудник НИУ «МИЭТ» |
| 51. Шубин Николай Михайлович | младший научный сотрудник НИУ «МИЭТ» |

*от ННГУ им. Н.И. Лобачевского:*

| | |
|---|---|
| 52. Михайлов Алексей Николаевич, кандидат физико-математических наук | заведующий лабораторией физики и технологии тонких пленок ННГУ им. Н.И. Лобачевского |

*от СПбГЭТУ «ЛЭТИ»:*

| | |
|---|---|
| 53. Андреева Наталья Владимировна | старший научный сотрудник СПбГЭТУ «ЛЭТИ» |

*от РИЦ «Техносфера»:*

| | |
|---|---|
| 54. Ежов Виктор Вениаминович | научный редактор РИЦ «Техносфера», журнал «Электроника: НТБ» |

*от ПАО «Микрон»:*

| | |
|---|---|
| 55. Алексеев Владимир Алексеевич | начальник участка ПАО «Микрон» |

**ПОВЕСТКА ДНЯ:**

1. Доклады по теме научного семинара и их обсуждение

(Г.Я. Красников, В.В. Аристов)

1. Научным советом РАН «Фундаментальные проблемы элементной базы информационно-вычислительных и управляющих систем и материалов для ее создания» и научно-производственным Консорциумом «Перспективные материалы и элементная база информационных и вычислительных систем» организован и проведен научный семинар на тему «Нейроморфные системы и их реализация».

2. В работе научного семинара приняли участие 55 представителей из 19 ведущих профильных организаций и предприятий.
3. Во вступительном слове при открытии научного семинара Г.Я. Красников:
   - сообщил, что научный совет РАН «Фундаментальные проблемы элементной базы информационно-вычислительных и управляющих систем и материалов для ее создания» образован путем объединения двух научных советов РАН – совета по элементной базе микро-, нано- электроники, квантовым компьютерам и материалам для микросистемной техники и совета по физико-химическим основам полупроводникового материаловедения;
   - отметил высокую заинтересованность первых лиц государства в развитии отечественной электронной компонентной базы, микро- и наноэлектроники;
   - определил цель семинара – оценить текущее состояние и перспективы развития отечественного программного и аппаратного обеспечения для реализации нейроморфных систем для определения целесообразности и своевременности начала создания соответствующей специализированной элементной базы, а также для формирования предложений по финансированию наиболее значимых результатов, полученных участниками научного семинара.
4. В ходе проведения научного семинара доложены 13 докладов, в обсуждении которых приняло участие 22 человека:

4.1. Негров Дмитрий Владимирович (МФТИ) «Аппаратная реализация искусственных нейронных сетей».

4.2. Доктор физико-математических наук Непейвода Николай Николаевич (ИПС им. А.К. Айламазяна РАН) «От нейроморфных к метанейроморфным: некоторые замечания о принципиально новых особенностях информатики для нейровычислений и о возможности перехода к высшим уровням нейровычислений».

4.3. Кандидат физико-математических наук Ковешников Сергей Викторович (ИПТМ РАН) «Элементная база для нейроморфных вычислений на основе резистивной памяти: современное состояние и перспективы».

4.4. Кандидат физико-математических наук Панин Геннадий Николаевич (ИПТМ РАН, Исследовательский центр квантово-функциональных полупроводников, Академия нано- информационных технологий, Университет Донгука, Сеул, Южная Корея) «Мемристивные двумерные электронные системы – новый тип электронных логических переключателей и памяти».

4.5. Член-корреспондент РАН Никитов Сергей Аполлонович, доктор физико-математических наук Логунов М.В. (ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН) «Спинтроника для нейроморфных систем».

4.6. Кандидат физико-математических наук Демин Глеб Дмитриевич (ЦКП «МСТ и ЭКБ» МИЭТ) «Перспективы создания маломощных нейроморфных систем на базе спинтронных технологий».

4.7. Кандидат физико-математических наук Карандашев Яков Михайлович (НИИСИ РАН) «Некоторые задачи создания мемристорных функциональных схем».

4.8. Доктор физико-математических наук Дунин-Барковский Виталий Львович (в соавторстве с Соловьевой К.П., Шакировым В.В. (НИИСИ РАН, МФТИ)) «Нетрадиционные нейроморфные конструкции».

4.9. Палагушкин Александр Николаевич (НИИСИ РАН) (в соавторстве с доктором физико-математических наук Рощупкиным Д.В. (ИПТМ РАН), Прокопенко С.А., Сергеевым А.П. (НИИСИ РАН), Привезенцевым В.В. (ФТИАН РАН)) «Технология мемристоров для нейроморфных систем».

4.10. Кандидат физико-математических наук Демин Вячеслав Александрович (НИЦ «Курчатовский институт») «Органические и наногранулированные неорганические мемристивные элементы и прототипы нейроморфных вычислительных систем на их основе».

4.11. Кандидат физико-математических наук Михайлов Алексей Николаевич (ННГУ им. Н.И. Лобачевского) «Металл-оксидные мемристивные наноструктуры и устройства для нейроморфных и нейрогибридных систем».

4.12. Кандидат технических наук Таланов Максим Олегович (Казанский федеральный университет) «Проект протеза сегмента спинного мозга на основе мемристорного нейромодулирующего нейрона».

4.13. Кандидат физико-математических наук Матюшкин Игорь Валерьевич, Теплов Георгий Сергеевич (АО «НИИМЭ») «Абстракция вычислимости и парадигма коннекционизма».

5. Рассмотренные проблемы классифицированы на следующие направления для дальнейшей проработки:
   - фундаментальные проблемы создания нейроморфных систем (ИПС им. А.К. Айламазяна РАН, АО «НИИМЭ»);
   - аппаратная реализация искусственных нейронных сетей на основе резистивной памяти (ИПТМ РАН, НИИСИ РАН, НИЦ «Курчатовский институт», ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Казанский федеральный университет);
   - аппаратная реализация на основе спинового токопереноса (ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, ЦКП «МСТ и ЭКБ» МИЭТ);
   - другие виды аппаратной реализации (НИИСИ РАН, МФТИ);
   - создание нейропротезов (Казанский федеральный университет);
   - технология изготовления элементной базы нейроморфных систем (НИИСИ РАН, ИПТМ РАН, ФТИАН РАН).
6. При подведении итогов научного семинара член-корреспондент РАН В.В. Аристов отметил высокий научно-технический уровень доложенных результатов и выразил надежду уплотнения сотрудничества между организациями и предприятиями в области отечественного развития нейроморфных систем.

**РЕШИЛИ:**

1. Признать уровень полученных результатов в области нейроморфных систем достаточным для начала разработки специализированной элементной базы и соответствующих материалов.
2. Рекомендовать участникам научного семинара предоставить в научный совет развернутые предложения по полученным результатам и дальнейшим планам проведения работ по тематике научного семинара в срок до 09.02.2018 г.

3. Рекомендовать научному совету РАН «Фундаментальные проблемы элементной базы информационно-вычислительных и управляющих систем и материалов для ее создания» и научно-производственному Консорциуму «Перспективные материалы и элементная база информационных и вычислительных систем» совместно с профильными организациями и предприятиями выполнить систематизацию и классификацию полученных результатов, в срок до 01.06.2018 г. сформировать комплексный план по постановке НИР и ОКР с обоснованием наличия заказчиков и исполнителей, заинтересованных в их проведении по следующим направлениям:
   - фундаментальные проблемы создания нейроморфных систем, включая методы построения и обучения нейронных сетей, вычислительные алгоритмы;
   - программное обеспечение для нейронных сетей: средства моделирования и проектирования;
   - аппаратное обеспечение на основе мемристоров, спиновой электроники (перенос тока осуществляется за счет собственного момента импульса элементарных частиц) и других подходов;
   - технологии и материалы для создания специализированной элементной базы для нейроморфных систем;
   - прикладное применение нейроморфных систем, в том числе создание систем искусственного интеллекта и нейропротезов.
4. Рекомендовать участникам научного семинара предоставить материалы для публикации статей в журнал «Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника» в соответствии с требованиями http://www.niime.ru/press-center/zhurnal-mikroelektronika/ в срок до 28.02.2018 г. с учетом издания специального выпуска в апреле 2018 г.

Ученый секретарь Тельминов О.А.