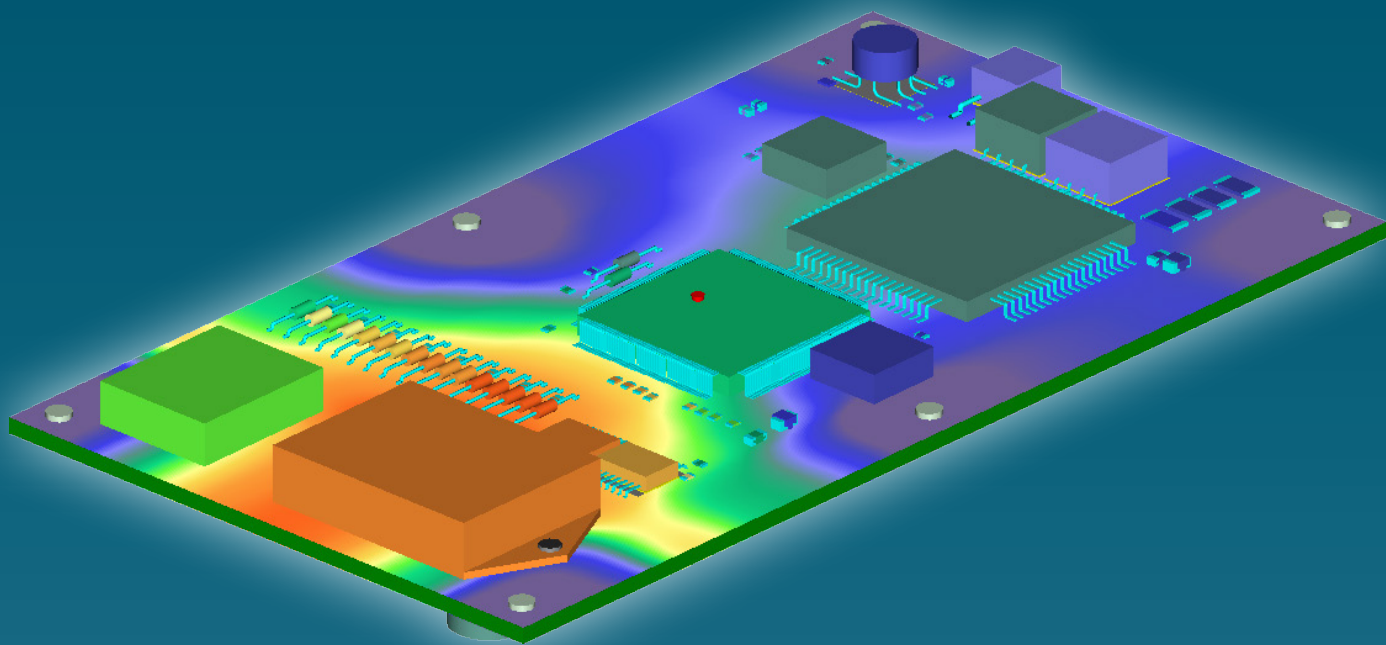


---

# САПР электроники

---



ISSN 2949-4966

№ 1 (6)  
2025





# САПР электроники

## Научно-практический журнал

№ 1 (6), 2025

Издается с 2023 г.

### Главный редактор

Шалумов Александр Славович – д.т.н., проф., акад. Международной академии информатизации, Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», председатель технического комитета по стандартизации ТК 165 «САПР электроники»

### Адрес редакции:

600017, Владимирская обл., г. Владимир, ул. Луначарского, д. 16А  
Тел.: +7 (916) 581-25-77  
E-mail: als@asonika-online.ru  
<https://asonika-online.ru/journal/>

### Учредитель:

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт «АСОНИКА» (ОГРН 1093332002312)

**Языки:** русский, английский

### Территория распространения:

Российская Федерация, зарубежные страны

**ISSN 2949-4966**

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре 29 декабря 2022 г. (Эл № ФС77-84458)

Дизайн и верстка: Шалумов М.А.

© Издательство ООО «НИИ «АСОНИКА», «САПР электроники», 2025

Дата выхода журнала: 17 ноября 2025 г.

Перепечатка материалов из журнала «САПР электроники» возможна только при письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «САПР электроники» обязательна. За содержание материалов ответственность несут авторы.

### СОДЕРЖАНИЕ

От главного редактора.....	3
Важнейшее мероприятие в области САПР электроники в 2025 году.....	9
Результаты опроса о закупках отечественных САПР электроники предприятиями и вузами.....	11
Дорожные карты развития САПР электроники и микроэлектроники.....	12
Интервью академика Шалумова о САПР электроники.....	17
<b>Шалумов А.С.</b> АСОНИКА. Стратегический путь развития.....	20
<b>Суходольский В.Ю.</b> Схемотехническое моделирование в Altium Designer 21.....	40
<b>Ильин С.А.</b> Результаты деятельности ТК 165 «САПР электроники» за пять лет.....	49
<b>Рафилович М.И.</b> Государственный Центр САПР электроники не состоялся.....	66
<b>Вуличенко Б.Н.</b> Инновационная технология информационной поддержки комплексного моделирования электронной аппаратуры (нереализованный проект).....	72
<b>Газаров В.А.</b> Цифровая технология создания акустического устройства массового уничтожения беспилотных летательных аппаратов в радиусе действия (нереализованный проект).....	85
<b>Гаджиев Р.М.</b> САПР электроники и отечественные операционные системы.....	95
<b>Гавай Д.А., Зорков П.П.</b> О точности решения конструкции арочного типа при применении метода конечных элементов.....	101
<b>Ботуз С.П., Цыганова В.С.</b> САПР интеллектуальных подсистем мониторинга основных процессов жизненного цикла систем дистанционного зондирования Земли ....	112
<b>Ботуз С.П.</b> Поведенческие модели сложнофункциональных блоков эргатических систем многоагентного ситуационного управления сетевыми субъектами и объектами интеллектуальной / промышленной собственности беспилотных транспортных средств .....	117

# CAD electronics

## *Scientific and practical journal*

№ 1 (6), 2025

Published since 2023

### Editor-in-chief

Shalumov Alexander Slavovich – Doctor of Technical Sciences, Prof., Acad. International Informatization Academy, General Director of Scientific-Research Institute «ASONIKA» LTD, Chairman of the Technical Committee for Standardization TC 165 «CAD electronics»

### Editorial address:

600017, Vladimir region, Vladimir, st. Lunacharskogo, 16A  
Tel.: +7 (916) 581-25-77  
E-mail: als@asonika-online.ru  
<https://asonika-online.ru/journal/>

### Founder:

Scientific-Research Institute «ASONIKA» LTD (OGRN 1093332002312)

**Languages:** Russian, English

### Distribution area:

Russian Federation, foreign countries

### ISSN 2949-4966

The journal was registered in the Roskomnadzor on December 29, 2022 (EI No. FS77-84458)

Design and layout: Shalumov M.A.

© Scientific-Research Institute «ASONIKA» LTD Publishers, «CAD electronics», 2025

Journal release date: November 17, 2025

**Reprinting materials from the journal «CAD electronics» is possible only with the written consent of the editors of the journal. When reprinting materials, a reference to the «CAD electronics» magazine is required. The authors are responsible for the content of the materials.**

### CONTENTS

<b>From the editor-in-chief</b> .....	3
The most important event in the field of CAD electronics in 2025.....	9
Results of a survey on purchases of domestic CAD electronics by enterprises and universities.....	11
Roadmaps for the Development of Electronic and Microelectronic CAD Systems.....	12
Academician Shalumov's interview about CAD electronics.....	17
<b>Shalumov A.S.</b> ASONIKA. Strategic Development Path.....	20
<b>Sukhodolsky V.Y.</b> Schematic Simulation in Altium Designer 21 .....	40
<b>Ilyin S.A.</b> Results of the activities of the technical committee for standardization TC 165 «Computer-aided design systems for electronics» for five years.....	49
<b>Rafilovich M.I.</b> State Center for CAD electronics did not take place .....	66
<b>Vulichenko B.N.</b> Innovative technology for information support of complex modeling of electronic equipment (unimplemented project).....	72
<b>Gazarov V.A.</b> Digital technology for creating an acoustic device for the mass destruction of unmanned aerial vehicles within range (unimplemented project).....	85
<b>Gadzhiev R.M.</b> CAD electronics and domestic operating systems .....	95
<b>Gavai D.A., Zorkov P.P.</b> For the accuracy of the solution of the arch type construction when using the finite element method .....	101
<b>Botuz S.P., Tsyganova V.S.</b> CAD of intelligent subsystems for monitoring the main processes of the life cycle of Earth remote sensing systems .....	112
<b>Botuz S.P.</b> Behavioral models of complex-functional blocks of ergatic systems for multi-agent situational control of network subjects and objects of intellectual/industrial property of unmanned vehicles.....	117

# От главного редактора журнала «САПР электроники»

**Уважаемые авторы, читатели и коллеги!**

Сегодня вышел уже 6-й номер журнала. До этого в 2023 – 2024 годах вышло 5 номеров. Практически все профильные предприятия и вузы скачали пять номеров журнала с сайта журнала <https://asonika-online.ru/journal/>

Информация о всех номерах журнала направляется **всем профильным предприятиям, корпорациям, министерствам России.**

Бумажные версии журнала направляются:

- Президенту РФ В.В. Путину;
- Председателю Правительства РФ М.В. Мишустину.

Ранее была направлена бумажная версия журнала № 5. Администрация Президента РФ незамедлительно подтвердила его получение ответным письмом, направленным на имя главного редактора по почтовому адресу редакции (рисунок 1).

  
АДМИНИСТРАЦИЯ ПРЕЗИДЕНТА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УПРАВЛЕНИЕ  
ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО РАБОТЕ С ОБРАЩЕНИЯМИ ГРАЖДАН  
И ОРГАНИЗАЦИЙ  
ул. Ильинка, д. 23, Москва, Российская Федерация, 103132

ШАЛУМОВУ А.С.  
ул. Луначарского, 16А, ООО "НИИ "Асоника"  
г. Владимир  
Владимирская область,  
600017

« 9 » декабря 20 24 г.  
№ А26-02-НО-138703491

На № 239 от 04.12.2024 г.

Ваше печатное издание с сопроводительным письмом на имя Президента Российской Федерации в письменной форме получено.


Консультант департамента  
письменных обращений граждан и  
организаций

  
А. Леонтьев

Рисунок 1 – Письмо из Администрации Президента РФ на имя академика Шалумова А.С. по поводу № 5 журнала «САПР электроники»

Директор департамента цифровых технологий Министерства промышленности и торговли РФ Владимир Дождев по поруче-

нию Аппарата Правительства РФ в официальном письме на имя Генерального директора ООО «НИИ «АСОНИКА» Шалумова А.С. от 27 декабря 2024 года № 141702/22 выразил «благодарность за направление российского научно-практического журнала «САПР электроники» и сообщил, что «информация, представленная в журнале, будет учтена при формировании мероприятий, проводимых Департаментом, по развитию направления САПР (рисунок 2).

  
МИНИСТЕРСТВО  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
И ТОРГОВЛИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНПРОМТОРГ РОССИИ)  
Пресненская наб., д. 10, стр. 2, Москва, 125039  
Тел. (495) 539-21-66  
Факс (495) 547-87-83  
<http://www.minpromtorg.gov.ru>  
27.12.2024 № 141702/22  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Генеральному директору ООО  
«НИИ «АСОНИКА»  
Шалумову А.С.  
[als@asonika-online.ru](mailto:als@asonika-online.ru)

Копия: Аппарат Правительства  
Российской Федерации

Уважаемый Александр Славович!

В соответствии с Федеральным законом от 02.05.2006 № 59-ФЗ «О порядке рассмотрения обращений граждан Российской Федерации» и пунктом 5.14 Положения о Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 05.06.2008 № 438, Департамент цифровых технологий Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (далее – Департамент) рассмотрел обращение Ваше обращение от 04.12.2024 № 238, направленное письмом Аппарата Правительства Российской Федерации от 16.12.2024 № 106390-П7, и выражает благодарность за направление российского научно-практического журнала «САПР электроники».

Информация, представленная в журнале, будет учтена при формировании мероприятий, проводимых Департаментом, по развитию направления САПР.

Директор Департамента  
Цифровых технологий

Подлинник электронного документа, подписанного ЭП,  
хранится в системе электронного документооборота  
Минпромторга России.

СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП  
Сертификат: 71A02A1787A8B85220B0C39A2371BFD  
Кому выдан: Дождев Владимир Сергеевич  
Действителен: с 16.05.2024 до 09.08.2025

Овчарова Ольга Алексеевна  
(495) 870-29-21 доб. (2-23-50)

В.С. Дождев

Рисунок 2 – Благодарственное письмо директора департамента цифровых технологий Министерства промышленности и торговли РФ Владимира Дождева на имя Генерального директора ООО «НИИ «АСОНИКА», академика Шалумова А.С.

Таким образом, журнал «САПР электроники» за три года стал массовым и единственным российским научно-практическим журналом в области САПР электро-

ники, бесплатный доступ к которому имеют все желающие. И все желающие могут бесплатно опубликовать в журнале свои статьи без цензуры.

**Все цели достигнуты, все задачи выполнены.** Журнал наглядно показал реальное положение дел с САПР электроники в России и выявил истинных российских разработчиков САПР электроники. Все, кто что-то реально сделал в этом направлении, опубликовались в 6-и номерах журнала.

**22 апреля 2025 года исполнилось 5 лет** с тех пор, как Приказом РОССТАНДАРТа №792 на базе ООО «НИИ «АСОНИКА» был создан технический комитет по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники».

В соответствии с Приказом председателем ТК 165 назначен Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», академик, профессор, доктор технических наук Шалумов Александр Славович; ответственным секретарем ТК 165 назначен Генеральный директор ООО «АСКМ «Прогресс» Ильин Сергей Александрович.

В состав ТК 165 входят ведущие организации Роскосмоса и Росатома, Фонд «Сколково», АО «Вертолёты России», ведущие вузы страны – МИРЭА, НИУ ВШЭ, ЛЭТИ и др. организации, специализирующиеся в области САПР электроники. Примечательно, что многие представители этих организаций являются разработчиками САПР электроники.

В 2022 – 2025 утверждены Росстандартом и введены в действие 86 национальных стандартов, разработанных в ТК 165: 14 (2022), 28 (2023), 24 (2024), 20 (2025). В 2025 году планируется утверждение ещё более 15 ГОСТ Р.

Только за 1 год рейтинг ТК 165 поднялся на 157 позиций!

По поручению Президента Российской академии наук Красникова Г.Я. ответственный секретарь Горнев Е.С. пригласил академика Шалумова А.С. рассказать 19 февраля 2025 года о результатах и достижениях ТК 165 на Межведомственном Совете главных технологов и главных конструкторов по ЭКБ (рисунок 3). Доклад вызвал огромный интерес у членов Совета. Совет разослал

на многие предприятия электронной промышленности информацию о всех стандартах, разработанных в ТК 165. После этого академику Шалумову посыпались звонки с благодарностью за выпущенные стандарты и с просьбой продолжать активную деятельность в области стандартизации.

Директор департамента цифровых технологий Министерства промышленности и торговли РФ Владимир Дождев в своём видеовыступлении «ОТСТУПАТЬ НЕКУДА» (импортозамещение в промышленности) отметил: «Стандарт – это то, что позволяет закрепить лучшую практику. Коллеги в области электроники уже трудятся над данными стандартами. Появляется много стандартов, и мы им помогаем» (<https://rutube.ru/video/private/303e0fea2fd1d70df7308e68df815846/?p=Vwpde-kguMGTPWnEqRqJ3A>).

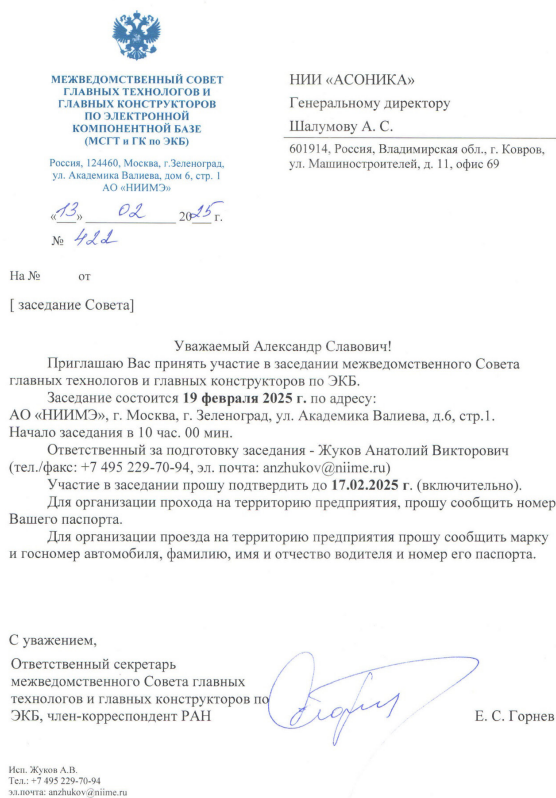


Рисунок 3 – Официальное приглашение академика Шалумова А.С. на заседание Совета главных технологов и главных конструкторов по ЭКБ 19 февраля 2025 года

ТК 165 активно осуществляет международное сотрудничество в области стандартизации с дружественными странами.





Рисунок 4 – Встреча академика Шалумова А.С. с представителями Министерства науки и технологий Китайской народной республики на территории России в Москве



Рисунок 5 – Встреча академика Шалумова А.С. с представителями Национальной академии государственного управления КНР (в настоящее время Центральной партийной школы Коммунистической партии Китая) на территории Китая в Пекине

**Китай.** 30 августа 2023 года на базе Российского института стандартизации в режиме ВКС состоялось совещание с представителями Китая, в ходе которого обсуждались национальные стандарты в области виртуальных испытаний изделий, разработанные ТК 165 и заинтересовавшие китайскую сторону с точки зрения их

применения в авиации. Данное совещание явилось логическим продолжением очных встреч академика Шалумова А.С. с представителями Министерства науки и технологий Китайской народной республики на территории России в Москве (рисунок 4), а также в составе российской делегации с представителями Национальной академии государственного управления КНР (в настоящее время Центральной партийной школы Коммунистической партии Китая) на территории Китая в Пекине и в Куньмине – столице провинции Юньнань (рисунок 5). В Куньмине российскую делегацию торжественно приняли секретарь провинциального партийного комитета Коммунистической партии Китая и его заместитель – губернатор правительства провинции.

**Индия.** Подписано множество соглашений о долгосрочном сотрудничестве с научными организациями и вузами Индии (рисунок 6) в ходе визитов академика Шалумова А.С. в Индию (Дели, Пуна, Бангалор, Мумбай, закрытый город оборонного значения Хайдарабад). В Дели состоялась очень плодотворная встреча академика Шалумова А.С. с министром науки и технологий Индии. Академик Шалумов А.С. выступил с докладом о САПР электроники АСОНИКА в Академии наук Индии, по результатам обсуждения которого он был принят в состав Индийского научного общества.

В Индии, также как в США, в России и в Республике Беларусь, нет прямых аналогов системы АСОНИКА. Но потребность в подобных системах в Индии высокая, так как на многих индийских предприятиях ведется разработка электронной аппаратуры. Индийским специалистам не под силу в кратчайшие сроки разработать аналог системы АСОНИКА. Премьер-министр Индии Моди официально заявил, что заинтересован в привлечении российских программных продуктов в области электроники для обеспечения высокой надежности аппаратуры военного и космического назначения.

Индийская сторона готова оказать содействие коллективу ООО НИИ «АСОНИКА» в наполнении базы данных новыми электронными компонентами, создании конверторов с известными САПР, включе-

нии в систему АСОНИКА электрических расчетов, в переводе подсистем и документации на английский язык, в проведении испытаний аппаратуры на различные внешние воздействия для проверки адекватности разработанных моделей, в модернизации пользовательских интерфейсов, тестировании и т.д.



Рисунок 6 – Подписание академиком Шалумовым А.С. соглашений о долгосрочном сотрудничестве с научными организациями и вузами Индии в Пуне и Бангалоре

В 2025 году были направлены официальные приветствия Председателя технического комитета по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники» Шалумова А.С. участникам следующих мероприятий:

1. 29-го Международного форума МАС-2025 «**Инновации для построения цифрового будущего**», состоявшегося 25 апреля 2025 года в Москве.

2. II Научно-технической конференции Союзного государства «**Электронное Машиностроение – 2025**», запланированной к проведению в период 10-11 июня 2025 года на территории Кампуса СберУниверситета (Московская область, деревня Аносино). Также Шалумов предложил своё участие в деловой программе конференции в качестве спикера. Тема доклада: «Роль национальных стандартов в создании высоконадёжной электроники с применением САПР».

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ  
РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Технический комитет по стандартизации 165  
«Системы автоматизированного проектирования электроники»



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ «АСОНИКА»

600017, Россия, г. Владимир, ул. Луначарского, д.16А  
Тел. +79165812577 E-mail: [als@asonika-online.ru](mailto:als@asonika-online.ru) Сайт: [www.asonika-online.ru](http://www.asonika-online.ru)

№ 267 от « 15 » сентября 2025 г.

Организаторам Демо-дня Индустриального центра компетенций «Метрология и измерительная техника», проводимого Государственной корпорацией «Ростех», АО «РТ-Техприемка» и Комитетом по техническому регулированию Российского союза промышленников и предпринимателей в рамках ежегодной конференции «Содействие развитию систем управления качеством, метрологии и стандартизации организаций промышленности»

Уважаемые организаторы, участники и гости Демо-дня!

От имени технического комитета по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники» и от себя лично, как старейший (более 40-ка лет) разработчик систем автоматизированного проектирования (САПР) электроники, приветствую организаторов, участников и гостей Демо-дня.

Электроника применяется на всех жизненно важных объектах, в том числе военных, космических, авиационных. Без надёжной электроники сегодня невозможно обеспечить обороноспособность страны.

Проектирование электроники уже невозможно без САПР. Если у вас нет собственной САПР электроники, то у вас, скорее всего, нет и собственной полноценной разработки – самолёта, вертолёт, беспилотной авиационной системы, космического корабля, ракеты, подводной лодки, танка, автомобиля, атомной электростанции, компьютера, системы искусственного интеллекта и т.д. Надеюсь, что на конференции будет особое внимание уделено стандартизации САПР электроники, составляющим особый класс информационных технологий, который требует самостоятельного подхода к решению проблем его импортозамещения.

На сегодняшний день Приказами Росстандарта утверждены и введены в действие 74 национальных стандарта (ГОСТ Р) в области САПР электроники, разработанных в ТК 165.

Секретариат ТК 165 собирает предложения в области САПР электроники для включения в Перспективную программу разработки стандартов ТК 165 до 2030 года. В случае Вашей заинтересованности прошу сообщить мне по электронной почте [ALS140965@mail.ru](mailto:ALS140965@mail.ru) Ф.И.О. и адрес электронной почты контактного лица.

Предлагаю доклады участников Демо-дня, посвящённые САПР электроники, опубликовать в очередном 6-м номере журнала «САПР электроники» (<https://asonika-online.ru/journal/>), выход которого планируется в ноябре 2025 года. Публикация бесплатная. Крайний срок подачи публикации 15 октября 2025. Материал в свободной форме направляется по электронной почте [SAPReletroniki@mail.ru](mailto:SAPReletroniki@mail.ru)

Желаю вам успешной и плодотворной работы на Демо-дне на благо достижения технологического суверенитета России, курс на который обозначил Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин.

С уважением, Шалумов Александр Славович,  
Председатель технического комитета по стандартизации ТК 165 «САПР электроники», Главный редактор журнала «САПР электроники», Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», доктор технических наук, профессор, академик Международной академии информатизации, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Почетный работник науки и техники РФ, руководитель разработки САПР электроники АСОНИКА, руководитель ведущей научной школы ИП-5574.2014.10 в области знаний «Военные и специальные технологии», член МРГ коллегии ВПК РФ по диверсификации и развитию рыночных механизмов в организациях ОПК в целях импортозамещения и реализации национальных проектов, участник Реестра независимых и внешних директоров организаций ОПК

Рисунок 7 – Официальное приветствие Председателя ТК 165 «САПР электроники», академика Шалумова А.С. участникам Демо-дня Индустриального центра компетенций «Метрология и измерительная техника»



3. 2-го **Международного технологического конгресса**, запланированного к проведению в период 16-18 сентября 2025 года в КВЦ «Патриот».

4. Российского форума «**Микроэлектроника 2025**», запланированного к проведению в период 21-27 сентября 2025 года на Федеральной территории «Сириус».

5. **Демо-дня Индустриального центра компетенций «Метрология и измерительная техника»**, проводимого Государственной корпорацией «Ростех», АО «РТ-Техприемка» и Комитетом по техническому регулированию Российского союза промышленников и предпринимателей в рамках ежегодной конференции «Содействие развитию систем управления качеством, метрологии и стандартизации организаций промышленности», запланированной к проведению 26 сентября 2025 года в Бизнес-парке «Ростех-сити» по адресу: г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 75А. Цель мероприятия – обсудить технические и организационные вопросы по замещению зарубежных аналогов программных продуктов российскими отраслевыми решениями, поделиться успешным опытом, сформировать новые деловые связи заказчиков и разработчиков. В связи с этим Шалумов предложил на заседание рабочей группы трека «Ростех. Качество» доклад на тему: «Успешный опыт 40-летнего применения российского отраслевого решения – программного продукта АСОНИКА, не имеющего зарубежных аналогов».

Во всех приветственных письмах было предложено доклады участников данных мероприятий, посвященные САПР электроники, бесплатно опубликовать в 6-м номере журнала «САПР электроники». Одно из таких приветственных писем представлено на рисунке 7.

Подробный разбор реального положения дел в области САПР электроники во всех вышеперечисленных мероприятиях показывает, что мы до сих пор находимся только в начале пути импортозамещения САПР электроники. Впереди очень много работы. А это требует создания, наконец, на базе реальных разработчиков **Единого координационного центра САПР электроники**

для регулирования разработок отечественных средств проектирования и использования импортных средств САПР при выполнении Государственных программ. Прототип такого Центра фактически сегодня действует на **базе журнала «САПР электроники»** в инициативном порядке и при моральной поддержке Президента РФ В.В. Путина. Однако надо в срочном порядке прототип преобразовать в реально действующий Центр с привлечением **талантливых разработчиков САПР электроники**, имеющих существенные результаты в данной области не на словах, а на деле.

#### **Стратегическое предложение:**

По результатам 40-летнего опыта академика Шалумова А.С. в области разработки САПР электроники и по результатам разработки национальных стандартов в области САПР электроники в рамках ТК 165 научный коллектив «АСОНИКА» пришёл к выводу о необходимости создания в самое ближайшее время **Министерства электронной промышленности РФ** (как это было в СССР), в составе которого обязательно должны быть следующие департаменты:

1. Департамент разработки электронной аппаратуры.

2. Департамент разработки ЭКБ.

3. Департамент разработки САПР электронной аппаратуры.

4. Департамент разработки САПР ЭКБ (в США он создан в мае 2024 года как отдельный государственный центр. Выделено финансирование 283 млрд. долларов).

Более подробно об этом читайте в статье М.И. Рафиловича «Государственный центр САПР электроники не состоялся».

Журнал «САПР электроники» своевременно выполнил свои функции. Из **фазы активного наступления** он перешёл в **фазу активного ожидания** новых реальных результатов в области отечественных САПР электроники. По мере появления таких результатов выходят очередные номера журнала.

**Научный коллектив «АСОНИКА» сохранил и приумножил единственную сохранившуюся со времён СССР САПР**

электроники АСОНИКА, до сих пор не имеющую аналогов как в России, так и за рубежом, а также впервые в истории СССР и России возглавил в ТК 165 создание национальных стандартов в области САПР электроники, которых сейчас уже 86. Создал первую в России специализированную площадку для свободного обмена информацией в области САПР электроники в форме электронного периодического издания технического комитета по стандартизации ТК 165 «САПР электроники» – российского научно-практического журнала «САПР электроники», зарегистрированного 29 декабря 2022 г. в Роскомнадзоре, призванного восполнить этот пробел.

Только опора на реальных (а не мнимых) разработчиков позволит нам в обо-

зримом будущем достичь технологического суверенитета России, курс на который обозначил Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин.

С уважением,  
**Шалумов Александр Славович,**  
Главный редактор журнала  
«САПР электроники»,  
Председатель технического комитета по  
стандартизации  
ТК 165 «САПР электроники», академик





## Важнейшее мероприятие в области САПР электроники в 2025 году

*Служба актуальной информации*

**Единственное мероприятие за 2025 год, в котором приняли участие оставшиеся в России разработчики САПР электроники, – это заседание рабочей группы по САПР РЭА (системам автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры) при Комиссии Росатома по микроэлектронике, созданной ещё в 1964 году в СССР. ФГУП «ВНИИА» (Москва). 23 апреля 2025 года.**

Доклады:

1. Тема: «АСОНИКА. Роль и место в развитии и внедрении в промышленность российских САПР электроники и их стандартизации». Организация – ООО «НИИ «АСОНИКА». Докладчик – Шалумов Александр Славович, генеральный директор.

2. Тема: «Новый вектор развития промышленного программного обеспечения Госкорпорации «Росатом». Организация – ГК «Росатом». Докладчик – Мартынов Сергей Владимирович, директор программы «Промышленные решения».

3. Тема: «Кроссплатформенные версии продуктов ЭРЕМЕКС. Новый инструмент – система анализа целостности сигналов на печатной плате SimPCB. Планы по развитию продуктов компании». Организация – ООО «Эремекс». Докладчик – Волков Иван Николаевич, ведущий инженер по применению ECAD систем.

4. Тема: «Разработка ПЛИС и СБИС в отечественных САПР». Организация – ООО «Эремекс». Докладчик – Малышев Никита Максимович, руководитель проекта системы цифрового моделирования и синтеза.

5. Тема: «Новые разработки от T1 для инженерного анализа электроники: Целостность питания и сигнала, СВЧ и НЧ Электромагнетизм, Фотоника». Организация – ООО «T1 Интеграция». Докладчик – Кириченко Владимир Максимович, менеджер по продукту.

6. Тема: «Разработка системы автоматизированного проектирования электрических схем». Организация – ФГУП «ВНИИА».

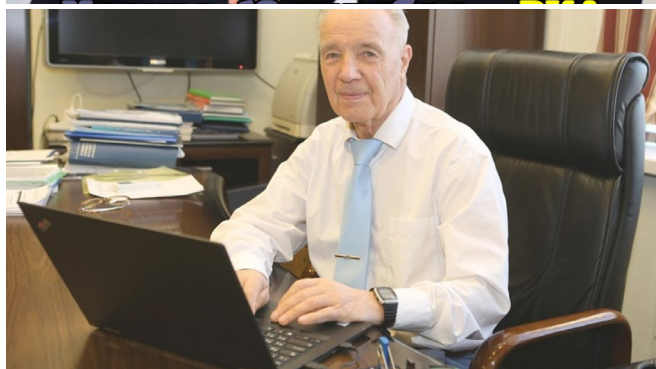
*Докладчик – Мяндин Дмитрий Алексеевич, главный специалист.*

На заседании присутствовал председатель Комиссии Росатома по микроэлектронике Бармаков Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор, первый заместитель научного руководителя ФГУП «ВНИИА». Бармаков является председателем Комиссии со дня её основания, то есть уже 61 год. Юрий Николаевич Бармаков – советский и российский учёный в области микроэлектроники и ядерных боеприпасов. Несмотря на свой солидный возраст (93 года), он продолжает активно работать на благо России.

**Между Бармаковым и Шалумовым состоялся очень продуктивный разговор, в ходе которого Бармаков горячо поддержал многолетнюю деятельность Шалумова по развитию отечественных САПР электроники и предложил свою помощь.**



Указом Президента Российской Федерации выдающемуся разработчику ядерного оружия, директору Института физико-технических интеллектуальных систем НИЯУ МИФИ, доктору технических наук, профессору Юрию Николаевичу Бармакову присвоено звание Герой Труда Российской Федерации (2022).



Первый зам. научного руководителя ВНИИА  
Юрий Бармаков и генеральный директор ГК  
«Росатом» Алексей Лихачев

Юрий Николаевич Бармаков – выпускник приборостроительного факультета МИФИ 1955 года. Более 60 лет своей жизни отдал Всероссийскому научно-исследовательскому институту автоматики имени Духова (ВНИИА), директором которого он был более 20 лет (в 1987–2008 гг.).

Все награды и научные регалии Юрия Николаевича трудно перечислить. Крупнейший специалист по микроэлектронике, Заслуженный деятель науки Российской Федерации (2002). Лауреат Ленинской премии (1983) и Государственной премии СССР (1968), кавалер многих орденов, он является автором более 500 научных работ, ему принадлежит большое число оригинальных разработок. Ю.Н. Бармаков основал научную школу в области создания ядерных боеприпасов и средств их контроля.

С июля 2018 года Юрий Николаевич является директором Института физико-технических интеллектуальных систем (ИФТИС) НИЯУ МИФИ, где под его руководством создана современная лабораторная база, были запущены новые программы обучения, студенты получили возможность проходить оплачиваемые стажировки на предприятиях ГК «Росатом».

По его инициативе НИЯУ МИФИ совместно с другими ВУЗами начал создавать Научно-образовательные центры для повышения качества инженерной подготовки выпускников.

**Побольше бы таких людей среди лиц, принимающих в России от имени государства решения в области САПР электроники! Тогда бы мы стали мировыми лидерами в области САПР электроники.**

**P.S.**

Накануне выхода журнала 12 октября 2025 года российская наука и оборонная промышленность понесли невосполнимую утрату. На 94-м году жизни скончался Юрий Николаевич Бармаков. Всё научное и оборонное сообщество России выражают глубочайшее соболезнование в связи с кончиной Юрия Николаевича. Это невосполнимая утрата. Ушёл из жизни человек, который формировал не только будущее оборонной науки, но и был символом преданности долгу, высочайшего профессионализма и глубокой мудрости. Его память навсегда останется в сердцах тех, кто знал его лично, и в истории страны, чью безопасность он обеспечивал своим трудом и гением. Его ученики и последователи продолжают дело, которому он посвятил всю свою жизнь, сохраняя и развивая научные школы, созданные под его влиянием и руководством.



## Результаты опроса о закупках отечественных САПР электроники предприятиями и вузами

*Служба актуальной информации*

Крупнейший российский интегратор провёл опрос ведущих предприятий ОПК и вузов на тему приобретения ими отечественных САПР электроники, не имеющих зарубежных аналогов. Результаты получились очень интересные.

### По предприятиям ОПК:

1. Неоднократно поднимали вопрос с тестированием отечественных САПР электроники, заказчик все время откладывает этот вопрос, ссылаясь на занятость и нехватку бюджета. На этот год у клиента нет денег, всё бюджетируют на 2026 год.

2. Комментарии клиента: «Сейчас активно идем в сторону импортозамещения систем класса CAD и внедрения PLM. Ресурсов тестировать отечественные САПР электроники сейчас нет. Но мы их на будущее рассматриваем посмотреть».

3. Заказчик закупается только по субсидиям Минпромторга. Собственные деньги тратить не хочет. Все закупки клиент перенес на 2026 год.

4. Неоднократно поднимали вопрос о внедрении отечественных САПР электроники на предприятии. Клиент сейчас делает упор на искусственный интеллект. Сейчас планируют закупки ПО, где внедрен ИИ.

5. В этом году заказчик очень сильно урезал бюджет, будут приобретать только продление текущих поддержек к ПО. Цены на отечественные САПР электроники подавали, но клиент не включил их в бюджет этого года.

6. Вышли на отдел расчётчиков. Они делают расчёты в иностранных решениях. Сейчас пытаемся проработать проект по импортозамещению. Заказчик сейчас активно замещает CAD и PLM, закупки САПР

у них проходят через субсидии Минпромторга. В конце года начнем прорабатывать сделку на замещение расчётного ПО и формировать новую заявку на субсидии.

7. Заказчик покупает ПО по субсидиям Минпромторга. В конце августа отправили субсидии на CAD, сейчас в первую очередь идет замена CAD-решений. Вторым этапом как раз запланирована замена CAE-решений, т.к. пока инженеры ведут расчёты в иностранном ПО, которое на текущий момент еще работает. Будем на втором этапе затягивать отечественные САПР электроники.

**И т.д. И. т.п. Полный бардак! Интегратор: «Сейчас многие клиенты урезают бюджеты на покупку ПО, такая тенденция идет по всем направлениям САПР. Сейчас в основном закупки проходят по субсидиям Минпромторга, но это достаточно долгая процедура и срок сделки как минимум 6 месяцев. Скорее всего все сделки уже уйдут на следующий 2026 год, т.к. заявку на субсидию нужно было подать до 1 сентября, многие заказчики не успели ее оформить».**

По вузам, которые готовят специалистов для предприятий ОПК:

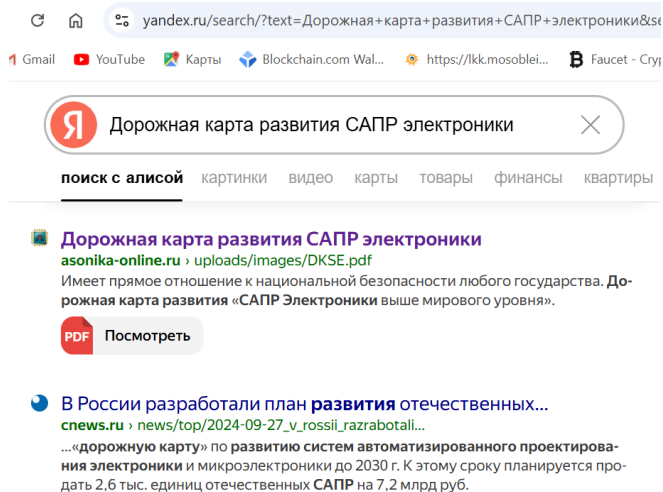
**От интегратора: «На этой неделе мы общались с руководителями, которые отвечают за ВУЗы. С их слов ВУЗы стараются максимально возможно пока не закупать отечественное ПО, т.к. Министерство образования пока не сильно настаивает на импортозамещении ПО. Мы также лично общались с несколькими ВУЗами, где мне эти же слова и подтвердили».**



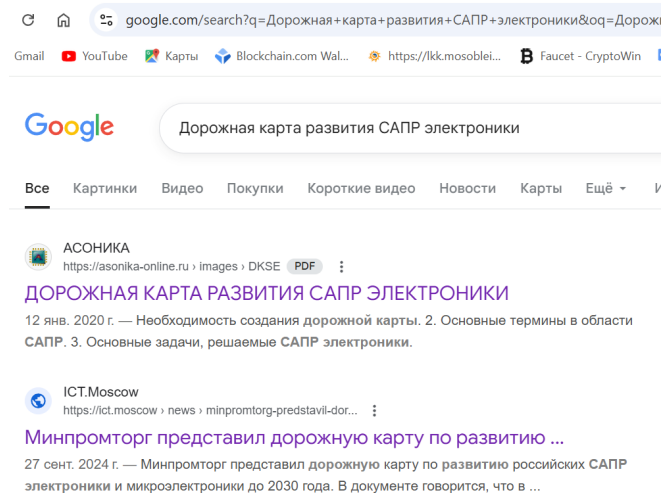
# Дорожные карты развития САПР электроники и микроэлектроники

*Служба актуальной информации*

Если в поисковой системе Яндекс набрать «Дорожная карта развития САПР электроники», то мы увидим следующее:



Если в поисковой системе Гугл набрать «Дорожная карта развития САПР электроники», то мы увидим следующее:



В обоих случаях на первое место выходит ДОРОЖНАЯ КАРТА РАЗВИТИЯ «САПР ЭЛЕКТРОНИКИ ВЫШЕ МИРОВОГО УРОВНЯ», разработанная в 2020 году академиком Шалумовым А.С., имеющим опыт более 40-ка лет разработки и внедрения в промышленность САПР электроники АСОНИКА, а также первых национальных стандартов в области САПР электроники.

Данная дорожная карта была разослана во все госкорпорации, на все предприятия, разрабатывающие электронику, и во все вузы, готовящие специалистов в области электроники. То есть прошла самое широкое обсуждение среди специалистов. У всех была возможность в течение 3-х месяцев дать свои замечания и предложения. Окончательный вариант выложен в свободном доступе на официальном сайте ООО «НИИ «АСОНИКА» (<https://asonika-online.ru/news/432/>), где также располагаются страницы российского научно-практического журнала «САПР электроники» и технического комитета по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники». Представленная в п.5 структура САПР электроники мирового уровня полностью реализована силами специалистов ООО «НИИ «АСОНИКА» за собственные средства без привлечения бюджетного финансирования. При этом многие предприятия приобрели и используют систему АСОНИКА.

Подобного обсуждения не проходила вторая дорожная карта, разработанная Минпромторгом в 2024 году. Конкретный автор её неизвестен. Её проект не направлялся российским разработчикам САПР электроники с многолетним стажем. Фамилии выдающихся российских учёных – разработчиков САПР электроники отсутствуют. Ведущие российские научные школы в области САПР электроники, годами внедряющие свои программы на российских предприятиях, отсутствуют. Зато запрошены вперёд на 5 лет бюджетные миллиарды, указано нереальное количество разрабатываемых САПР, зачем-то притянут за уши искусственный интеллект и определены длительные сроки исполнения. Похоже на фантастику, за которую хотят получить государственные деньги в больших объёмах. Поэтому и разработка карты происходила тайно, чтобы никто не знал. Да и са-

мой карты в открытом доступе нет. Очень напоминает ситуацию со строительством фортификационных сооружений в Курской области после начала СВО при покойном губернаторе Старовойте. Как бы и концовка в случае с картой не оказалась такой же. Ведь от САПР электроники сегодня напрямую зависит обороноспособность всей страны, а не только Курской области.

Объективности ради мы попросили искусственный интеллект высказаться о второй дорожной карте, так как самой карты никогда не было и сейчас нет в открытом доступе. И вот, что сказала Алиса (приводим жирным шрифтом без наших комментариев по каждому пункту, чтобы не навязывать своего мнения. Делайте выводы сами):

**«В сентябре 2024 года сообщалось, что Минпромторг представил «дорожную карту» развития систем автоматизированного проектирования (САПР) микроэлектроники до 2030 года. kommersant.ru computerra.ru**

**Некоторые пункты плана:**

- **Создание 100 новых САПР, в том числе для разработки микросхем по топологии 28 нм. kommersant.ru computerra.ru**

- **Продажа 2,6 тыс. единиц ПО к 2030 году. kommersant.ru cnews.ru**

- **Применение искусственного интеллекта в САПР после 2030 года. kommersant.ru cnews.ru**

- **Затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) по «дорожной карте» – 54,6 млрд рублей до 2030 года. kommersant.ru cnews.ru**

- **Ожидаемая выручка от продаж новых САПР к 2030 году – 7,2 млрд рублей. kommersant.ru computerra.ru**

**Разрабатываемые САПР должны поддерживать те технологии, которые доступны в России. При этом новые САПР будут универсальными и смогут работать с оборудованием не только отечественных, но и зарубежных производителей. computerra.ru**

**Одним из разработчиков российских САПР указано НПО «КИС» (дочерняя**

**структура «Росатома»).** cnews.ru

**По информации на 2025 год, Минпромторг России наметил ряд инициатив для развития систем автоматизированного проектирования (САПР):**

- **Запуск трёх новых опытно-конструкторских работ (ОКР), направленных на повышение технологического уровня проектирования.**

- **Включение отечественных САПР в балльные критерии оценки уровня локализации российской элементной базы в рамках постановления Правительства РФ №719.**

- **Разработка и утверждение программы стандартизации в сфере систем автоматизированного проектирования, направленной на унификацию требований к отечественным решениям.**

- **Рассмотрение возможности корректировки нормативных требований, чтобы создать дополнительные стимулы для увеличения спроса на российские САПР. dzen.ru».**

Как видно, здесь заявлено о стандартизации в области САПР электроники. Однако обсуждение и согласование со специализированным техническим комитетом по стандартизации ТК 165 «САПР электроники» не проводилось. Члены ТК 165 вообще не были в курсе. Также информация о дорожной карте не была направлена для публикации в 5-м номере (ноябрь 2024 года) единственного профильного российского научно-практического журнала «САПР электроники», зарегистрированного в Роскомнадзоре, – периодического издания технического комитета по стандартизации ТК 165 «САПР электроники» (Росстандарт). Информация о журнале направляется всем профильным предприятиям, корпорациям, министерствам России. И, если бы проект дорожной карты был размещён в журнале, он был бы обсуждён всеми заинтересованными лицами в России. И это было бы на благо российской электроники.

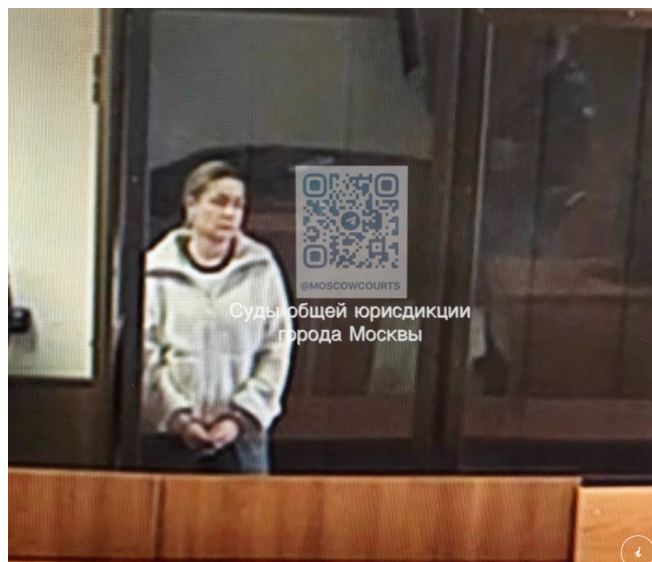
Кроме того, в ТК 165 сосредоточены ведущие разработчики-патриоты САПР электроники с многолетним стажем. И с ними не обсуждали дорожную карту. Зато обсуждали с бывшими работниками Си-

менса, ушедшего из России после начала СВО и глубоко враждебного сегодня нашей стране, которые уже сейчас получают миллиардные субсидии Минпромторга на разработку САПР. Эти работники открыто заявляли на российских конференциях, что задолго до начала СВО продали Родину и перешли в Сименс. А потом, когда пахло жареным, вернулись опять в Россию, чтобы зарабатывать деньги и выдавливать истинных российских разработчиков-патриотов САПР электроники, которые всегда работали только в интересах России. Раньше они это делали открыто, лоббируя интересы Запада внутри России с помощью продажных чиновников-предателей. А сейчас они пытаются внедриться в оборонную промышленность России втихаря, под патриотическим лозунгами. Как известно, Европейский союз готовится к войне с Россией. И такие действия разлагают российскую оборонную промышленность изнутри. Таким образом, Минпромторг был введён в заблуждение определённой группой лиц внутри министерства, представившей так называемую «дорожную карту», которые никакого отношения ни к САПР электроники, ни к их стандартизации скорее всего не имеют. По приведённому тексту этой карты видно также, что и базового высшего технического образования (об учёных степенях и звания речь даже не идёт) они тоже скорее всего не имеют, а взялись за важную государственную задачу, нерешение которой соизмеримо с мошенничеством, вредительством и, в условиях СВО, с государственной изменой. Похоже на профанацию, сопряжённую с попыткой любым путём получить 54,6 млрд. бюджетных рублей до 2030 года.

Удивительно, искусственный интеллект Алиса знает, а специалисты не знают. Представим себе, что некая группа обсуждает создание атомной бомбы, а Курчатов не в курсе. Или некая группа обсуждает создание космического корабля, а Королёв не знает.

А вот конкретный пример преступления и наказания персонажа, желавшего также получить на электронику и САПР огромные бюджетные средства в ущерб России

и в интересах Запада и сидящего сейчас в тюрьме за мошенничество ([https://www.tadviser.ru/index.php/Персона:Фомина\\_Алёна\\_Владимировна](https://www.tadviser.ru/index.php/Персона:Фомина_Алёна_Владимировна)):



### 2015

В начале 2015 года генеральный директор ЦНИИ «Электроника» Алёна Фомина была избрана членом-корреспондентом Академии военных наук. Несколько научных статей с ее соавторством вышли в ежеквартальном журнале «Mediterranean Journal of Social Sciences», индексируемом в крупнейшей международной базе данных Scopus. Под ее руководством сотрудниками Института было завершено 13 крупных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, еще 4 работы находятся на стадии завершения.

В течение года выходили публикации с комментариями Алёны Фоминой в центральных СМИ, в частности она высказалась по тематике посткризисного восстановления, отметив усилия предприятий для нивелирования негативных последствий кризиса. Комментарий вышел в газете «Коммерсант». Еще один комментарий в газете «Ведомости» Алёны Фоминой касался вопроса противодействия старению кадров в радиоэлектронной отрасли. На примере Института Алёна Фомина рассказала о мотивации молодых сотрудников, организации для них дополнительного обучения и общения с ведущими экспертами. Так, в



**Институте для молодежи проводятся еженедельные лекции по радиоэлектронике, которые читают доктора технических наук.**

**К концу года существенно вырос индекс Хирша у генерального директора ЦНИИ «Электроника» Алёны Фоминой. Буквально за год он вырос до 8 [соизмеримо с индексом Хирша Нобелевского лауреата Жореса Алфёрова]. Данный наукометрический показатель используется в мире для оценки научной продуктивности ученых. Кроме того, показатель научных статей Института в системе РИНЦ в текущем году достиг рекордных 108 публикаций. В 2014 году этот показатель был почти в 2,5 раза ниже уровня 2015 года.**

К сведению ([https://cyclowiki.org/wiki/Алёна\\_Владимировна\\_Фомина](https://cyclowiki.org/wiki/Алёна_Владимировна_Фомина)):

Алёна Фомина Родилась 28 июля 1977 г. в г. Вильнюсе [столице Литвы, ныне враждебной нашей стране]. В 1999 г. окончила экономический факультет Санкт-Петербургского государственного университета. [То есть базового высшего технического образования она не имеет! Как же она при этом могла стать генеральным директором ЦНИИ «Электроника»? Кто её пролоббировал на такую высокую и важную для страны должность?]

С 2005 по 2007 гг. работала в Компании «БДО Юникон Консалтинг» в должности директора направления стратегического консалтинга.

С 2007 по 2013 гг. – исполнительный директор ООО «Milestone», входящего в группу компаний КомпьюЛинк.

С 2011 по 2013 гг. – советник Директора Департамента радиоэлектронной промышленности Министерства Промышленности и Торговли РФ по вопросам:

- разработки Стратегии развития радиоэлектронной промышленности РФ до 2030 года;

- разработки и сопровождения реализации Государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности до 2025 года»;

- построения модели управления промышленностью;

- создания единой методологии привлечения зарубежных партнеров;

- создания концепции единой отраслевой информационной базы.

С 2013 по 2014 гг. – советник Генерального директора ОАО «Российская электроника» по стратегическому развитию и реализации государственных программ.

С марта 2014 г. – генеральный директор ЦНИИ «Электроника» – уникального информационно-аналитического центра отечественной и зарубежной радиоэлектроники, координирующего деятельность предприятий и организаций электронной промышленности в области экономики, научно-технической политики и международного сотрудничества.

#### **2025:**

**Приговор – 7,5 лет колонии за мошенничество на 150 млн рублей**

**19 февраля 2025 года Тушинский суд Москвы вынес приговор в отношении бывшего генерального директора ЦНИИ «Электроника», экс-советника директора Минпромторга РФ Алены Фоминой. Она получила семь с половиной лет колонии за мошенничество.**

Как сообщает газета «Известия», Фомина является фигуранткой уголовного дела о хищении бюджетных средств, выделенных ЦНИИ «Электроника» (входит в госкорпорацию «Ростех») – главному разработчику стратегии развития радиоэлектронной промышленности России до 2030 года. По версии следствия, хищения осуществлялись под видом заключения госконтрактов на оказание «консультационных услуг в области проведения маркетинговых исследований» и на «экспертизу инвестиционных проектов организаций оборонно-промышленного комплекса».

**Экс-главу подведомственного «Ростеху» ЦНИИ «Электроника» приговорили к 7,5 годам колонии за мошенничество на 150 млн рублей**

В материалах дела говорится, что подрядчиками ЦНИИ «Электроника» в рамках спорных госконтрактов выступали ПАО «Аквасервис» и НПО «Кадетек».

Общий ущерб оценивается более чем в 150 млн рублей.

Фомина признана виновной в совершении преступлений, предусмотренных ч. 4 ст. 159 УК РФ – мошенничество, совершенное организованной группой либо в особо крупном размере. Такие деяния наказываются лишением свободы на срок до 10 лет со штрафом в размере до 1 млн рублей. Фомина приговорена к 7 годам 6 месяцам лишения свободы в колонии общего режима и штрафу.

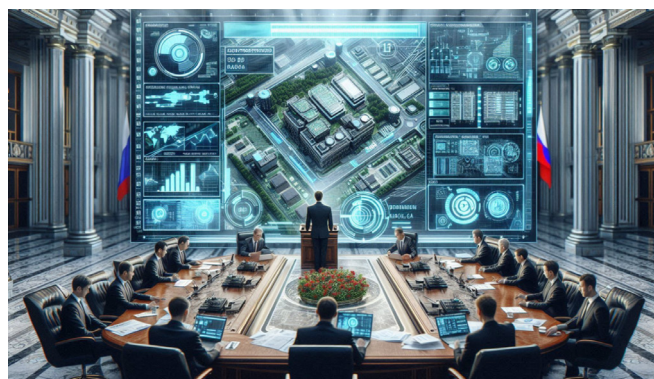
По делу также проходят бывший замруководителя департамента радиоэлектроники Минпромторга Антон Исаев и гендиректор ПАО «Аквасервис» Иван Курчатов. Последний приговорен к 6 годам 6 месяцам лишения свободы в колонии общего режима и штрафу, он был взят под стражу в зале суда. Как отмечает ТАСС, другие фигуранты по делу также признаны виновными, им назначены различные сроки наказания. Размер штрафов в отношении подсудимых варьируется от 1 млн до 1,6 млн рублей.

Минпромторг РФ заказал независимую экспертизу создания российских САПР (<https://habr.com/ru/news/907308/>).

Как выяснил Cnews ([https://importfree.cnews.ru/news/top/2025-05-05\\_minpromtorg\\_zakazal\\_storonnyuyu](https://importfree.cnews.ru/news/top/2025-05-05_minpromtorg_zakazal_storonnyuyu)), Минпромторг выделил **19 млн руб. на проверку работ по созданию и развитию инструментов систем автоматизированного проектирования (САПР) для изделий микроэлектроники. Тендер в формате открытого конкурса был опубликован 30 апреля 2025 г.** Экспертиза нужна для контроля качества работ по созданию САПР для электроники и микроэлектроники. Проверять будут все этапы: от планирования до результатов. Работы должны закончить **до 30 ноября 2026 года.**

Согласно техническому заданию, исполнитель должен будет провести экспертизу результатов третьего этапа ОКР «Создание инструментов САПР для проектирования изделий микроэлектроники», результатов первого этапа ОКР «Программный комплекс реализации цифровых маршрутов базового уровня для проектиро-

вания сверхбольших интегральных схем в единой проектной среде», результатов первого этапа ОКР «Разработка базовой версии САПР сверхвысокочастотных АЗВ5 монолитных и гибридных интегральных схем».



Помимо этого, исполнитель должен будет проверить результаты первого этапа ОКР «Разработка системы автоматизированного проектирования аналоговых микросхем (базовая версия)», результатов второго этапа ОКР «Программный комплекс реализации цифровых маршрутов базового уровня для проектирования сверхбольших интегральных схем в единой проектной среде» и «Разработка базовой версии САПР сверхвысокочастотных АЗВ5 монолитных и гибридных интегральных схем», а также результатов второго этапа ОКР «Разработка системы автоматизированного проектирования аналоговых микросхем (базовая версия)».

Помимо экспертизы, исполнитель должен будет подготовить предложения по доработке результатов выполненных работ по контракту, а также по отдельным его этапам, в том числе созданного программного обеспечения и его компонентов. А также оказать экспертную поддержку заказчика для приемки результатов выполненной работ и услуги по экспертизе способов охраны результатов интеллектуальной деятельности, созданных в рамках государственного контракта.

Сейчас российские дизайн-центры в основном используют софт от американских Synopsys и Cadence. Они присоединились к антироссийским санкциям, прекратили продажи и техподдержку.



## **Интервью академика Шалумова о САПР электроники, данное им в 2025 году ведущему российскому изданию**

### **1. Санкции и текущая ситуация**

**Как западные санкции повлияли на доступ российских разработчиков микроэлектроники к зарубежным САПР (Cadence, Synopsys, Siemens EDA и др.)? Кто был лидером до 2022 года? Какие основные сложности возникли у индустрии?**

Здесь надо говорить о 4-х основных направлениях применения САПР электроники:

Во-первых, это САПР печатных плат. Здесь лидером остается австралийская САПР Altium Designer, которую продолжает использовать большинство разработчиков. Меньше используются американские системы Mentor Graphics и Cadence. Определяющими моментами в использовании САПР являются база данных электронной компонентной базы и сопряжение с технологическим оборудованием. Зарубежные системы ориентированы на ЭКБ, представленную на соответствующих рынках и лишь частично доступные сейчас российским компаниям. Поэтому импортозамещение здесь в настоящее время практически невозможно.

Во-вторых, это САПР интегральных микросхем. Американская САПР Mentor Graphics является наиболее распространенной. Определяющим моментом здесь является наличие современных технологий производства интегральных микросхем. Полностью российских подобных технологий нет. Поэтому и полноценных российских САПР интегральных микросхем нет, и вряд ли они в ближайшее время появятся.

В-третьих, САПР электроники в части виртуальных испытаний электроники на внешние воздействия и надежность, создания карт рабочих режимов ЭКБ. Ведущим российским решением в этой сфере является программное обеспечение АСОНИКА, в состав которой входит актуальная база данных ЭКБ. Система аттестована Министерством обороны РФ и регламентирована национальными стандартами РФ.

В-четвертых, надо отметить и САПР электроники в части моделирования электрических процессов (СПАЙС-моделирование). Практически все имеющиеся зарубежные САПР печатных плат, используемые на российских предприятиях, содержат такие возможности. Но практически нигде в России не используются. Основными причинами можно считать отсутствие полноценных методик обучения в вузах, полноценной базы данных СПАЙС-моделей зарубежной ЭКБ, которая сейчас в основном и применяется в российской электронике, а также практическое отсутствие СПАЙС-моделей отечественных микросхем.

### **2. Стратегии адаптации**

**Какими способами компании и вузы сейчас замещают иностранные САПР? Используют ли открытые аналоги (например, KiCad, Qucs), отечественные разработки или нелегальные копии? Насколько эти решения эффективны?**

Здесь приходится констатировать полный хаос. Создается ощущение, что никакой государственной политики в этом направлении нет. Разработчики используют то, что имеется или не используют ничего, как в случае со СПАЙС-моделированием. Программы в вузах «Приоритет 2030» и «Передовые инженерные школы» никак не решают эти задачи.

### **3. Национальная САПР электроники. Проблемы разработки и внедрения**

Разговор о национальной САПР, интегрированной с каталогами доступной на рынке ЭКБ, идет уже около 10 лет. Пару раз даже объявлялось о ее скором запуске. Сейчас, в условиях, переориентации цепочек поставок ЭКБ, это важно. Почему не удастся создать такой продукт? С какими основными трудностями сталкиваются российские разработчики САПР? (Нехватка экспертизы, проблемы с лицензированием, интеграцией в

**существующие процессы, поддержкой современных технологических норм).**

Дискуссия о национальной САПР идет более 30-и лет. Я неоднократно обращался в высшие эшелоны власти, в профильные федеральные органы исполнительной власти, в госкорпорации и государственные научные фонды, промышленные предприятия и вузы. Об этом постоянно пишет журнал «САПР электроники», главным редактором которого я являюсь. К сожалению, ни ответов, ни решений нет.

Могу назвать только 2 причины.

Во-первых, изначально государством не были собраны в одну государственную структуру уцелевшие после 1991-го года отечественные научные школы в области САПР электроники. А именно с этого нужно было начинать. В результате много специалистов выбыли по возрасту, а многие переместилась в ведущие зарубежные профильные компании (в США, Германии, Франции). Меньшая их часть продолжила работу в России исключительно за собственные средства и в инициативном порядке.

Во-вторых, у государственных структур, которые должны управлять процессом стимулирования создания национальной САПР, банально не хватает экспертизы.

#### **4. Поддержка государства**

**Как государство помогает развитию отечественных САПР? Достаточно ли мер (например, гранты, субсидии, сотрудничество с вузами), или есть проблемы в поддержке?**

Поддержка сегодня не работает. Гранты и субсидии не работают в области разработки САПР электроники, так как правила их получения, в том числе их заявительный характер, формальные требования по финансово-экономическим показателям, не дают их получить реальным разработчикам российских САПР электроники. Вузы получают огромные деньги по программам «Приоритет 2030» и «Передовые инженерные школы», но не покупают и не внедряют в учебный процесс отечественные САПР электроники.

Ситуацию с САПР электроники в Рос-

сии можно признать критической. Это подтверждается словами Заместителя министра промышленности и торговли В.В. Шпака на форуме «Микроэлектроника 2023», где он оценил долю российского ПО в области САПР электроники всего 3% [1]. Думаю, что эта цифра не сегодня не изменилась.

Академик РАН А.Л. Стемпковский считает, что «если у вас нет собственной САПР электроники, то у вас, скорее всего, нет и собственной полноценной разработки» [2] – самолёта, вертолёт, беспилотной авиационной системы, космического корабля, ракеты, подводной лодки, танка, автомобиля, атомной электростанции, компьютера, системы искусственного интеллекта и т.д. Поэтому развитие российских САПР электроники должно быть в центре внимания соответствующих регуляторных органов.

[1] Шпак В.В. Национальная электроника – основа технологического суверенитета, 2023. – Режим доступа: [https://rg.ru/2023/10/10/vasilij-shpak-nacionalnaia-elektronika-osnova-tehnologicheskogo-suvereniteta.html?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=desktop&utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fdzen.ru%2Fnews%2Fsearch%3Ftext%3D](https://rg.ru/2023/10/10/vasilij-shpak-nacionalnaia-elektronika-osnova-tehnologicheskogo-suvereniteta.html?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&utm_referrer=https%3A%2F%2Fdzen.ru%2Fnews%2Fsearch%3Ftext%3D)

[2] Стемпковский А.Л. Микроэлектронный САПР: вчера, сегодня, завтра, 2015. – Режим доступа: [https://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=17837](https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17837)

#### **5. Работа с legacy-проектами**

**Как предприятия решают проблему поддержки старых проектов, созданных на зарубежных САПР? Есть ли инструменты конвертации или эмуляции?**

По моим данным таких инструментов нет. Их некому создавать. Да и сами старые проекты некуда конвертировать, так как реальных отечественных аналогов зарубежных САПР электроники нет. Решают проблему двумя путями: продолжают использовать старые версии зарубежных САПР, приобретённые ранее официально (в случае бессрочных лицензий) или используют новые «пиратские» версии зарубежных САПР.

## **6. Совместимость с китайской электронной компонентной базой**

Многие российские предприятия переходят на электронные компоненты из Китая. Насколько отечественные САПР совместимы с библиотеками и моделями китайских микросхем? Есть ли проблемы с интеграцией, и как их решают?

Здесь надо отдельно говорить о трех основных направлениях применения САПР электроники:

Начнем с САПР печатных плат. Наши разработчики могут сами заносить данные для китайских микросхем, если найдут даташиты (ТУ) на них.

Далее – САПР электроники в части виртуальных испытаний электроники на внешние воздействия и надёжность. Наши разработчики также могут сами заносить данные для китайских микросхем, если найдут даташиты (ТУ) на них.

Наконец, поговорим о САПР электроники в части моделирования электрических процессов (СПАЙС-моделирование). Скорее всего, невозможно будет найти СПАЙС-модели китайских микросхем в открытом доступе. Но и для отечественных микросхем их практически нет. Да и с имеющимися СПАЙС-моделями зарубежных микросхем СПАЙС-моделирование практически не проводится на российских предприятиях. Так что это направление никак не зависит от китайских микросхем.

## **7. Профессиональная подготовка специалистов**

С переходом на российские EDA-инструменты остро встаёт вопрос переподготовки инженеров, привыкших к западным решениям. Какие меры сейчас принимаются для обучения специали-

стов? Достаточно ли образовательных программ в вузах, корпоративных курсов от разработчиков САПР или господдержки (например, в рамках нацпроекта «Цифровая экономика»)? Какие навыки становятся ключевыми в новых условиях?

Единой государственной политики в вузах в области обучения работе с САПР электроники нет и в ближайшее время не предвидится.

В разработанной еще в 2020 году при моем участии Дорожной карте развития «САПР электроники выше мирового уровня» изложены основные требования к уровню разработчиков САПР электроники, уровню руководителей разработки, уровню пользователей таких систем. К сожалению, в основной своей массе вузы не следуют этим рекомендациям. Поэтому с точки зрения САПР электроники запущенные в вузах программы «Приоритет 2030» и «Передовые инженерные школы» пока не приносят должного результата. Начинать нужно было с создания государственного Центра «САПР электроники», которого в России до сих пор нет.

Есть отдельные активные преподаватели в российских вузах, которые по своей инициативе прошли обучение в Центре компетенций разработчика САПР «АСОНИКА» в области моделирования и виртуальных испытаний электронной компонентной базы и электронной аппаратуры на внешние воздействия. И именно они внедряют в учебный процесс отечественный опыт в этой сфере. Но таких немного. Совместно с Новой Инженерной школой мы внедрили практику повышения квалификации инженеров, заинтересованных в применении российских инструментов проектирования.

УДК 621.865:8:007.52:006.354

## АСОНИКА. Стратегический путь развития

**Шалумов Александр Славович**

Главный редактор журнала «САПР электроники», Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», Председатель технического комитета по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники» (Росстандарт), академик Международной академии информатизации, профессор, доктор технических наук, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Почетный работник науки и техники РФ

<https://asonika-online.ru/>

[als@asonika-online.ru](mailto:als@asonika-online.ru)

### Аннотация

В статье рассмотрены следующие вопросы: история создания Автоматизированной системы обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА; научная школа основоположника советской микроэлектроники; научная школа «АСОНИКА»; становление НИИ АСОНИКА; внедрение системы АСОНИКА в России; подготовка специалистов по системе АСОНИКА; стандартизация; публикации по системе АСОНИКА; зарубежный опыт.

**Ключевые слова:** моделирование, виртуальные испытания, электроника, стандартизация, САПР.

## ASONIKA. Strategic Development Path

**Shalumov A.S.**

### Abstract

The article considers the following issues: the history of the creation of the Automated system for ensuring the reliability and quality of equipment ASONIKA; the scientific school of the founder of Soviet microelectronics; the ASONIKA scientific school; the formation of the ASONIKA Research Institute; the implementation of the ASONIKA system in Russia; training of specialists in the ASONIKA system; standardization; publications on the ASONIKA system; foreign experience.

**Keywords:** modeling, virtual tests, electronics, standardization, CAD.

### Введение

В далёкие 70-е годы советский учёный **Кофанов Юрий Николаевич**, ныне доктор технических наук, профессор МИЭМ НИУ ВШЭ, изучая зарубежные статьи, обнаружил, что один американский учёный обозначил как архиважное направление в электронике – создание автоматизированной системы комплексного моделирования электроники на внутренние и внешние воздействия. Электроника – это сложнейшая система. В отличие от труб и мостов она со-

стоит из электронных компонентов, каждый из которых сам представляет из себя сложную систему. А когда таких компонентов много, то система из набора компонентов усложняется многократно. В этой системе протекают сложные взаимосвязанные физические процессы – электрические, электромагнитные, механические, тепловые, радиационные. Со временем электронная компонентная база усложняется, а значит усложняется и сама система. Современное оружие, атомные электростанции и другие



стратегические объекты, а также беспилотные летательные аппараты управляются электроникой. Отказ электроники приводит к отказу объекта, который может иметь катастрофический исход. Поэтому при проектировании такой электроники нужно учитывать все внешние и внутренние факторы, а также их взаимосвязь. Чем сложнее электроника, тем большие вычислительные ресурсы требуются для моделирования электроники. И в 70-е годы, и сейчас вычислительные ресурсы несколько отстают от сложности электроники. И это требует применения нестандартных подходов к моделированию, чтобы получить практический результат в кратчайшие сроки. Эти сроки также постоянно сокращаются, учитывая быстрое моральное старение современной электроники.

Юрий Николаевич взялся за создание такой автоматизированной системы в 1979 году в Московском институте электронного машиностроения (МИЭМ), созданном по инициативе Председателя Правительства СССР Алексея Николаевича Косыгина. Назвал её АСОНИКА – Автоматизированная Система Обеспечения Надёжности и Качества Аппаратуры.

### 1 Олимпиада – 81

В том же 1979 году я поставил перед

собой цель победить в олимпиаде школьников по физике, хотя бы на уровне города Дербента Дагестанской АССР, в котором я тогда жил. Но мне удалось в 1981 году победить не только на уровне города, но и на уровне Дагестана (см. рисунок 1). И я стал участником Всероссийской олимпиады по физике в 1981 году, которая проходила в г. Орджоникидзе (ныне Владикавказе). В той же олимпиаде, но только по математике принимал участие ныне великий математик с мировым именем Перельман. Несмотря на предупреждения, мы с ним вместе поехали на экскурсию по Военной грузинской дороге в марте 1981 года – в самое опасное время, когда происходят горные обвалы. Там потом в результате горного обвала погиб выдающийся российский актёр Сергей Бодров-младший (главная роль в фильмах «Брат», «Брат 2»).

Я учился в обычной средней школе. Моим учителем физики был учитель труда, который заочно закончил институт по физике. А моими соперниками были ученики спецшкол, которые знали физику лучше меня. Их учили решать самые сложные задачи по физике стандартными методами. Я их не знал. Поэтому пришлось на ходу придумывать свои нестандартные методы решения, которые и привели меня к побе-

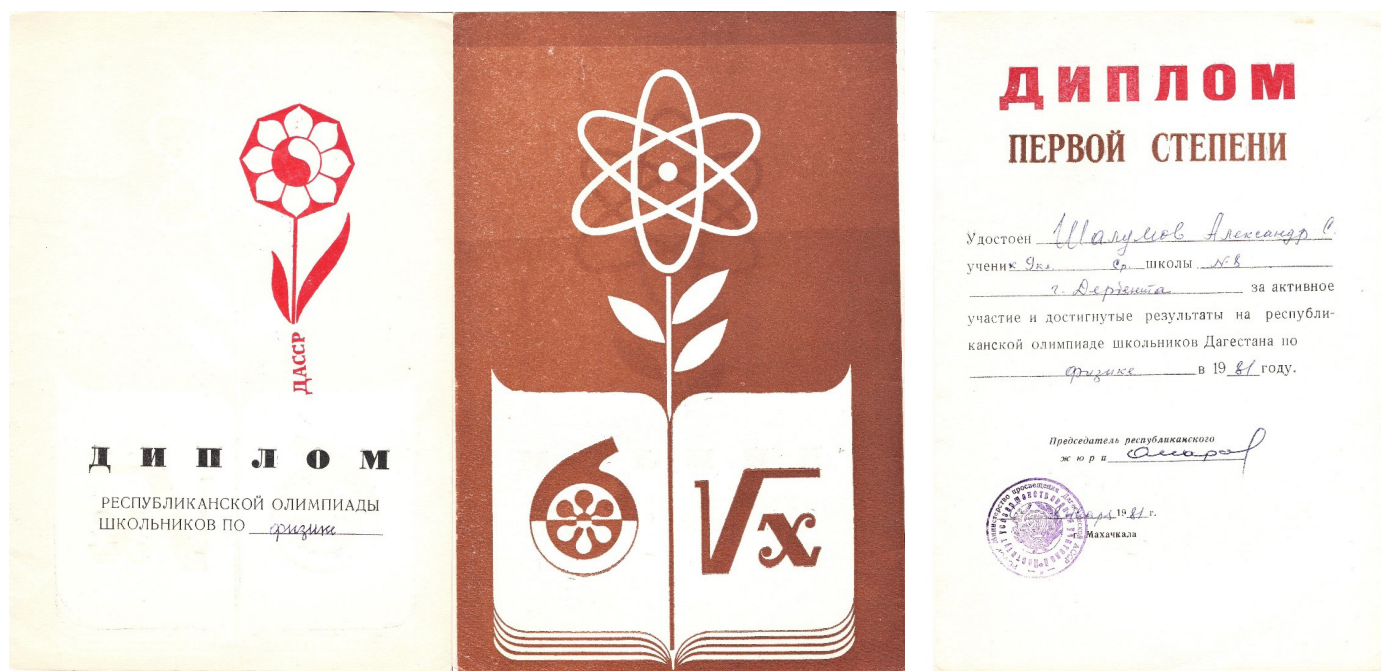


Рисунок 1 – Диплом победителя Республиканской олимпиады по физике

де. В теоретическом туре я победил, решая таким образом задачу по электричеству, а в экспериментальном туре – задачу по механике. Неудивительно, что в дальнейшем темой моего научного исследования в 1983 году в институте стало моделирование влияние механических воздействий на работу электрических схем, что и привело меня в 1988 году в научную школу Кофанова Юрия Николаевича, у которого я защитил и кандидатскую, и докторскую диссертацию в области систем автоматизированного проектирования (САПР) электроники.

## 2 Научная школа основоположника советской микроэлектроники

В 1982 году на первом курсе Владимирского политехнического института я попал в научную школу одного из основоположников советской микроэлектроники **Леонарда Николаевича Колесова** (19.02.1925 – 25.03.1971),

советского радиоинженера, конструктора и педагога, одного из создателей первой советской полупроводниковой микросхемы. Его деятельность способствовала становлению отечественной школы микроэлектроники и развитию технологий интегральных схем в СССР. Он написал одну из первых отечественных книг по микроэлектронике – «Введение в инженерную микроэлектронику» (М., 1974).

В 1962 году был создан межвузовский координационный совет по микроэлектронике под эгидой Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР, председателем которого Колесов был до самой смерти.

В начале 1969 года Колесов перешёл во Владимирский политехнический институт, где до смерти в 1971 году заведовал кафедрой и организовал научную работу по микроэлектронике.

Под его руководством в лабораториях Владимирского политехнического института с 1970 по 1975 год было создано современное для того времени оборудование для изготовления интегральных микросхем: установки вакуумного распыления, линии фотолитографии, диффузионные печи и другие.

Самого Колесова я не застал, но зато застал его учеников, которые приехали вместе с ним во Владимир. Моим научным руководителем стал заведующий кафедрой **Талицкий Евгений Николаевич** (его уже нет в живых) – выдающийся советский учёный, автор теории моделирования электроники на механические воздействия, а также защиты аппаратуры от механических воздействий с помощью демпфирующих материалов. Его учебники стали всесоюзными. Под его руководством я защитил дипломную работу. Также нами совместно была подготовлена и депонирована первая в моей жизни статья – Талицкий Е.Н., Шалумов А.С. Математическое и информационное обеспечение пакета прикладных программ анализа динамических характеристик РЭС/Владим.политехн.ин-т. – Владимир, 1988. – 39с. – Деп. в ЦНТИ «Информсвязь» 31.10.88, № 1441 – св 88. Исходя из этой работы, Кофанов пригласил меня в свою научную школу «АСОНИКА».

## 3 Научная школа «АСОНИКА»

Уже на 4-м курсе института я вошёл со своим программным обеспечением в научный коллектив «АСОНИКА», создав подсистему анализа электронной аппаратуры на механические воздействия АСОНИКА-М. Талицкий был сторонником аналитических методов моделирования, а Кофанов – метода конечных разностей. Поэтому пришлось изучить и внедрить в подсистему АСОНИКА-М данный метод.

Кофанов был учеником Самарского. **Александр Андреевич Самарский** (19.02.1919 – 11.02.2008) – советский и российский математик, академик АН СССР, специалист в области вычислительной математики, математической физики, теории математического моделирования. Самарский – создатель теории операторно-разностных схем, общей теории устойчивости разностных схем. Разработал методы численного решения задач механики, ядерной физики, физики плазмы.

Мне посчастливилось пообщаться с Самарским накануне защиты докторской диссертации. Он познакомился с моей диссертацией и сказал, что у него только одно

замечание – это мой возраст (33 года). Самарский защитил свою докторскую диссертацию в 38 лет и считался самым молодым доктором наук на тот момент. А я, получается, защищаю на 5 лет раньше него. На что я ответил, что не раньше, так как 5 лет он воевал. В 1941 году, после окончания 4 курса, он ушёл добровольцем на фронт – в 8-ю Краснопресненскую дивизию народного ополчения. И, если бы не война, то он бы защитился в 33 года. Мой ответ его устроил, и он мне сказал, что полностью поддерживает меня. Кроме того, он сказал, что, используя метод конечных разностей, он, по поручению Курчатова, провёл виртуальные испытания ядерного взрыва. Самарский был рад, что я продолжаю его дело, моделируя электронику этим же методом.

В период с 1989 по 1994 гг. я развивал систему АСОНИКА в МИЭМ. Затем, защитив кандидатскую диссертацию, приехал в г. Ковров Владимирской области (ныне город Воинской славы), где в Ковровской государственной технологической академии возглавил кафедру «Прикладная математика и САПР», создал аспирантуру по специальности САПР, научную школу, которая в 2014 году получила статус государственной в области знаний «Военные и специальные технологии». В рамках научной школы подготовлено 20 кандидатов технических наук по специальности САПР – разработчиков системы АСОНИКА. Эта научная школа действует в Коврове по сей день. Именно там сегодня находятся разработчики системы АСОНИКА.

В 1993 году мне посчастливилось познакомиться с выдающимся советским учёным А.А. Лапиным, который сильно мне помог в становлении и развитии моего научного направления, жёстко подавив сопротивление консерваторов, мешавших моей научной карьере и развитию системы АСОНИКА. **Александр Альбертович Лапин** (16.12.1920 – 6.09.1998) – учёный в области прикладной механики, разработчик инерциальных навигационных систем для ракетно-космической техники, доктор технических наук, профессор, лауреат Ленинской премии в области науки и техники (1976). Результаты теоретических и практических расчетов и исследо-

ваний, проведенных при участии А. А. Лапина, широко использованы при разработке и испытании систем управления ряда ракет. А. А. Лапин принимал непосредственное участие и впоследствии руководил разработками и испытаниями комплексов командных приборов и чувствительных элементов для советских межконтинентальных баллистических ракет Р-7, Р-9, Р-11, Р-12, Р-16 и др., а также для космических программ Восток, Восход, Союз, Буран, Вега и др.

Он лично пришёл на защиту моей кандидатской диссертации и выступил в мою поддержку, ответив на необоснованные замечания к диссертации. Перед защитой диссертации я несколько раз приходил к нему домой за консультациями. Во время последней консультации я его спросил, достаточно ли материалов для защиты, на что он ответил, что я уже фактически написал 2 диссертации.

Его отец Альберт Янович Лапин (27.05.1899 – 21.09.1937) – советский военачальник, самый молодой командарм Красной армии (1922, 22 года). Награждён орденами Красного Знамени и Ленина. Его именем названа улица Лапина в Москве.

Значительную роль в создании и развитии моей научной школы сыграл **Игорь Петрович Норенков** (19.08.1933 – 31.12.2012), патриарх советских и российских САПР, основатель кафедры «Системы автоматизированного проектирования» (РК6) МГТУ им. Н. Э. Баумана, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат Государственной премии СССР. Его книги по САПР являются для меня настольными. Перед защитой докторской диссертации я приехал к нему за консультациями. До этого мы с ним неоднократно встречались и общались. На мой вопрос, не рано ли я выхожу на защиту докторской в 33 года, он ответил коротко: «Поздно».

Большое значение имело плотное взаимодействие с 22 ЦНИИ МО РФ, начиная с 1990 года. Почти 10 лет я работал в составе комиссии Минобороны по проведению контроля за правильностью применения изделий электронной техники в аппаратуре специального назначения, созданной на базе этого института, применяя при экспер-

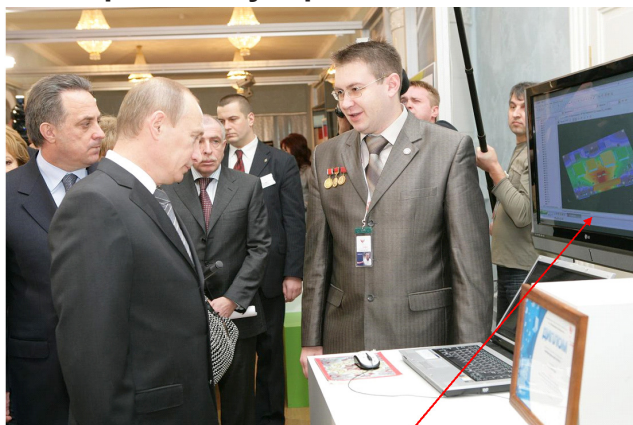


тизе систему АСОНИКА. По результатам этой экспертизы были выпущены руководящие документы военные, регламентирующие применение системы АСОНИКА при проектировании военной электроники с целью замены натуральных испытаний на виртуальные на ранних этапах проектирования. По результатам этой экспертизы система АСОНИКА была аттестована Министерством обороны РФ. Также по результатам этой работы в 2001 году получена **премия Правительства РФ в области науки и техники**.

По результатам внедрения системы АСОНИКА в ПАО «РКК «Энергия» была получена лицензия Роскосмоса. Согласно официальному письму Роскосмоса ООО «НИИ «АСОНИКА» бессрочно может привлекаться для моделирования механических и тепловых процессов в аппаратуре изделий ракетно-космической техники без наличия лицензии и независимо от типа электронного прибора.

**Система АСОНИКА – победитель конкурса Русских инноваций 2009.**

11 декабря 2009 г. в г. Санкт-Петербург во время встречи с финалистами конкурса на соискание Зворыкинской премии в рамках Второго Всероссийского молодёжного инновационного Конвента в Доме молодёжи Васильевского острова г. Санкт-Петербурга Путин В.В. познакомился с системой АСОНИКА, отметив актуальность и важность данной разработки для отечественной промышленности, и рекомендовал профильным министрам оказывать данному проекту всемерную поддержку со стороны государства:



**Автоматизированная система обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА**

В соответствии с Приказом Минкомсвязи России № 455 от 22.09.2016 **сведения о программном обеспечении АСОНИКА включены в единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных**. Ссылка на официальном сайте Минцифры России: [https://reestr.digital.gov.ru/reestr/303239/?sphrase\\_id=702856](https://reestr.digital.gov.ru/reestr/303239/?sphrase_id=702856)

По итогам сессии производителей инновационной продукции в сфере информационных технологий г. Москвы 19 ноября 2019 года **программное обеспечение «Автоматизированная система «АСОНИКА» рекомендовано к внесению в Перечень инновационной, высокотехнологичной продукции и технологий**.

30 июня 2020 Аналитический Центр при Правительстве Российской Федерации признал систему АСОНИКА **победителем конкурсного отбора конкурентоспособных отечественных решений**, преимущественно на базе «сквозных» цифровых технологий, рекомендуемых к тиражированию в субъектах Российской Федерации, в номинации «Цифровое проектирование и моделирование» (<https://asonika-online.ru/news/435/>):

В 2021 Международная IT-ассоциация iCluster признала систему АСОНИКА **победителем онлайн-конкурса IT-решений для будущего** в номинации DATA PLATFORMS/ DIGITAL TWIN 2021.

Автоматизированная система АСОНИКА отмечена на **карте рынка поставщиков IT-решений** для промышленности в сегменте «Основные процессы» в блоке «Цифровое проектирование и конструирование»: <https://asonika-online.ru/news/440/>

#### **4 Становление НИИ АСОНИКА**

В 2001 году я создал Владимирскую областную общественную организацию «Союз молодых ученых». В течение 14-и лет являлся председателем её Правления. В 2001 году, как руководитель данной организации, был приглашён в Государственный Кремлёвский дворец на встречу с Президентом России Владимиром Владимировичем Путиным.

**Проект Союза молодых учёных**



**«АСОНИКА» признан лучшим в области информатики и математики** и удостоен двумя дипломами и медалями IX Международной выставки научно-технических проектов молодежи ЭКСПО-НАУКА 2003, которая проходила во ВВЦ (Всероссийском выставочном центре) с 12 по 19 июля 2003 года в Москве:

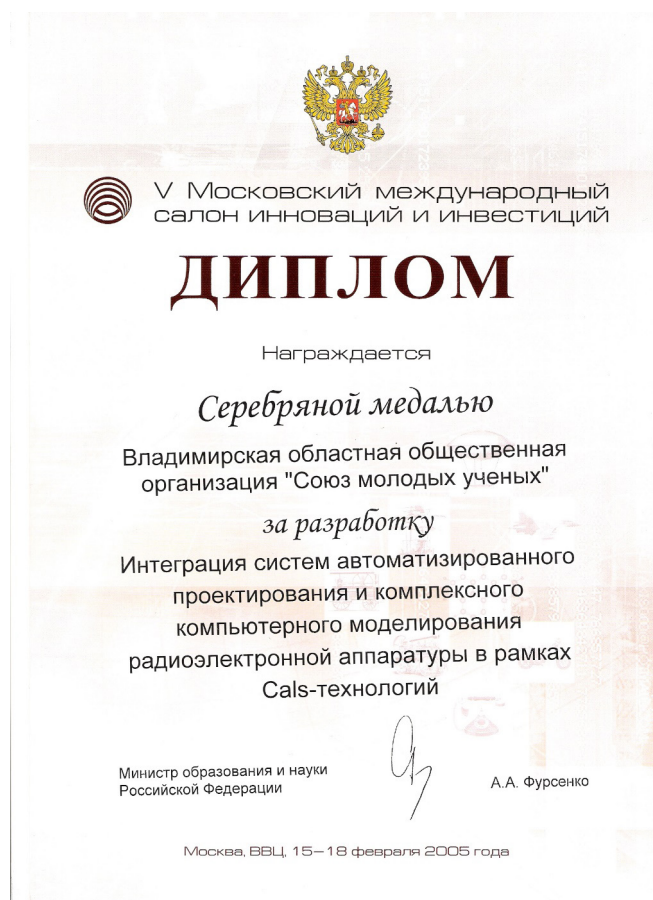


На Всероссийской выставке «Научно-техническое творчество молодежи – 2004» проект **Союза молодых учёных «АСОНИКА»** занял 1-е место по направлению математики и информатики и удостоен **золотой медали «Лауреат Всероссийского выставочного центра»**:



На V Московском Международном салоне инноваций и инвестиций, который проходил 15–18 февраля 2005 года во Всероссийском выставочном центре проект **Союза молодых учёных «АСОНИКА»** в конкурсе инновационных проектов получил

**серебряную медаль и диплом** за подписью министра образования и науки России Фурсенко А.А.:



За проект «АСОНИКА» одним из членов Союза молодых учёных получены **медаль лауреата и диплом первой премии им. С.П. Королева для молодых ученых (2007)**:



За проект «АСОНИКА» одним из членов Союза молодых учёных получены **диплом и медаль лауреата Всероссийского конкурса «Инженер года» (2007):**



С 06.02.2019 ООО «НИИ «АСОНИКА» входит в реестр аккредитованных организаций, осуществляющих деятельность в области информационных технологий.

ООО «НИИ «АСОНИКА» было создано на базе Союза молодых учёных в 2009 году. Именно ООО «НИИ «АСОНИКА» является правообладателем Автоматизированной системы АСОНИКА.

ООО «НИИ «АСОНИКА» является **членом секции № 9** по участию малого и среднего бизнеса в разработке и производстве электронной компонентной базы **при Коллегии Военно-промышленной комиссии Российской Федерации**. ООО «НИИ «АСОНИКА» поручено заниматься вопросами моделирования и виртуализации испытаний электронной компонентной базы на базе системы АСОНИКА.

1 февраля 2021 г. я включён в состав МРГ коллегии ВПК РФ по диверсификации и развитию рыночных механизмов в организациях ОПК в целях импортозамещения и реализации национальных проектов.

ООО «НИИ «АСОНИКА» является **членом Ассоциации «Лига содействия оборонным предприятиям»** и входит в состав Координационного совета разработчиков и производителей радиоэлектронной аппаратуры, электронной компонентной базы и продукции машиностроения Союза машиностроителей России.

26 февраля 2021 г. единогласным решением Ассоциации «Лига содействия оборонным предприятиям» я включён в **Реестр независимых и внешних директоров организаций оборонно-промышленного комплекса**.

ООО «НИИ «АСОНИКА» является членом **Ассоциации Разработчиков Программных Продуктов «Отечественный софт»**.

Заключены соглашения о сотрудничестве с ведущими предприятиями России в области электроники и микроэлектроники. Например, с ОАО «НИИМА «Прогресс». Соглашение подписал временный генеральный директор предприятия Шпак В.В.:

#### СОГЛАШЕНИЕ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ

г. Москва

23 апреля 2015 г.

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт микроэлектронной аппаратуры «Прогресс» (ОАО «НИИМА «Прогресс»), именуемое в дальнейшем «Сторона 1», в лице временного генерального директора Шпака Василия Викторовича, действующего на основании Устава ОАО «НИИМА «Прогресс», с одной стороны, и

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт «АСОНИКА» (ООО «НИИ «АСОНИКА») именуемое в дальнейшем «Сторона 2», в лице генерального директора Шалумова Александра Славовича, действующего на основании Устава ООО «НИИ «АСОНИКА», с другой стороны, в дальнейшем именуемые «Стороны», заключили настоящее Соглашение о нижеследующем:

#### 7. Подписи сторон

Сторона 2:  
ООО «НИИ «АСОНИКА»  
Генеральный директор  
А.С. Шалумов

Сторона 1:  
ОАО «НИИМА «Прогресс»  
Временный генеральный директор  
В.В.Шпак

В соответствии с этим соглашением я был официально назначен советником Шпака В.В. по САПР электроники. Мы очень плотно работали со Шпаком В.В. несколько лет по вопросам внедрения системы АСОНИКА на промышленных предприятиях, обучения специалистов моделированию, организации выставок и конференций. Нами был задуман Российский форум «Микроэлектроника», который с тех пор проводится ежегодно. В этом году Российский форум «Микроэлектроника 2025» проводился в период 21–27 сентября 2025 года на Федеральной территории «Сириус». С 2021 года



Шпак В.В. – заместитель министра промышленности и торговли Российской Федерации (курирует вопросы электроники). Так что наша с ним совместная работа не прошла даром.

Также подписано соглашение о сотрудничестве с АО «ЦКБ «Дейтон»:

#### СОГЛАШЕНИЕ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ

г. Зеленоград

15 12 2016 г.

Акционерное общество «Центральное конструкторское бюро «Дейтон» (АО «ЦКБ «Дейтон»), именуемое в дальнейшем «Сторона 1», в лице генерального директора Рубцова Юрия Васильевича, действующего на основании Устава АО «ЦКБ «Дейтон», с одной стороны, и

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт «АСОНИКА» (ООО «НИИ «АСОНИКА») именуемое в дальнейшем «Сторона 2», в лице генерального директора Шалумова Александра Славовича, действующего на основании Устава ООО «НИИ «АСОНИКА», с другой стороны, в дальнейшем именуемые «Стороны», заключили настоящее Соглашение о нижеследующем:

Сторона 2:

ООО «НИИ «АСОНИКА»  
Генеральный директор

А.С. Шалумов



Сторона 1:

АО «ЦКБ «Дейтон»  
Генеральный директор

Ю.В.Рубцов



В соответствии с этим соглашением разработано 10 национальных стандартов (ГОСТ Р) в рамках технического комитета по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники».

Также подписано соглашение о взаимодействии с ФГУП «МНИИРИП» (ныне ФГБУ «ВНИИР»):

#### СОГЛАШЕНИЕ

о взаимодействии ФГУП «МНИИРИП» и ООО «НИИ «АСОНИКА»

г. Мытищи

«30» марта 2021 г.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Мытищинский научно-исследовательский институт радиоизмерительных приборов» (далее - ФГУП «МНИИРИП») в лице директора Сучкова Константина Игоревича, действующего на основании Устава, и Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт «АСОНИКА» (далее НИИ «АСОНИКА»), в лице генерального директора Шалумова Александра Славовича, действующего на основании Устава, совместно именуемые «Стороны», пришли к соглашению о следующем:

Директор ФГУП «МНИИРИП»

ИНН/КПП 502908940/502901001  
ОГРН 1035005501629  
Адрес: 141002, МО, г. Мытищи, ул. Колпакова, д.2а, лит. Б, 3 эт., каб.86,87

К. И. Сучков

Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА»

ИНН 3305708001/КПП 330501001  
Адрес (место нахождения):  
601914, Владимирская область, г. Ковров, ул. Машиностроителей, д. 11, офис 69

А. С. Шалумов



В соответствии с этим соглашением в настоящее время ведётся разработка национальных стандартов (ГОСТ Р) в рамках технического комитета по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники».

## 5 Внедрение системы АСОНИКА в России

Система АСОНИКА внедрена на более 50-и предприятий 19-и регионов РФ (Московская область, Санкт-Петербург, Ставрополь, Томск, Тула, Курск, Нижний Новгород, Владимирская область, Таганрог, Саратов, Екатеринбург, Пермь, Воронеж, Смоленск, Калужская область, Великий Новгород, Пенза, Ижевск, Владивосток).

Система АСОНИКА внедрена на 30-и предприятиях г. Москва (ГОСНИИП, Концерн «Моринформ-система – Агат», НИ-ЦЭВТ, НИИ «АРГОН», КУЛОН, МКБ «КОМ-ПАС», ВНИИРТ, ЦНИИРТИ, ФГУП «ВНИИА им. Н.Л. Духова», Концерн радиостроения «Вега», ПУЛЬСАР, Концерн «Автоматика», Корпорация «Комета» и др.).

Есть положительные отзывы Президента РФ В.В. Путина, Заместителя Министра обороны РФ Борисова Ю.И., ПАО «РКК «Энергия».

Положительный экономический эффект достигается за счёт следующих факторов:

1. Доступная цена.
2. Сокращение доли натурных испытаний при цифровом проектировании более чем на 90%.
3. Прогнозирование и предотвращение отказов разрабатываемой на предприятиях электронной аппаратуры военного, космического и гражданского назначения (самолёты, автомобили), которые могут нанести большой физический и материальный ущерб, в том числе привести к человеческим жертвам в случае крушения самолётов и космических кораблей.

4. Система АСОНИКА является импортозамещающей, конкурентоспособной продукцией в России.

5. Доля отечественных программных модулей в составе системы АСОНИКА 100%.

## 6 Подготовка специалистов по системе АСОНИКА

В 2018 году в г. Владимир на базе ООО «НИИ «АСОНИКА» создан первый в России Центр компетенций «АСОНИКА» в области моделирования и виртуальных испытаний электронной компонентной базы (ЭКБ) и электронной аппаратуры (ЭА) на внешние воздействия (далее – Центр).

В Центре размещен компьютерный класс, в котором на современных компьютерах установлена система АСОНИКА.

Информация о Центре, а также об аккредитации пользователей системы АСОНИКА и филиалов Центра размещена на сайте ООО «НИИ «АСОНИКА» по ссылке: <http://asonika-online.ru/centr-kompetencij-asonika/>



Центр осуществляет консультации в области моделирования и виртуальных испытаний ЭКБ и ЭА на внешние воздействия, проводит лекционные и практические занятия на базе собственной разработки – **системы АСОНИКА**, предоставляет возможность самостоятельного проведения моделирования своих изделий под руководством сотрудников Центра.

### Назначение виртуальных испытаний:

- определить тепловые, механические и другие характеристики ЭКБ и ЭА при внешних воздействующих факторах (ВВФ) на ранних этапах проектирования ЭКБ и ЭА, когда еще не создан опытный образец ЭКБ и ЭА, и обеспечить стойкость ЭКБ и ЭА к ВВФ;

- добившись адекватности виртуальных и натурных испытаний путём иденти-

фикации параметров моделей ЭКБ и ЭА, проверить работоспособность ЭКБ и ЭА в критических режимах в условиях ВВФ;

- дополнять натурные испытания в тех случаях, когда отсутствуют необходимые испытательные установки или когда установки не обеспечивают необходимые диапазоны характеристик;

- по результатам виртуальных испытаний составлять программы натурных испытаний с указанием критических контрольных точек, в которых необходимо установить датчики.

Консультации и обучение проводят высококвалифицированные сотрудники НИИ «АСОНИКА» – кандидаты и доктора наук – разработчики системы АСОНИКА.

Слушателям Центра предоставляются все необходимые методические материалы. Слушателям выдаётся Сертификат аккредитованного пользователя системы АСОНИКА от разработчика ООО «НИИ «АСОНИКА».

### Задачи Центра:

1. Проведение заказчиками виртуальных испытаний своих конструкций непосредственно в Центре под руководством специалистов Центра.

2. Проведение дистанционных виртуальных испытаний конструкций заказчиков специалистами Центра.

3. Проведение очных обучающих семинаров для руководителей подразделений по технологии моделирования и виртуальных испытаний.

4. Проведение очных обучающих семинаров для инженеров по конкретным задачам моделирования и виртуальных испытаний.

5. Проведение научно-исследовательских работ с целью разработки технических требований по обеспечению надёжности, стойкости к современной ЭКБ военного, специального и общепромышленного назначения.

6. Проведение технической экспертизы готовых проектов по ЭКБ и ЭА с точки зрения соответствия тепловых, механических, электромагнитных характеристик и показателей надёжности требованиям технического задания на разработку.

7. Обучение стандартам и руководящим военным документам в области моделирования и виртуальных испытаний ЭКБ и ЭА на внешние воздействия.

## 7 Стандартизация

22.04.2020 вышел Приказ Росстандарта №792 от «О создании технического комитета по стандартизации «Системы автоматизированного проектирования электроники» (ТК 165) на базе ООО «Научно-исследовательский институт «АСОНИКА» (ООО «НИИ «АСОНИКА»). Я являюсь председателем ТК 165.

Прологом к созданию ТК 165 послужил следующий документ:

Шалумов А.С. Дорожная карта развития «САПР электроники выше мирового уровня». Ковров: ООО «НИИ «АСОНИКА», 2020. 24 с. – Режим доступа: <https://asonika-online.ru/news/432/>

В настоящее время ООО «НИИ «АСОНИКА» является в России членом еще восьми технических комитетов по стандартизации:

- «Робототехника» (ТК 141);
- «Математическое моделирование и высокопроизводительные вычислительные технологии» (ТК 700);
- «Кибер-физические системы» (ТК 194);
- «Судостроение» (ТК 005);
- «Электромагнитная совместимость технических средств» (ТК 030);
- «Медицинские приборы, аппараты и оборудование» (ТК 011);
- «Поддержка жизненного цикла экспортируемой продукции военного и продукции двойного назначения» (ТК 482);
- «Проведение исследований в полярных регионах» (ТК 187).

Во всех данных ТК ООО «НИИ «АСОНИКА» поручено заниматься вопросами стандартизации в области моделирования и виртуализации испытаний.

В составе ТК-141 под руководством ООО «НИИ «АСОНИКА» создан подкомитет «Моделирование и виртуализации испытаний РТК».

28 декабря 2020 г. Росстандартом утверждены первые в России национальные

стандарты (ГОСТ Р) по моделированию и виртуальным испытаниям электроники, разработанные ООО «НИИ «АСОНИКА» (<https://asonika-online.ru/news/451/>).

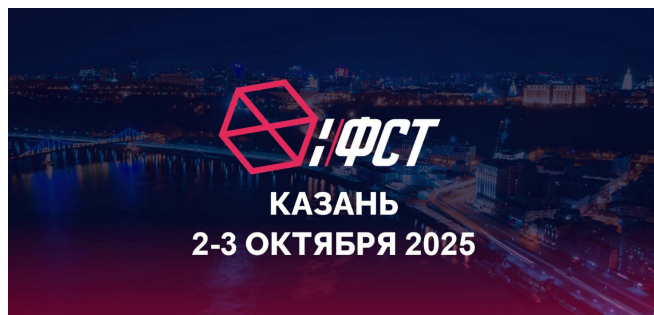
9 февраля 2021 г. Приказами Росстандарта утверждены первые 3 предварительных национальных стандарта РФ (ПНСТ) в области виртуальных испытаний изделий, разработанных ООО «НИИ «АСОНИКА».

В 2022 г. Приказами Росстандарта утверждены первые 7 национальных стандартов РФ (ГОСТ Р) в области виртуальных испытаний электроники, разработанных ООО «НИИ «АСОНИКА» в ТК 165.

29 декабря 2022 г. в Роскомнадзоре зарегистрирован **новый российский научно-практический журнал «САПР электроники»** (регистрационный номер: серия Эл № ФС77-84458) в форме электронного периодического издания технического комитета по стандартизации ТК 165 «САПР электроники». Прежде в России не было специализированной площадки для свободного обмена информацией в области САПР электроники. Новый журнал призван восполнить этот пробел. Официальный сайт журнала: <https://asonika-online.ru/journal/>

## 8 Конференция НФСТ как итог предыдущего развития

2–3 октября 2025 года в городе Казань под брендом НФСТ состоялась VII ежегодная Научно-образовательная конференция «СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИИ 2025: Цифровая трансформация в стандартизации и НСИ. Индустрия 4.0».



Конференция закономерно стала флагманом, освещающим развитие передовых технологий цифровизации в стандартизации, управлении нормативно-справочной информацией в промышленности, приме-



нение технологий искусственного интеллекта на предприятиях.

Нарастающие темпы цифровой трансформации требуют широкого внедрения цифровых технологий, в том числе и в документы по стандартизации.

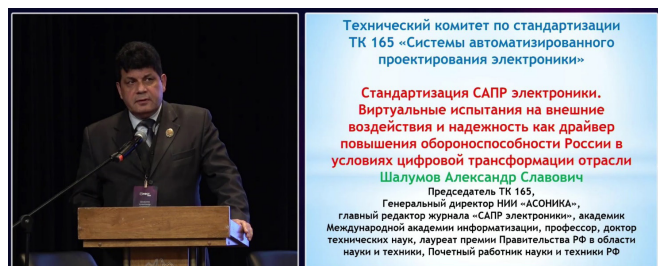
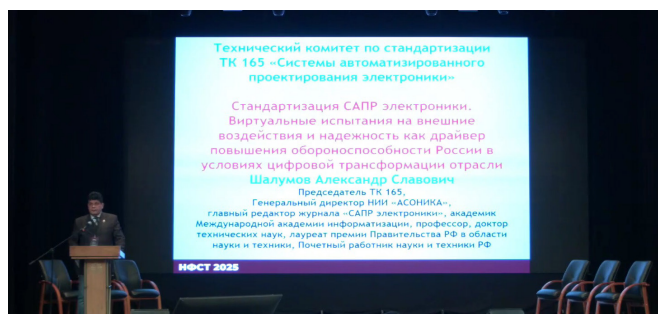
По приглашению оргкомитета НФСТ в конференции я в качестве спикера принял в ней участие и выступил с докладом на тему **«Стандартизация САПР электроники. Виртуальные испытания на внешние воздействия и надежность как драйвер повышения обороноспособности России в условиях цифровой трансформации отрасли»**. В своём докладе я показал актуальность САПР электроники:

1. Электроника применяется на всех жизненно важных объектах, в том числе военных, космических, авиационных.

2. В мире участились катастрофы различных объектов, управляемых ненадёжной электроникой.

3. Электроника, создаваемая без сквозного автоматизированного проектирования и без применения виртуальных испытаний, основанных на комплексном моделировании, и без цифровых двойников, то есть без систем автоматизированного проектирования (САПР), обречена на низкую надёжность и отказы в процессе эксплуатации.

4. Связь САПР электроники с национальной безопасностью РФ очевидна.



В своём докладе я подчеркнул, что на базе ООО «НИИ «АСОНИКА» создана

единственная в стране экосистема в области САПР электроники в части виртуальных испытаний на внешние воздействия и надёжность, включающая:

1. Среду разработки Автоматизированной системы обеспечения надёжности и качества аппаратуры **АСОНИКА** и **Базу данных ЭКБ** и материалов.

2. Технический комитет по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники».

3. Центр компетенций «АСОНИКА» в области моделирования и виртуальных испытаний ЭКБ и электронной аппаратуры на внешние воздействия.

4. Российский научно-практический журнал «САПР электроники».

**Ссылка на видео выступление:**  
[https://disk.yandex.ru/d/6ik\\_szFsApmW-Q](https://disk.yandex.ru/d/6ik_szFsApmW-Q)

## 9 Публикации по системе АСОНИКА

Практически все мои публикации написаны по системе АСОНИКА. Их общее количество составляет 417. Из них: 14 монографий, 227 статей, 153 тезисов докладов на конференциях, 17 учебных пособий, 6 учебно-методических пособий (<https://asonika-online.ru/publications/>).



Особый интерес для разработчиков электроники представляет книга:

Шалумов А.С., Шалумов М.А. Опыт применения автоматизированной системы АСОНИКА в промышленности Российской Федерации: монография. – Владимир: Владимирский филиал РАНХиГС, 2017. – 422 с.

В монографии рассмотрено множе-

ство примеров, полученных в результате многолетнего применения автоматизированной системы обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА на промышленных предприятиях Российской Федерации при проектировании электронной аппаратуры. Примеры посвящены моделированию шкафов, пультов, стоек, блоков, печатных узлов электронной аппаратуры на внешние тепловые, механические, электромагнитные воздействия, автоматизированному созданию карт рабочих режимов электрорадиоизделий и анализу показателей надёжности с учетом реальных режимов работы электрорадиоизделий с помощью системы АСОНИКА. Значительное внимание уделено принятию решения по результатам моделирования. Полученные результаты моделирования подтверждаются испытаниями, а также надёжным функционированием рассчитанной электронной аппаратуры в процессе эксплуатации.

## 10 Зарубежный опыт

В последнее время к системе АСОНИКА проявили огромный интерес специалисты из Индии, США, Германии и других стран (с многими из них подписаны Меморандумы о сотрудничестве). В связи с этим по приглашению я посетил следующие страны: Хорватию, Канаду, Индию, США, Китай, Вьетнам, Германию, Великобританию, Беларусь. Эти визиты позволили получить много полезной информации, позволившей развивать систему АСОНИКА опережающими темпами, а далее перейти к стандартизации.

### Индия

Состоялись встречи с министром науки и технологий Индии, представителями промышленности и образования.

**В июне 2013 года** я находился в Индии, в г. Бангалоре по приглашению индийской стороны. В ходе визита меня сопровождали: заместитель генерального директора Российско-индийского научно-технологического центра (создан совместным решением российского Президента В.В. Путина и индийского премьер-министра М. Сингха) Л.И. Корнаухова и Президент крупной индийско-американской компании Bangalore



Фото 1 – Встреча с проректором одного из вузов индийского образовательного фонда **GOKULA EDUCATION FOUNDATION.**

Академик Шалумов А.С. подарил проректору свою новую книгу по системе АСОНИКА (июнь 2013 года)

Integrated System Solutions (BiSS), академик Академии наук Индии, доктор Р. Сундер. Бангалор – это научный центр Индии, где проживает свыше 10 млн. человек, где находится множество технопарков, компаний



Фото 2 – Фото на память. Слева на право: Академик Шалумов А.С., проректор вуза в составе индийского образовательного фонда GOKULA EDUCATION FOUNDATION, заместитель генерального директора Российско-индийского научно-технологического центра Л.И. Корнаухова и Президент крупной индийско-американской компании Bangalore Integrated System Solutions (BiSS), академик Академии наук Индии, доктор Р. Сундер (июнь 2013 года)





Фото 3 – Академик Шалумов А.С. знакомится с программным обеспечением, используемым при обучении магистров и аспирантов в вузе в составе индийского образовательного фонда GOKULA EDUCATION FOUNDATION. Компьютерный зал насчитывает 240 компьютеров (июнь 2013 года)



Фото 5 – Президент крупной индийско-американской компании Bangalore Integrated System Solutions (BiSS), академик Академии наук Индии, доктор Р. Сундер знакомит академика Шалумова А.С. с новейшим испытательным оборудованием своей фирмы (июнь 2013 года)



Фото 4 – Подписание Меморандума с Президентом влиятельного индийского образовательного фонда GOKULA EDUCATION FOUNDATION, миллиардером, доктором М. Джайрамом (июнь 2013 года)

и вузов. В ходе визита состоялись встречи с представителями ряда компаний и вузов, где я провёл семинары по системе АСОНИКА. Система АСОНИКА вызвала большой интерес у индусов как в плане научном, так и образовательном. Были подписаны 2 меморандума. Один из них связан с информационными технологиями и применением системы АСОНИКА в Индии в крупной ин-



Фото 6 – Перед началом семинара в Индийском институте наук (июнь 2013 года)

дийской компании KAYNES TECHNOLOGY INDIA. С индийской стороны меморандум был подписан президентом данной компании доктором Шаратхом Бхатом. Другой меморандум подписан с влиятельным индийским образовательным фондом GOKULA EDUCATION FOUNDATION, в состав которого входит множество вузов, где готовят магистров и аспирантов. Данный меморандум был подписан Президентом фонда доктором М. Джайрамом и открыл широкие возможности для сотрудничества между





Фото 7 – Семинар по системе АСОНИКА в Индийском институте наук. Вручение академику Шалумову памятной статуэтки руководством Индийского института наук (июнь 2013 года)

фондом и Научно-образовательным центром «АСОНИКА», созданном на базе ООО «НИИ «АСОНИКА» и Владимирского филиала РАНХиГС, в самых различных областях – информационных технологиях, экономике, менеджменте, управлении, юриспруденции, психологии, истории, философии и др. Предполагалось в дальнейшем осуществить взаимные визиты профессорско-преподавательского состава, взаимный обмен студентами и преподавателями, совместное руководство аспирантами, чтение лекций, публикация статей и много другое.

Я провёл семинар в Индийском институте наук, а также посетил индийско-амери-



Фото 8 – Семинар по системе АСОНИКА в крупной индийской компании KAYNES TECHNOLOGY INDIA (июнь 2013 года)



Фото 9 – Подписание меморандума с президентом крупной индийской компании KAYNES TECHNOLOGY INDIA доктором Шаратхом Бхатом (июнь 2013 года)

канскую компанию BiSS, где ознакомился с современным испытательным оборудованием. Таким образом, открывался путь к тесному и взаимовыгодному сотрудничеству сотрудников ООО «НИИ «АСОНИКА» и преподавателей Владимирского филиала РАНХиГС с образовательными и научными учреждениями Индии.

**В июле 2015 года** я находился в Индии, в г. Бангалоре по приглашению индийской стороны.

В ходе визита было подписано Соглашение между MS Ramaiah University of Applied Sciences (Индия) и научно-исследовательским институтом «АСОНИКА» (Россия) о научно-техническом сотрудничестве и о Центре Компетенций RAMAIAH – ASONIKA. Предполагалось создание и распространение на всей территории Индии при участии моей научной школы уникальной технологии, обеспечивающей надёжность и высокое качество электронных средств при их производстве, а также виртуальные испытания их устойчивости к воздействию дестабилизирующих факторов при эксплуатации. Автоматизированная система RAMAIAH – ASONIKA должна была предоставить возможность:

- моделирования электронных средств, устойчивых к внешним воздействиям;
- анализа надёжности электронных средств;
- подготовки специалистов по её экс-



плуатации, что будет способствовать выходу MS Ramaiah University of Applied Sciences на передовые позиции среди лучших университетов Индии в области информационных технологий в электронике.

В ходе визита также было подписано Соглашение о сотрудничестве по системе АСОНИКА между **DHIO Research and Engineering Pvt Ltd.** (Индия) и научно-исследовательским институтом «АСОНИКА» (Россия).



Фото 10 – Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», академик Шалумов и Вице-канцлер MS Ramaiah University of Applied Sciences, доктор Шанкапал подписывают Соглашение (июль 2015 года)



Фото 11 – Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», академик Шалумов и Вице-канцлер MS Ramaiah University of Applied Sciences, доктор Шанкапал обмениваются Соглашениями (июль 2015 года)



Фото 12 – Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», академик Шалумов и Президент DHIO Research and Engineering Pvt Ltd. Сантош подписывают Соглашение (июль 2015 года)



Фото 13 – Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», академик Шалумов и Президент DHIO Research and Engineering Pvt Ltd. Сантош обмениваются Соглашениями (июль 2015 года)

**В ноябре 2015 года** я находился в Индии, в г. Бангалоре по приглашению индийской стороны. В ходе визита было подписано Соглашение между MS Ramaiah University of Applied Sciences (Индия), Valdel Investments Private Limited (Индия) и научно-исследовательским институтом «АСОНИКА» (Россия) о создании Центра моделирования электроники «RAMAIAH – ASONIKA» и о внедрении на территории Индии системы АСОНИКА.

В Индии, также как в США, в России и в Республике Беларусь, нет прямых аналогов

системы АСОНИКА. Но потребность в подобных системах в Индии высокая, так как на многих индийских предприятиях ведется разработка электронной аппаратуры. Индийским специалистам не под силу в кратчайшие сроки разработать аналог системы АСОНИКА. Премьер-министр Индии Модии официально заявил, что заинтересован в привлечении российских программных продуктов в области электроники для обеспечения высокой надежности аппаратуры военного и космического назначения.

Индийская сторона готова оказать содействие коллективу НИИ «АСОНИКА» в наполнении базы данных новыми электронными компонентами, создании конверторов с известными САПР, включении в систему АСОНИКА электрических расчетов, в переводе подсистем и документации на английский язык, в проведении испытаний аппаратуры на различные внешние воздействия для проверки адекватности разработанных моделей, в модернизации пользовательских интерфейсов, тестировании и т.д.



Фото 14 – Вице-канцлер MS Ramaiah University of Applied Sciences, доктор Шанкапал, директор Valdel Investments Private Limited Shantharam и Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», академик Шалумов подписывают Соглашение (ноябрь 2015 года)

**18 марта 2016 года** в Москве на территории Центра международной торговли состоялось деловое мероприятие в сфере международной торговли, проводимое Советом по развитию внешней торговли и

международных отношений, по теме: «Бизнес-день «Россия – Индия»: выйти на рынок Индии и стать лидером».

На церемонию я был приглашен в качестве спикера. Мой доклад на тему «АСОНИКА: создание треугольника Россия – Индия – США» вызвал большой интерес в аудитории.

С вступительным словом на данном мероприятии выступил Максим Черешнев, председатель Правления Совета по развитию внешней торговли и международных экономических отношений. В качестве модератора круглого стола выступал г-н Сэмми Котвани, президент Индийского бизнес-альянса.

Основная аудитория бизнес дня – руководители компаний малого и среднего бизнеса отраслей, имеющих перспективы в проведении экспортных операций в Индию.

Ключевая миссия бизнес дня – стать практическим инструментом для развития торговли между Россией и Индией для представителей малого и среднего бизнеса. Мероприятие представляет собой однодневный тренинговый семинар, на котором освещаются все основные кейсы при выходе на индийский рынок. Участники получают не только теоретическую, но и практическую информацию, из первых уст российских компаний, ведущих бизнес в Индии.

Связи с Индией традиционно называют «привилегированным стратегическим партнерством». Однако уровень торгово-экономических отношений Москвы и Нью-Дели пока явно не соответствует понятию «особое привилегированное стратегическое партнерство»: Индия занимает 21 место (1,2%) в списке торговых партнеров России.



Фото 15 – Бизнес-день «Россия – Индия» в Москве (март 2016 года)



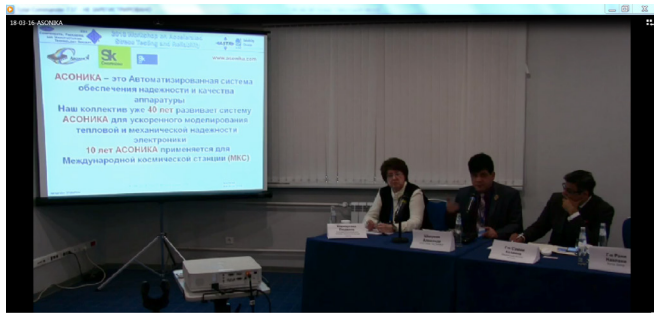


Фото 16 – Бизнес-день «Россия – Индия» в Москве (март 2016 года)



Фото 17 – Бизнес-день «Россия – Индия» в Москве (март 2016 года)



Фото 18 – Публикация в Российской газете о выступлении академика Шалумова на Бизнес-дне «Россия – Индия» в Москве (март 2016 года)

Я рассказал о своем проекте «АСОНИКА – Индия» и поделился десятилетним опытом своего сотрудничества с Индией. В своем выступлении я подчеркнул, что принял решение работать именно с индийскими партнерами потому, что:

- Индия является дружественным государством;
- Индия стремится к развитию;

– индийцы хотят учиться у россиян и перенимать опыт;

– индийские предприятия пытаются уйти от зависимости в технологиях от США, в частности, в программных продуктах;

– российские ученые имеют сегодня то, что востребовано в Индии.

## США

Состоялись встречи с представителями промышленности, бизнеса, науки и образования. В одну из моих поездок в Аризонский государственный университет (США, штат Аризона) я встретился на форуме с основателем компании Intel Гордоном Муром и его женой Бетти Мур. В 2000 году Гордон и Бетти учредили совместный фонд Gordon and Betty Moore Foundation, нацеленный на улучшение охраны окружающей среды и обеспечение поддержки научных исследований во всём мире. Гордон Мур скончался 24 марта 2023 года в возрасте 94 лет.

Также мне удалось встретиться и обсудить вопросы развития САПР электроники с такими выдающимися людьми, как:

– Серж Лифт, вице-президент американской компании Mentor Graphics (бывший гражданин СССР);

– Тимур Полташев, вице-президент американской компании AMD (бывший гражданин СССР).



Фото 19 – Гордон и Бетти Мур

Я выступал с докладами по системе АСОНИКА в США:

- Сан-Хосе, Силиконовая Долина, Университет штата Калифорния (2012);
- Сан-Диего, Международная конфе-

ренция по надежности электроники (2013);

- Компания Intel в штате Аризона (2012, 2013);
- Миннеаполис, бизнес-школа Карлсона Университета штата Миннесота (2015);
- Лас Вегас, Международная выставка потребительской электроники и аксессуаров CES 2018 (январь 2018);
- Вашингтон, Международная конференция 2019 IEEE AUTOTESTCON (август 2019).

**В октябре 2015 года** в Аризонском государственном университете я провёл переговоры с разработчиками интерфейсов к системе NASTRAN, которые высоко оценили работу коллектива НИИ «АСОНИКА» по развитию пользовательских интерфейсов и базы данных системы АСОНИКА, по созданию серверной версии. Также состоялась встреча с представителями компании ANSYS, которые высоко оценили возможности системы АСОНИКА и дали важные предложения по повышению конкурентоспособности системы АСОНИКА на мировом рынке.

**9–12 января 2018 года** в г. Лас Вегас (США) проходила Международная выставка потребительской электроники и аксессуаров CES 2018. От России в выставке приняли участие 7 компаний. Среди них ООО «Научно-исследовательский институт «АСОНИКА».

Российский стенд, организованный при поддержке Российского экспортного центра, располагался на выставочной площадке WESTGATE. Я знакомил участников выставки с Автоматизированной системой обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА, разработанной коллективом ООО «НИИ «АСОНИКА». Также я выступил в деловой программе с докладом на тему: «Система АСОНИКА для моделирования электроники на тепловые, механические, электромагнитные воздействия и анализа показателей надежности». Система АСОНИКА вызвала большой интерес у участников выставки.

На выставку приехал торговый представитель РФ в США Александр Юрьевич Стадник (на фото 20 в центре). Александр Юрьевич также очень заинтересовался системой АСОНИКА.

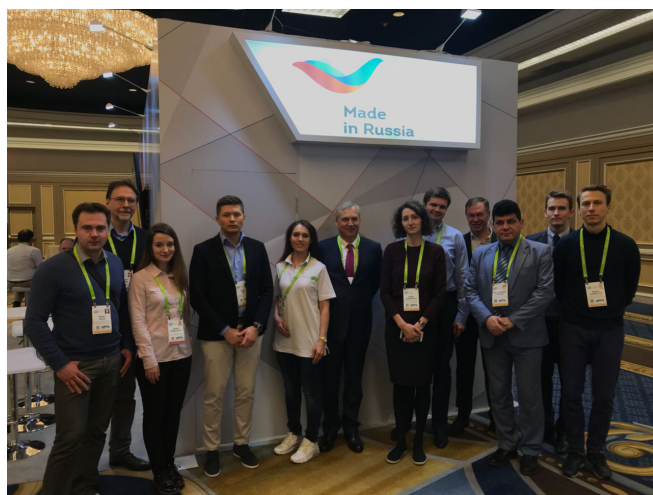
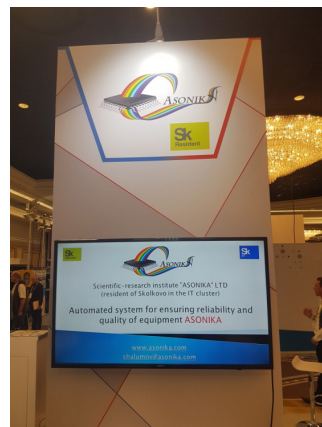


Фото 20 – АСОНИКА в Лас Вегасе (январь 2018 года)

### **Великобритания**

Состоялись встречи с представителями промышленности, бизнеса, науки и образования.

С 12 по 14 июня 2018 г. я принял участие в выставке London Tech Week 2018 (Великобритания, Лондон), где презентовал программное обеспечение Автоматизированной системы комплексного моделирования влияния внешних воздействующих факторов на космическую и авиационную радиоэлектронную аппаратуру.

Данная система вызвала большой интерес у участников выставки. Информация о ней была опубликована в каталоге участников Российской экспозиции выставки.

Российская экспозиция была организована Российским экспортным центром и Фондом «Сколково». Первоначально было отобрано всего 11 компаний. Окончательно на выставке были





Фото 21 – У входа на выставку  
London Tech Week 2018  
(Великобритания, Лондон)  
(июнь 2018 года)

представлены только 4 российские компании.

Установлены деловые контакты с рядом компаний Великобритании, в частности с компанией «Partners SISOCO». Подписано Соглашение о сотрудничестве с **Торговым представительством Российской Федерации в Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии**. Прошли встречи с представителями Посольства Российской Федерации в Великобритании.

### Германия

В феврале 2019 года я находился в Германии, в г. Росток по приглашению ведущих предприятий и вузов Германии.

В ходе визита я провел семинар по моделированию и виртуальным испытаниям электроники, а также обучил немецких специалистов работе с Автоматизированной системой обеспечения



Фото 22 – Подписание  
СОГЛАШЕНИЯ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ  
с Торговым представительством  
Российской Федерации  
в Соединенном Королевстве  
Великобритании и Северной Ирландии  
в присутствии программного директора  
Департамента по акселерации  
Фонда «Сколково»  
Екатерины Панкратовой  
на выставке  
London Tech Week 2018  
(Великобритания, Лондон)  
(июнь 2018 года)

надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА.

В Германии, также как и в США, Великобритании, России и Индии, нет прямых аналогов системы АСОНИКА. Но потребность в подобных системах в Германии высокая, так как на многих немецких предприятиях ведется разработка электронной аппаратуры.





Фото 23 – Академик Шалумов в Германии  
(февраль 2019 года)

### Закключение

АСОНИКА формировалась и ныне активно развивается благодаря таким советским и российским учёным, как

**Юрий Николаевич Кофанов (основатель),**

**Леонард Николаевич Колесов,  
Евгений Николаевич Талицкий,  
Александр Андреевич Самарский,  
Александр Альбертович Лапин,  
Игорь Петрович Норенков.**

Благодаря их громадному научному вкладу Россия обречена на достижение в ближайшем будущем технологического суверенитета, курс на который обозначил Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин.



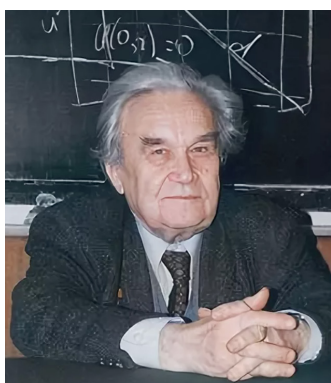
Юрий Николаевич  
Кофанов



Леонард Николаевич  
Колесов



Евгений Николаевич  
Талицкий



Александр Андреевич  
Самарский



Александр Альбертович  
Лапин



Игорь Петрович  
Норенков

## Схемотехническое моделирование в Altium Designer 21

Суходольский Владислав Юрьевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры Микрорадиоэлектроники и технологии радиоаппаратуры Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета (СПбГЭТУ «ЛЭТИ») им. В. И. Ульянова (Ленина)  
(член технического комитета по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники» (Росстандарт)  
sux2004@mail.ru

### Аннотация

В статье рассмотрен функционал новой версии системы схемотехнического моделирования Altium Designer. Сделаны выводы о возможностях и проблемах моделирования.

**Ключевые слова:** схемотехническое моделирование, аналоговые, цифровые, функциональные узлы, SPICE-модели.

## Schematic Simulation in Altium Designer 21

Sukhodolsky V.Y.

### Abstract

This article examines the functionality of the new version of the Altium Designer schematic modeling system. Conclusions are drawn regarding the capabilities and challenges of modeling.

**Keywords:** circuit simulation, analog, digital, functional units, SPICE models.

При выходе версии САПР Altium Designer 20 было объявлено о модернизации функционала схемотехнического моделирования. Кроме существенного усовершенствования вычислительного ядра и интерфейса программы, наиболее заметным для пользователя, и при этом неприятным сюрпризом, явился отказ от моделирования цифровых функциональных узлов на основе языка описания моделей цифровых компонентов *Digital SimCode* и переход к моделированию с использованием SPICE-моделей как аналоговой, так и цифровой компонентной базы. Причины отказа не поясняются. Прежний подход ничем себя не скомпрометировал и использовался в течение предшествующих 35 лет, начиная с САПР Protel и ранних версий Altium Designer, вплоть до AD19. В поставлявшихся в тот период библиотеках компонентной базы более 1000 цифровых компонентов основных массовых серий интегральных микросхем низкой и средней степени ин-

теграции поддерживались *Digital SimCode*-моделями. Пришедшая в поставке версии AD21 библиотека ***Simulation Generic Components***, содержащая поддерживаемые SPICE-моделями базовые логические вентили и пару разновидностей триггера, в начале никак не восполняет эту потерю.

Что касается аналоговых функциональных узлов, то здесь имеет место полная преемственность обновленного функционала моделирования с предшествующими версиями программного продукта, и отличие для пользователя состоит только в интерфейсе новой подсистемы схемотехнического моделирования. В дальнейшем изложении рассмотрим особенности нового интерфейса на примере выполнения моделирования характеристик типового аналогового узла – пары фильтров нижних частот 5-го порядка с максимально-плоской (ФНЧ Баттерворта) и чебышевской аппроксимацией с неравномерностью АЧХ в полосе пропускания 3 дБ, входным импедансом 10

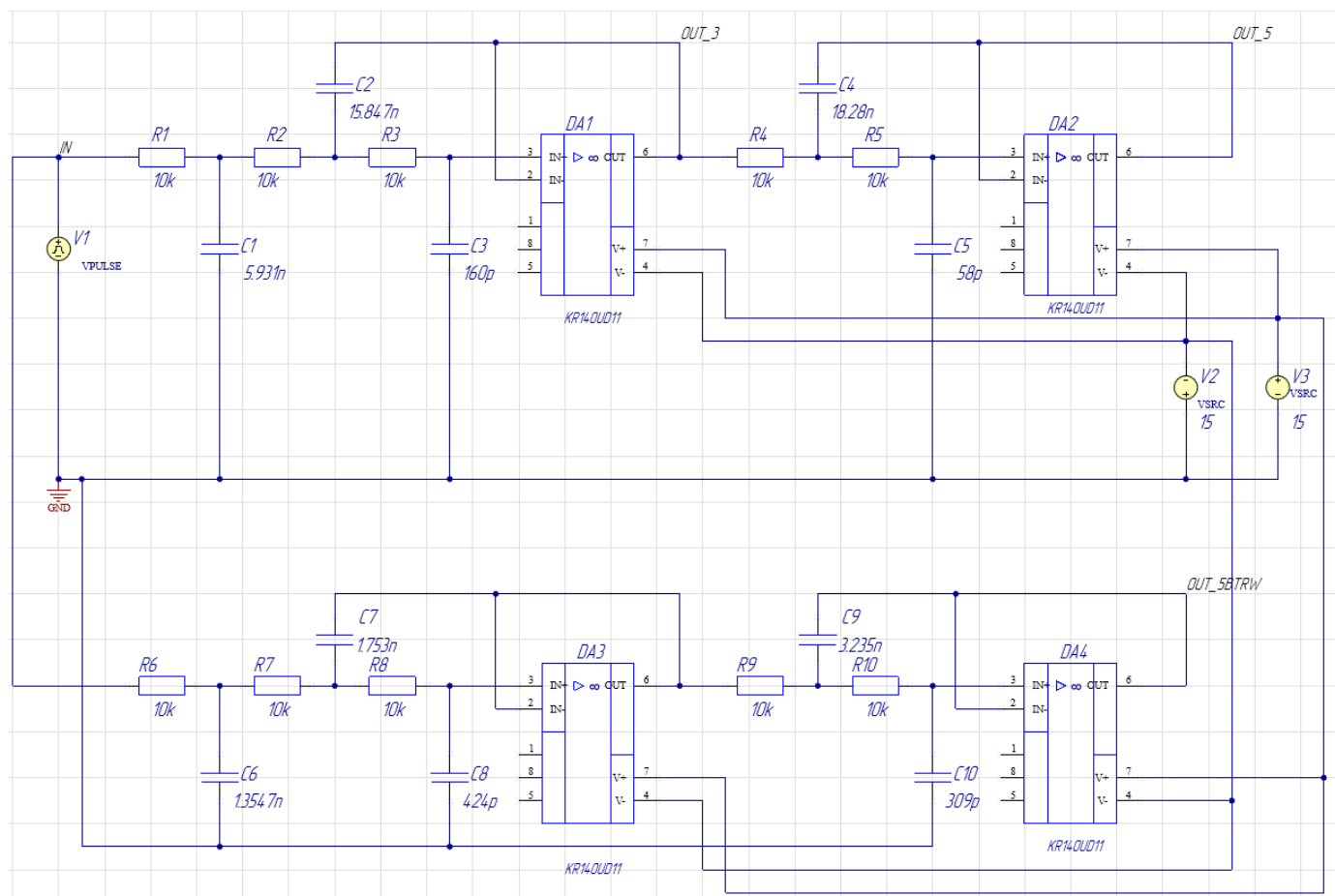


Рисунок 1

кОм и круговой частотой среза  $10^5 \text{ с}^{-1}$  (рис. 1) и еще двух типовых функциональных узлов.

Подготовка и выполнение задачи моделирования производится следующим образом:

1. Командой меню **Simulate | Simulation Dashboard** открывается панель **Simulation Dashboard**, в секциях которой сосредоточены команды управления задачами (рис. 2, а).


2. В секции **Affect** выбрать область распространения задачи моделирования:

- **Document** – активный схемный документ;
- **Project** – активный проект.

3. В секции **Verification** командой **Start Verification** запустить верификацию исходных данных. Выполняются две проверки (рис. 2, б):

- **Electrical Rule Check** – проверка корректности «электрических правил» – правильности выполнения схемы;
- **Simulation Models** – проверка нали-

чия у компонентов присоединенных SPICE-моделей.

– В случае, если схема выполнена без нарушения правил и компоненты содержат присоединенные модели, в соответствующих полях этот факт отмечается значком .

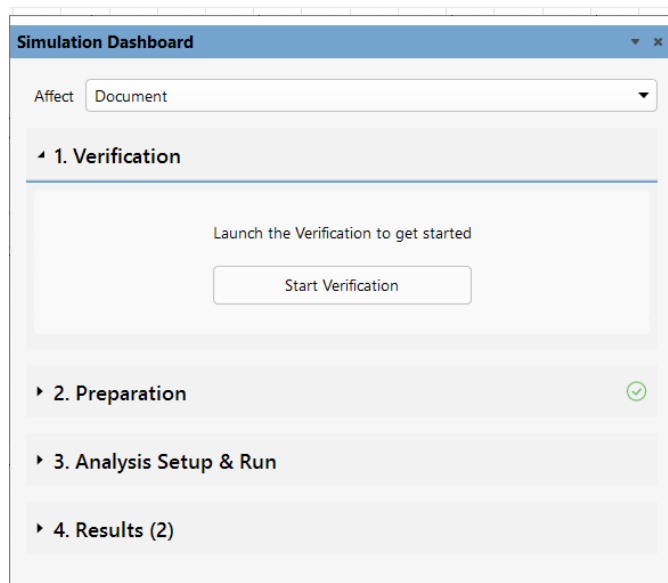
– В противном случае выводится сообщение *Need Fixes* – необходимы исправления. Выводится также сообщение о характере ошибок, которое может быть детализировано по щелчку на команде-кнопке **Details**.

– Если схема модифицировалась в промежутке между сеансами моделирования, над секцией **Verification** возникает строка с сообщением *Verification is not up to date* (Верификация показала несоответствие исходному состоянию схемы), и командой-кнопкой **Update** следует восстановить это соответствие.

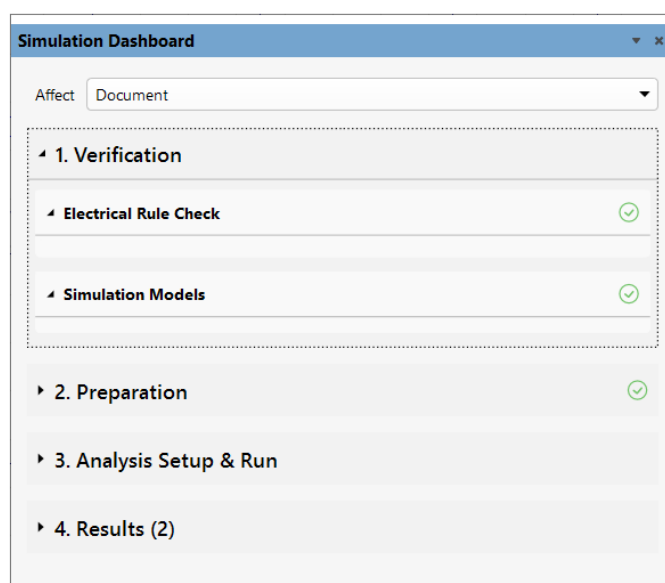
4. В секции **Preparation** (рис. 3) выполнить подготовку к выполнению задачи:

- **Simulation Sources** – составить спи-





а



б

Рисунок 2

сок включенных в схему источников сигнала и питания из библиотеки Simulation Sources. IntLib или Simulation Generic Components;

- **Probes** – составить список подключаемых к узлам схемы виртуальных щупов-пробников;

- Командой-кнопкой **Add** (Добавить) активизировать процедуру поиска и подключения дополнительных источников сигнала и пробников.

5. В секции **Analysis Setup & Run** выполнить настройку режимов моделирования:

- **Operating Point** – настройка расчета точки покоя схемы (рис. 4):

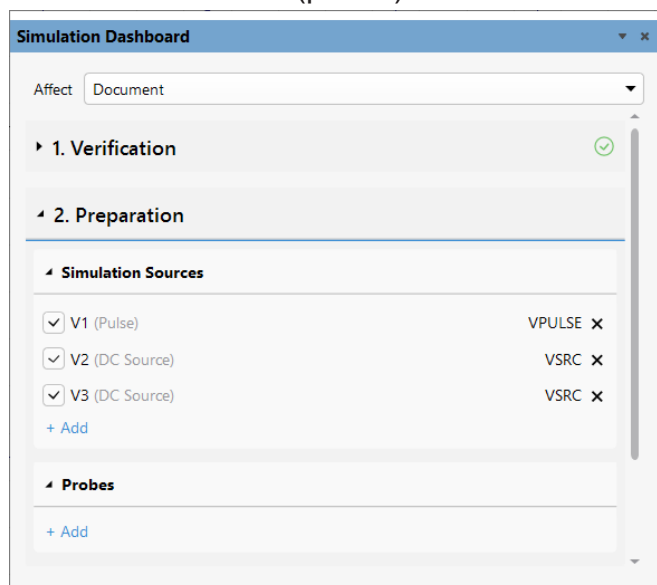


Рисунок 3

- В поле **Display on schematic** выбрать, какие величины должны быть обозначены маркерами в узлах или ветвях схемы – напряжение (Voltage), мощность (Power) или ток (Current);

- В поле **Advanced** установкой флажков ☒ активировать настройку двух дополнительных режимов моделирования:

➤ **Transfer Function** – функцию пере-

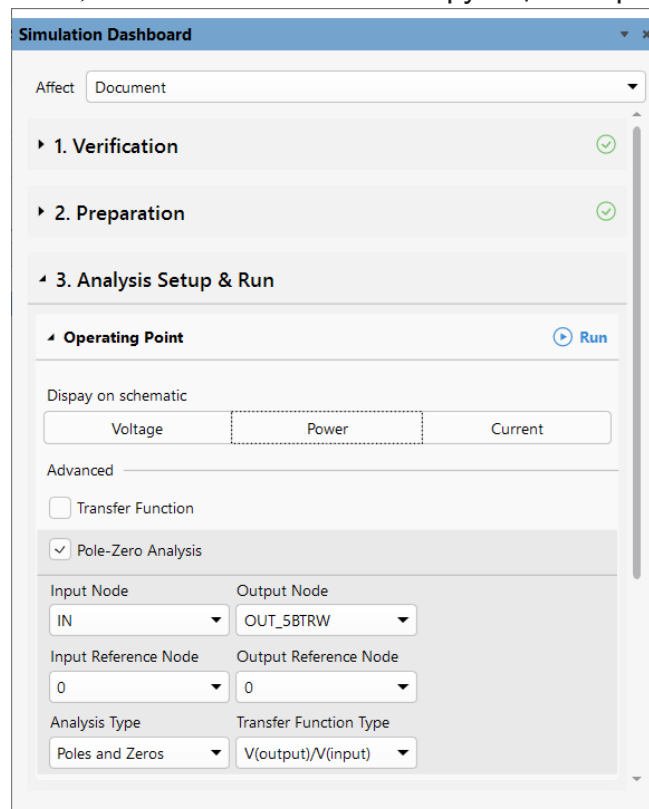


Рисунок 4

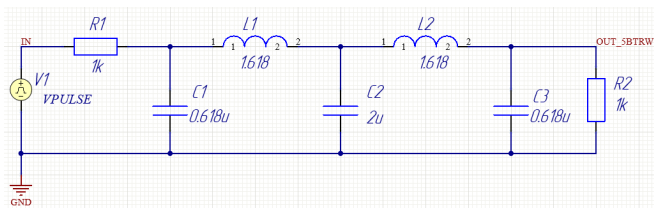


Рисунок 5



Рисунок 6

дачи по постоянному току;

➤ **Pole-Zero Analysis** – анализ полюсов и нулей системной функции цепи – обозначить в полях настройки:

✓ **Input Node** – входной узел;

✓ **Output Node** – выходной узел;

✓ **Input Reference Node** и **Output Reference Node** – опорные узлы, относительно которых определяются напряжения сигнала на входе и выходе схемы – обычно оба узла – это Земля;

✓ **Analysis Type** – выбрать тип анализа – только полюсы (*Poles Only*), только нули (*Zeros Only*) или полюсы и нули (*Poles and Zeros*);

✓ **Transfer Function Type** – выбрать тип системной функции – отношение напряжения выходного сигнала к напряжению или току входного.

– Командой-кнопкой **Run** запустить выполнение задачи.

Пример анализа полюсов передаточной функции пассивного ФНЧ Баттерворта 5-го порядка (рис. 5) показан на рис. 6. Численные значения вещественной и мнимой

составляющих пяти полюсов передаточной функции (отмечены на графике крестиками) соответствуют данным из справочников по электрическим фильтрам.

• **Transient** – настройки и выполнение моделирования переходного процесса (рис. 7, а):

– Кнопкой-переключателем справа от полей настройки **From – To – Step** выбрать характер установки границ интервала моделирования – *Interval* или *Period*;

– В случае выбора опции *Interval* в полях секции **From – To – Step** установить границы и шаг дискретизации временного интервала;

– В случае выбора опции *Period* установить число периодов сигнала, представляемых в выходных данных (*N Periods*) и число точек графика на период сигнала (*Points/Period*);

– В секции **Output Expression** кнопкой **Add** открыть поля поиска сигналов, подлежащих выводу в виде графиков;

– Кнопкой **...** активизировать поиск в открывающемся окне *Add Output Expression* (рис. 7, б) и выбрать обозначение сигнала в одном из узлов схемы в случае непосредственного отображения в виде графика, или, в случае необходимости, составить математическое преобразование этого сигнала, выбрав функцию в правом поле окна;

– В секции **Advanced** установкой флажков ☒ опций *Fourier Analysis* и *Use Initial Conditions* может быть активизировано Фурье-преобразование выходного сигнала и/или ввод начальных условий.

– Командой-кнопкой **Run** запустить выполнение задания на моделирование.

Результаты моделирования отклика ФНЧ Баттерворта и Чебышева (рис.1) на входной сигнал прямоугольной формы приведены на рис. 8.

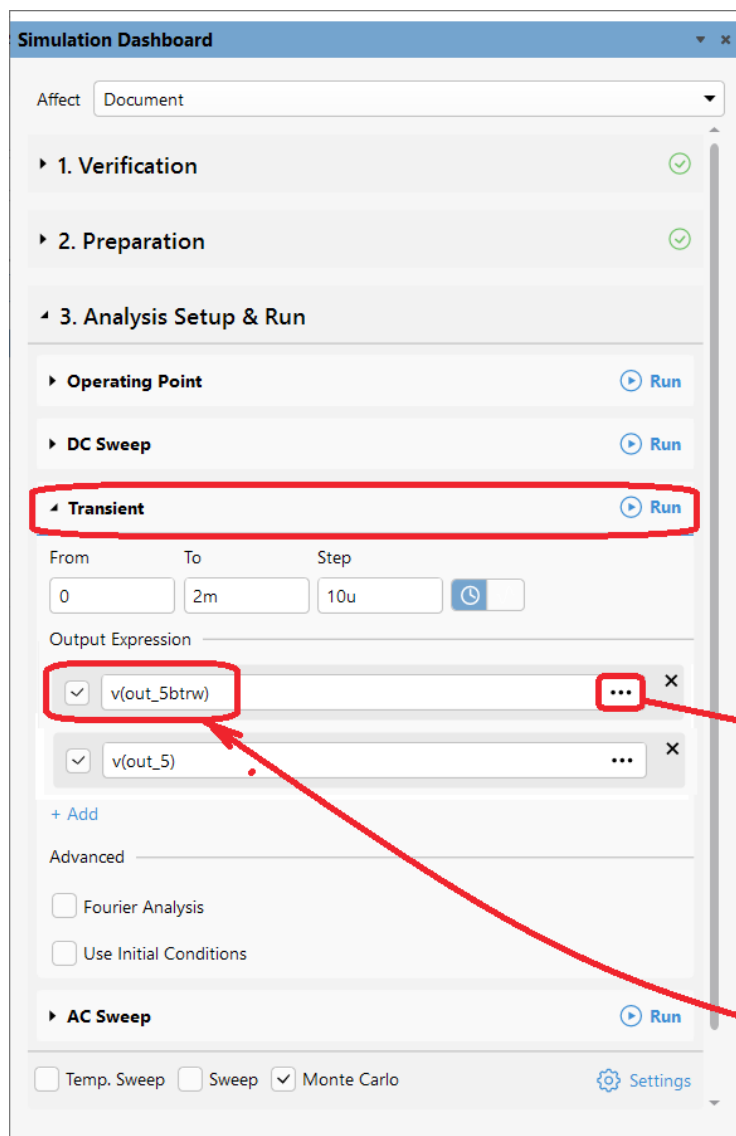
• **AC Sweep** – моделирование частотной характеристики (рис. 9, а):

– Установить границы частотного диапазона и градуировку частотной шкалы:

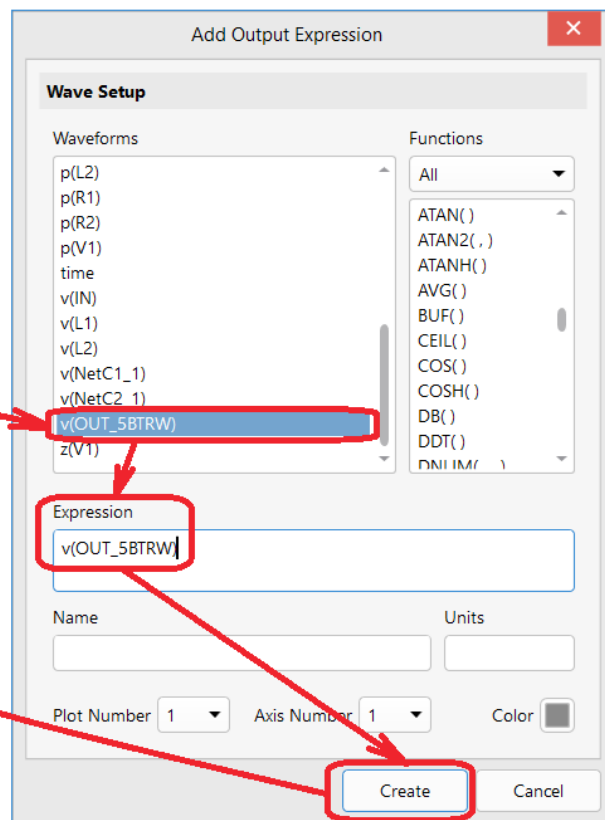
➤ **Start Frequency** – начальная (нижняя) граница;

➤ **End Frequency** – конечная (верхняя) граница;

➤ **Type** – тип разбивки диапазона (гра-



а



б

Рисунок 7

дуировки шкалы частот):

- ✓ **Linear** – линейная – деление на равные интервалы;
- ✓ **Decade** – деление на декады;
- ✓ **Octave** – деление на октавы;
- Указать число точек на шкале частот, в которых вычисляются значения ко-

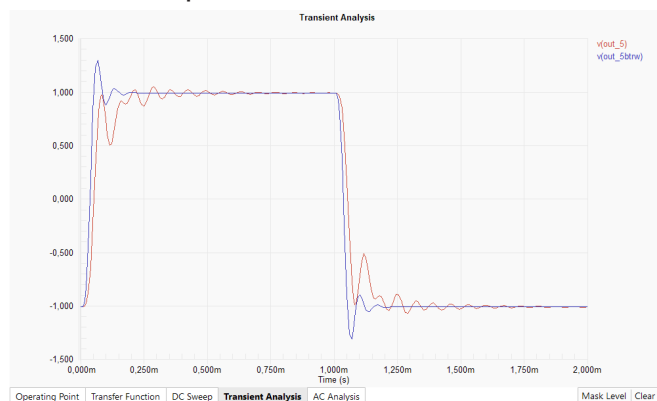




Рисунок 8

эффицента передачи цепи при линейном масштабе (*No. Points*), делении на декады (*Points/Dec*) или октавы (*Points/Oct*).

– В секции **Output Expression** щелчком на кнопке **Add** открыть необходимое число полей для назначения величин, подлежащих выводу в виде графиков;

– Щелчком на кнопке  в поле выбора активизировать поиск в открывающемся окне *Add Output Expression* (рис. 9, б) и выбрать обозначение напряжения сигнала на выходе цепи (*v(out5)*) или (*v(out5btrw)*) и указать, установив кнопку-переключатель  в правом поле окна вид отображения результата:

➤ **Magnitude** – значение модуля АФЧХ;

➤ **Magnitude (dB)** – значение в децибелах, относительно 1 В;



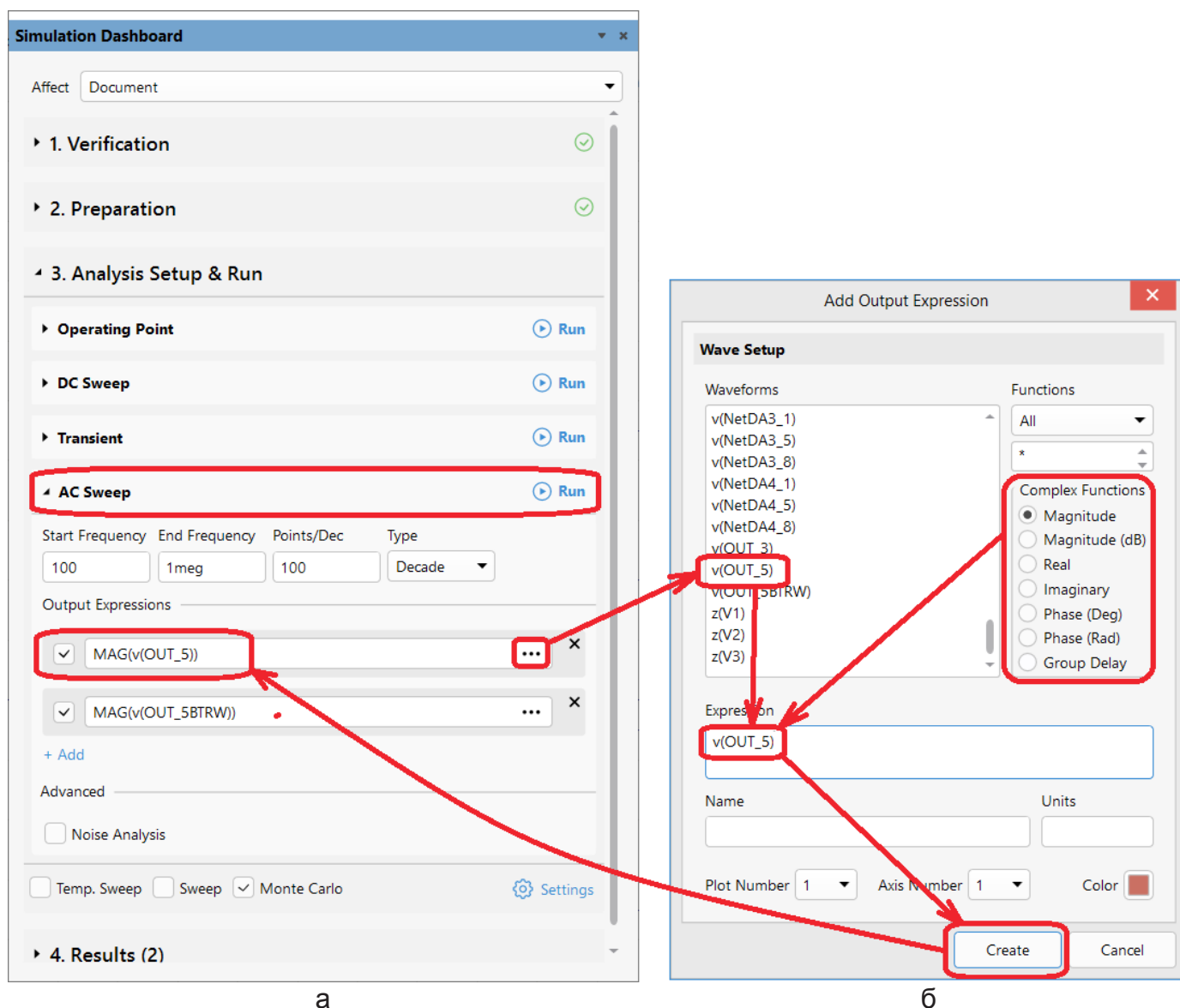


Рисунок 9

➤ **Real** – вещественная составляющая комплексной АФЧХ;

➤ **Imaginary** – мнимая составляющая АФЧХ;

➤ **Phase (Deg)** – значение фазового сдвига (ФЧХ) в градусах;

➤ **Phase (Rad)** – значение фазового сдвига (ФЧХ) в радианах;

➤ **Group Delay** – групповое запаздывание.

– Щелчком на **Create** выражение для выходной величины переносится в поле выбора **Output Expression** (см. рис. 9, а).

6. Щелчком на кнопке **Settings** в правом нижнем углу окна, рис. 9, а, открывается диалог “расширенных” настроек **Advanced Analysis Settings** (рис. 10) с тремя панелями-вкладками:

- Вкладка **General** – общие настройки:

– **Temperature** – вариация температуры – указать начальное (*From*), конечное значения температуры (*To*) и шаг дискретизации температурного диапазона (*Step*);

– **Sweep Parameter** – вариация параметров компонентов схемы;

➤ Щелчками на **Add** открыть необходимое число полей для параметров, подлежащих вариации, с учетом ограничения на максимально допустимое количество параметров, и указать для каждого параметра принцип вариации – изменение по линейному закону (*Linear*), десятикратными (*Decade*), двукратными (*Octave*) шагами или по списку значений (*List*);

➤ Для выбранного закона изменения параметра указать пределы изменения значений параметра (*From* – *To*) и шаг (*Step*) для линейного закона, число шагов на де-

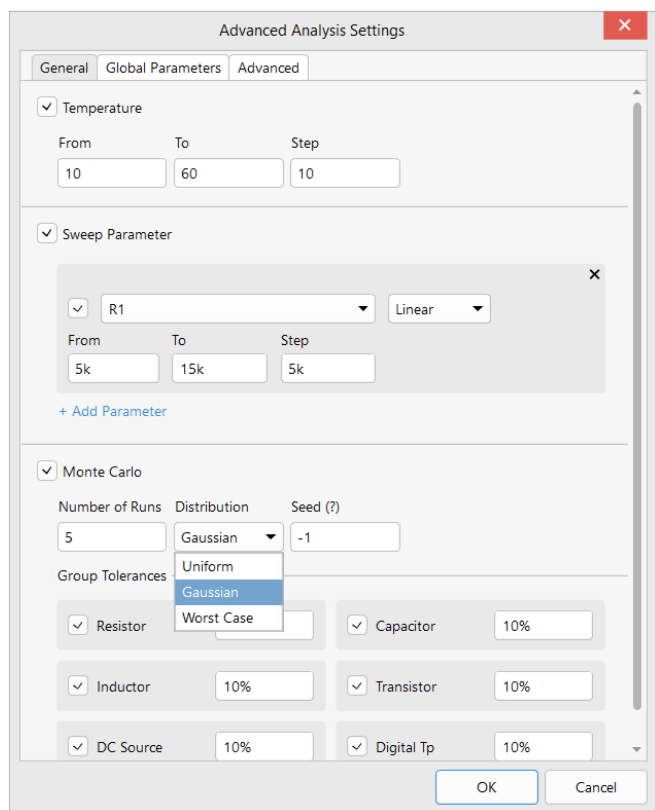


Рисунок 10

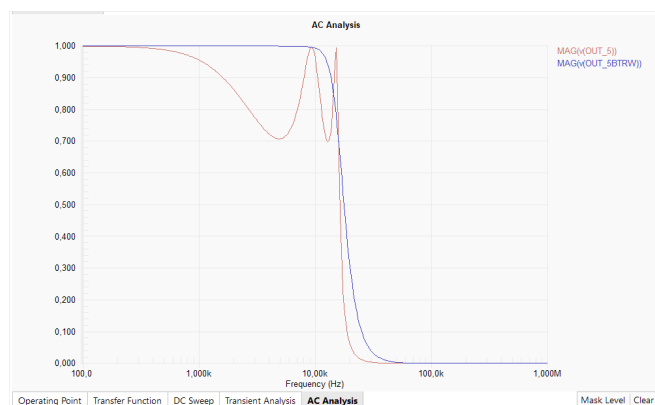


Рисунок 11

каду или октаву (*Points/Dec*, *Points/Oct*) либо ввести список значений (*Values*).

– **Monte Carlo** – моделирование воздействия разброса значений параметров компонентов схемы методом случайных проб (метод Монте Карло):

➤ Указать число прогонов задачи (*Number of Runs*);

➤ Выбрать закон распределения разброса параметров (*Distribution*);

✓ **Uniform** – равномерное распределение;

✓ **Gaussian** – нормальное (гауссово) распределение;

✓ **Worst Case** – худший случай соче-

тания разбросов;

➤ Указать значение параметра *Seed*, в пределах от 1 до 32767, задающее последовательность, вырабатываемую генератором псевдослучайных чисел, определяющих величину отклонения параметров компонентов в процессе анализа. Значению «минус 1» соответствует последовательность, вырабатываемая по умолчанию.

➤ Установкой флажка ☒ выбрать и активизировать вариацию значений параметров определенного класса компонентов схемы и указать величину среднеквадратического значения отклонений от номинала.

• Вкладка **Global Parameters** – назначение глобальных параметров задачи, аналогично настройке задания на моделирование прежних версий *Altium Designer*.

• Вкладка **Advanced** – на данной вкладке открывается доступ к редактированию нескольких десятков установок, определяющих режим работы вычислительного ядра системы моделирования, так же аналогично установкам, принятым в ранних версиях программы.

• Щелчком на **OK** завершить настройки. В случае, если выполнялись расширенные настройки, в нижней строке секции **Analysis Setup & Run** панели **Simulation Dashboard** (рис. 9, а) отображаются флажки активности выполнения вариаций температуры (☒ *Temp. Sweep*), параметров (☒ *Sweep*), анализа Монте Карло (☒ *Monte Carlo*).

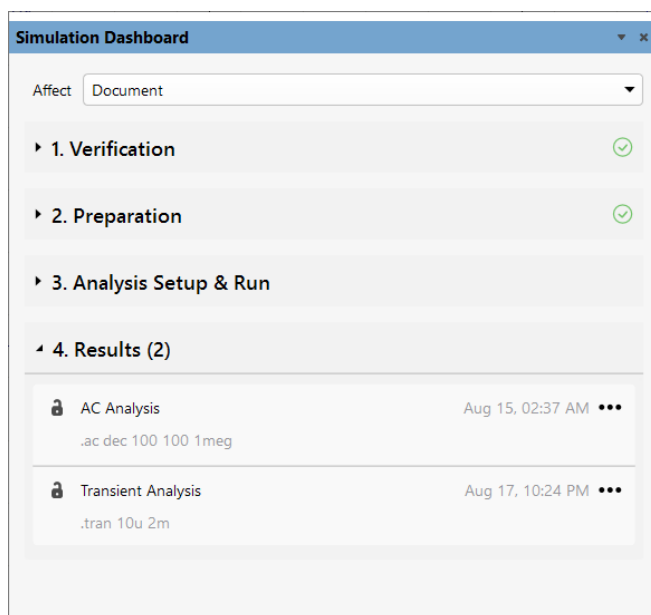


Рисунок 12

• Командой-кнопкой **Run** запустить выполнение задачи анализа частотной характеристики пары ФНЧ, рис. 1. Результат показан на рис. 11.

7. В случае запуска выполнения задания по каждому виду моделирования из панели **Simulation Dashboard** результат отображается на экране монитора каждый раз только для одного вида моделирования. Доступ к просмотру результатов всех прогонов задания открывается щелчком на значке ► против обозначения секции «4. Results». Открывается список всех выполненных прогонов, и по щелчку на заголовках «AC Analysis» и др. результат для указанного вида моделирования выводится на экран.

Просмотр всех полученных результатов в едином пакете оказывается доступен, если задание исполняется по команде главного меню программы **Simulate | Run Simulation**. В нижнем обрамлении экрана обозначаются вкладки, указывая на которые можно вызвать на экран результаты по каждому назначенному режиму моделирования.

### Использование глобальных параметров

Рассмотрим еще один пример параметрического анализа – исследование частотной характеристики операционного усилителя, охваченного петлей отрицательной обратной связи, так называемой масштабирующей конфигурации (рис. 13). Известно, что в подобных конфигурациях усиление «обменивается» на ширину полосы пропускания усилителя – с увеличением глубины обратной связи усиление схемы уменьшается, но в такой же степени расширяется полоса пропускания. Построим семейство частотных характеристик приведенной конфигурации при изменении скачками глубины обратной связи. Пусть при каждом новом значении глубины обратной связи усиление масштабирующей конфигурации по постоянному току изменяется на 10 дБ. Для этого следует изменять сопротивление резистора обратной связи R3 по закону геометрической прогрессии:

$$R3 = R2 \times 3,17^k, \text{ где } k = 0, 1, 2, \dots, 10 \quad (1)$$

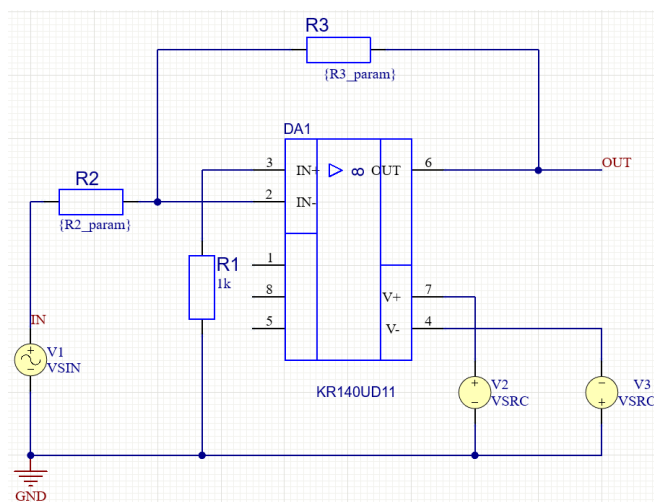


Рисунок 13

При этом коэффициент усиления схемы по напряжению на нулевой частоте составит при изменении показателя степени  $k$  следующие значения:

$$K_{\text{OOC}} = 1, 3,17, 10, 31,7, 100, \dots 100000 \quad (2)$$


или, в децибелах:

$$K_{\text{дБ}} = 20 \lg K_{\text{OOC}} = 0, 10, 20, 30, 40, \dots 100 \quad (3)$$

С ростом частоты сигнала усиление уменьшается с крутизной снижения приблизительно 20 дБ/дек, за счет действия первого полюса комплексной частотной характеристики операционного усилителя.

Чтобы добиться такого закона изменения усиления можно воспользоваться аппаратом управления глобальными параметрами.

1. В схеме масштабирующей конфигурации (рис. 13) активизировать редактирование значений сопротивления резисторов R2 и R3 и ввести значение *Value* в виде параметра в формате {R2\_param} и {R3\_param}.

2. В секции **AC Sweep** панели **Simulation Dashboard** кнопкой  **Settings** открыть диалоговое окно расширенных настроек **Advanced Analysis Settings** (рис. 14, а).

3. Аналогично схеме, показанной на рис. 9, определить выражение для отображения в выходных данных: указать выходной сигнал V(out) и пересчет в децибелы, *Magnitude (dB)*, относительно значения 1В.



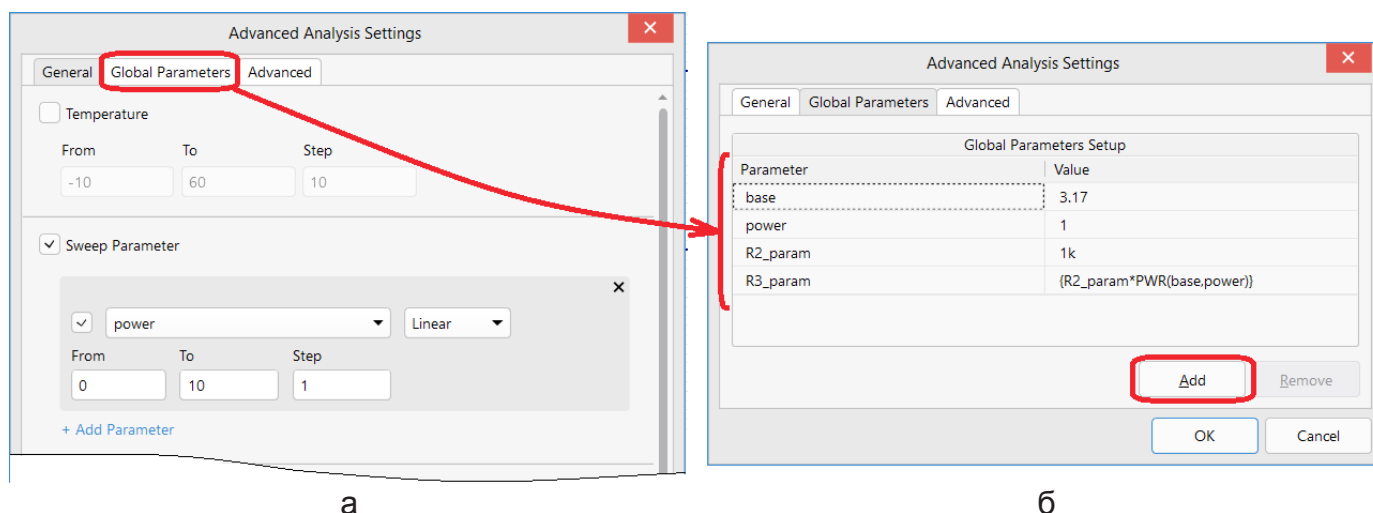


Рисунок 14

Результат – выражение  $\text{dB}(\text{V}(\text{out})/10\text{m})$ .

4. Перейти на вкладку **Global Parameters** (рис. 14, б).

5. Щелчками на кнопке **Add** образовать четыре глобальных параметра и присвоить им значения *Value*:

- **base** – основание степени в степенном выражении (1): значение 3.17;
- **power** – показатель степени: значение 1;
- **R2\_param** – сопротивление резистора R2: значение 1k (1 кОм);
- **R3\_param** – сопротивление резистора обратной связи R3 из выражения (1): значение *Value* определяется выражением в формате языка моделирования *PSpice*:  $\{R2\_param * PWR(base, power)\}$ .

3. Щелчком на **OK** вернуться в окно расширенных настроек (рис. 14, а) и установить флажок ☒ **Sweep Parameter**.

4. Выбрать параметр, подлежащий вариации – показатель степени *power*.

5. Ввести пределы и шаг вариации параметра:

- **From** – начальное значение: присвоить значение 0 (нуль);
- **To** – конечное значение: присвоить значение 10;
- **Step** – шаг вариации: присвоить значение 1.

6. Указать правило изменения значений параметра **Linear** – линейное.

7. Кнопкой **Run** запустить выполнение задачи. Результат показан на рис. 15.

Видим, что полоса пропускания конфигурации на уровне минус 3 дБ от максимального усиления 99 дБ составляет 497

Гц и расширяется до 10 МГц при усилении 0 дБ. Это так называемая частота единичного усиления, значение которой дается в паспортных данных операционных усилителей. Полученное значение близко к паспортному значению для усилителя КР140УД11.

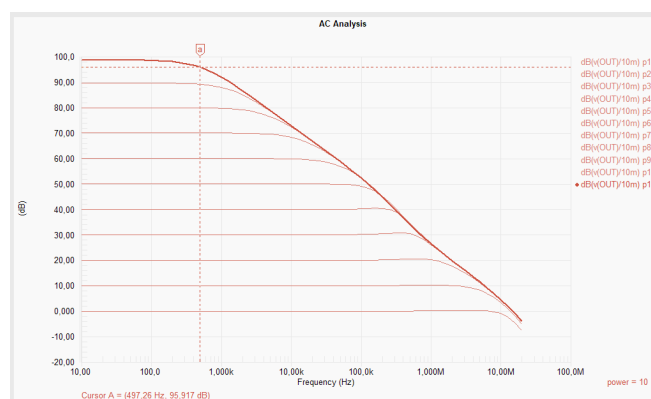


Рисунок 15

Подводя итог проведенному рассмотрению, можно сделать вывод, что функционал новой версии системы схемотехнического моделирования в основном сохранился. При рассмотрении настройки анализа методом Монте Карло не удалось обнаружить возможности индивидуального задания разброса значений параметров «избранных», критических компонентов. Моделирование цифровых узлов методами SPICE-технологии также не представляет трудности. Дело только за SPICE-моделями цифровой компонентной базы малой и средней степени интеграции, которых явно недостаточно для восполнения пробела, возникающего вследствие отказа от моделей на языке описания Digital SimCode.

УДК 621.3:8:004.656:007.52:006.74:006.354

## Результаты деятельности ТК 165 «САПР электроники» за пять лет

**Ильин Сергей Александрович**

Ответственный секретарь технического комитета по стандартизации ТК 165  
«Системы автоматизированного проектирования электроники» (Росстандарт),  
Генеральный директор ООО «АСКМ «Прогресс»  
ilyin@askm-progress.com

### Аннотация

В статье подробно рассмотрены национальные стандарты в области систем автоматизированного проектирования электроники, разработанные в техническом комитете по стандартизации ТК 165 за последние пять лет, утверждённые Росстандартом и введённые в действие. Представленные стандарты разбиты на восемь групп. Дается мнение профессионального сообщества, а также мнение Минпромторга РФ. Сказано о привлечении всех желающих к разработке новых стандартов.

**Ключевые слова:** национальные стандарты, виртуальные испытания, электронная компонентная база, карты рабочих режимов, надёжность электроники, информационное обеспечение, технические характеристики, модели SPICE, автоматизация схемотехнического моделирования, автоматизация проектирования печатных плат.

## Results of the activities of the technical committee for standardization TC 165 «Computer-aided design systems for electronics» for five years

Ilyin S.A.

### Abstract

This article provides a detailed examination of national standards in the field of computer-aided design systems for electronics developed by the Technical Committee for Standardization TC 165 over the past five years, approved by Rosstandart, and implemented. The presented standards are divided into eight groups. The opinions of the professional community and the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation are presented. The article also emphasizes the involvement of all interested parties in the development of new standards.

**Keywords:** national standards, virtual tests, electronic component base, operating mode maps, electronic reliability, information support, technical characteristics, SPICE models, automated circuit simulation, automated printed circuit board design.

### Введение

22 апреля 2025 года исполнилось 5 лет со дня выхода Приказа Росстандарта о создании технического комитета по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизи-

рованного проектирования электроники». За это время утверждены Росстандартом и введены в действие 86 национальных стандартов (ГОСТ Р), разработанных в ТК 165. Данные стандарты можно распределить на

следующие группы:

1. Стандарты общего характера.
2. Виртуальные испытания электроники на внешние воздействия.
3. Карты рабочих режимов ЭКБ.
4. Надёжность электроники.
5. Информационное обеспечение САПР электроники: технические характеристики электронных компонентов.
6. Модели SPICE.
7. Автоматизация схемотехнического моделирования.
8. Автоматизация проектирования печатных плат, в том числе СВЧ, а также программируемых логических интегральных схем.

Рассмотрим их последовательно.

## 1 Стандарты общего характера

**1. ГОСТ Р 70290-2022 САПР электроники. Термины и определения**

**2. ГОСТ Р 70291-2022 САПР электроники. Состав и структура САПР электронной аппаратуры**

**3. ГОСТ Р 70607-2022 САПР электроники. Состав и структура САПР печатных узлов**

**4. ГОСТ Р 70608-2022 САПР электроники. Состав и структура САПР ЭКБ**

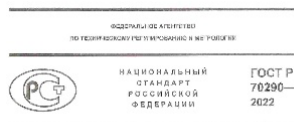
**5. ГОСТ Р 71794-2024 САПР электроники. База данных параметров ЭКБ и материалов. Общие положения**

Впервые за всю историю стандартизации в СССР и России стали разрабатываться стандарты в области САПР электроники. И впервые дано определение САПР

электроники. **Согласно ГОСТ Р 70290-2022 САПР электроники. Термины и определения:**

**Система автоматизированного проектирования электроники (САПР электроники):** Инструментарий проектировщика, предназначенный для автоматизации проектирования электронной аппаратуры и электронной компонентной базы, включая создание их схемы, топологии и конструкции, схемотехническое и конструкторское моделирование и виртуальные испытания на внешние воздействующие факторы, создание карт рабочих режимов электронной компонентной базы, анализ показателей надёжности электроники и создание цифрового двойника электроники, на конкретном предприятии на всех этапах – от выдачи технического задания до передачи проекта заводу-изготовителю. Примечание – Инструментарий проектировщика включает в себя 7 видов обеспечения: техническое, математическое, лингвистическое, программное, информационное, методическое, организационное.

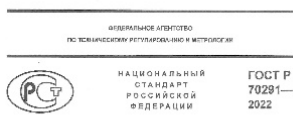
Причиной разработки **ГОСТ Р 70291-2022** является необходимость автоматизированного проектирования электронной аппаратуры (ЭА), включая создание схемы, топологии и конструкции, схемотехническое и конструкторское моделирование и виртуальные испытания на внешние воздействующие факторы (ВВФ), создание карт рабочих режимов (КРР) электронной компонентной базы (ЭКБ), анализ показателей надёжности ЭА и создание цифрового



Системы автоматизированного проектирования электроники  
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ



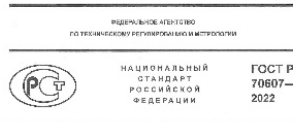
УТВЕРЖЕНО  
Техническим комитетом по стандартизации ТК 261



Системы автоматизированного проектирования электроники  
СОСТАВ И СТРУКТУРА  
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ



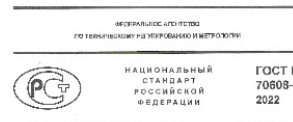
УТВЕРЖЕНО  
Техническим комитетом по стандартизации ТК 261



Системы автоматизированного проектирования электроники  
СОСТАВ И СТРУКТУРА  
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ



УТВЕРЖЕНО  
Техническим комитетом по стандартизации ТК 261



Системы автоматизированного проектирования электроники  
СОСТАВ И СТРУКТУРА  
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ  
КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ



УТВЕРЖЕНО  
Техническим комитетом по стандартизации ТК 261



двойника ЭА.

ГОСТ Р 70291-2022 распространяется на САПР ЭА. Его целью является автоматизация проектирования ЭА с применением математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА на ВВФ на ранних этапах проектирования, снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Причиной разработки **ГОСТ Р 70607-2022** является необходимость автоматизированного проектирования печатных узлов (ПУ) ЭА, включая создание схемы, топологии и конструкции, схемотехническое и конструкторское моделирование и виртуальные испытания на ВВФ, создание КРП ЭКБ, анализ показателей надёжности ЭА и создание цифрового двойника ПУ ЭА, для снижения затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

ГОСТ Р 70607-2022 распространяется на САПР ПУ ЭА. Его целью является автоматизация проектирования ПУ ЭА с применением математического моделирования и виртуальных испытаний ПУ ЭА на ВВФ на ранних этапах проектирования, снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Причиной разработки **ГОСТ Р 70608-2022** является необходимость автоматизированного проектирования ЭКБ, включая создание схемы, топологии и конструкции, схемотехническое и конструкторское моделирование и виртуальные испытания на ВВФ и создание цифрового двойника ЭКБ, для снижения затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

ГОСТ Р 70608-2022 распространяется на САПР ЭКБ. Его целью является автоматизация проектирования ЭКБ с применением математического моделирования и виртуальных испытаний ЭКБ на ВВФ на ранних этапах проектирования, снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Разработка **ГОСТ Р 71794-2024** вызвана необходимостью автоматизированного анализа стойкости ЭА к комплексным те-

пловым, механическим, электромагнитным воздействиям, усталостной прочности к тепломеханическим воздействиям, создания КРП ЭКБ, анализа показателей надёжности ЭА и создания цифровых двойников ЭА для снижения затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок. При решении этих задач требуются параметры ЭКБ, материалов, а также радиаторов и виброизоляторов.

Отличительной особенностью САПР электроники является наличие базы данных (БД) ЭКБ, содержащей множество параметров. Эта БД должна быть не только и не столько справочной. Она должна сопрягаться с различными подсистемами САПР электроники и автоматически передавать необходимые для автоматизированного проектирования данные по полным условиям записям ЭКБ, наименованиям материалов, радиаторов, виброизоляторов.

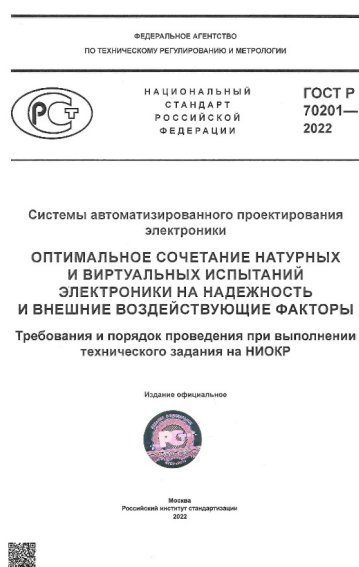
Настоящий стандарт распространяется на БД ЭКБ и материалов. Целью стандарта является создание и применение БД ЭКБ и материалов в процессе автоматизированного анализа стойкости ЭА к комплексным тепловым, механическим, электромагнитным воздействиям, усталостной прочности к тепломеханическим воздействиям, создания карт рабочих режимов, анализа показателей надёжности и создания цифровых двойников ЭА, снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

## 2 Виртуальные испытания электроники на внешние воздействия

**1. ГОСТ Р 70201-2022 САПР** электроники. Оптимальное сочетание натуральных и **виртуальных испытаний** электроники на надёжность и внешние воздействующие факторы. Требования и порядок проведения при выполнении технического задания на НИОКР

В настоящее время при выполнении работ по государственным контрактам по разработке и постановке электроники на производство возникают непреодолимые препятствия при выполнении требований технических заданий на научно-исследова-

тельские и опытно-конструкторские работы (НАОКР) по испытаниям, указанным в ГОСТ 15.016. В результате при выполнении НАОКР большинство испытаний в принципе не может быть проведено, что чревато возникновением отказов при эксплуатации электроники в составе авиационной, космической, военной, железнодорожной, автомобильной, судовой и другой ответственной техники, приводящих к катастрофам и человеческим жертвам. Выходом из создавшегося положения может быть только оптимальное сочетание натуральных и виртуальных испытаний электроники, информация о котором отсутствует в ГОСТ 15.016.



Разработка настоящего стандарта вызвана необходимостью автоматизированного проектирования ЭА и ЭКБ, включая создание схемы, топологии и конструкции, схемотехническое и конструкторское моделирование и виртуальные испытания на ВВФ, создание карт рабочих режимов ЭКБ, анализ показателей надёжности ЭА и создание цифрового двойника ЭА, для снижения затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Настоящий стандарт распространяется на САПР ЭА и ЭКБ. Его целью является автоматизация проектирования ЭА и ЭКБ с применением математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА и ЭКБ на ВВФ на ранних этапах проектирования,

снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Применение математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА и ЭКБ на ВВФ на ранних этапах проектирования до изготовления опытного образца позволит избежать отказов ЭА и ЭКБ или значительно сократить отказы на этапе испытаний опытного образца, сокращая тем самым количество испытаний опытного образца, возможные итерации по доработке схем и конструкций, затраты на разработку ЭА и ЭКБ при одновременном повышении качества и надёжности, в том числе в критических режимах работы, что делает ЭА и ЭКБ конкурентоспособными на отечественном и международном рынке.

Использование при создании ЭА и ЭКБ натуральных испытаний на ВВФ невозможно, так как схему и конструкцию ЭА создают еще до изготовления опытного образца. Виртуализация испытаний ЭА и ЭКБ на ВВФ на ранних этапах проектирования является безальтернативной. Без применения математического моделирования невозможно определить показатели стойкости к ВВФ и надёжности. Такой подход является информативным, так как благодаря ему на этапе проектирования отслеживается большинство возможных отказов ЭА и ЭКБ по электрическим, тепловым, механическим, электромагнитным и другим характеристикам, и эффективным, так как из-за недоработок проектирования ЭА и ЭКБ, вскрытых уже путем натуральных испытаний, возможно множество итераций: доработка проекта – испытания опытного образца – доработка проекта и т. д., что значительно увеличивает сроки и стоимость разработки.

Данный стандарт, подкреплённый единственным советским и российским программным обеспечением в области виртуальных испытаний электроники АСОНИКА (разработчик ООО «НИИ «АСОНИКА»), которому 46 лет, не имеющим мировых аналогов, позволяет создавать высоконадёжную отечественную электронику с минимальными затратами и в минимальные сроки и, тем самым, **достичь технологического суверенитета России, курс на который**

обозначил Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин.

2. ГОСТ Р 71836-2024 Методы математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и электронной аппаратуры на механические воздействия при проектировании

### Электронная аппаратура

3. ГОСТ Р 71132-2023 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие статических нагрузок

4. ГОСТ Р 70975-2023 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации

5. ГОСТ Р 70914-2023 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие случайной вибрации

6. ГОСТ Р 70911-2023 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие одиночного механического удара

7. ГОСТ Р 71133-2023 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие линейного ускорения

8. ГОСТ Р 70912-2023 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие акустического шума

9. ГОСТ Р 70913-2023 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на стационарные тепловые воздействия

10. ГОСТ Р 70915-2023 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на нестационарные тепловые воздействия



### ЭКБ

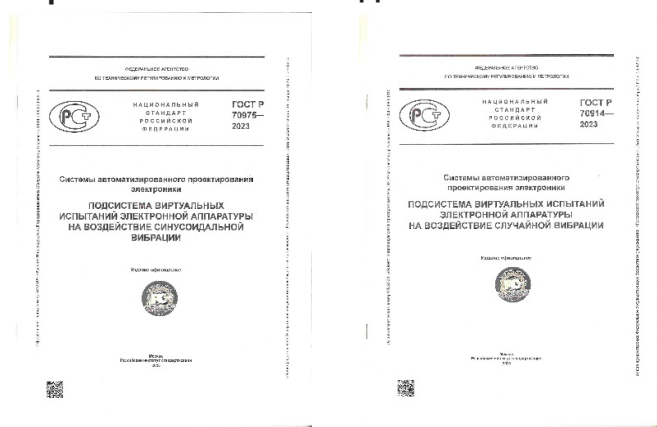
11. ГОСТ Р 71134-2023 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний ЭКБ на воздействие случайной вибрации

12. ГОСТ Р 71795-2024 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний ЭКБ на воздействие одиночного механического удара

13. ГОСТ Р 71135-2023 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний ЭКБ на воздействие многократного механического удара

14. ГОСТ Р 71130-2023 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний ЭКБ на воздействие акустического шума

15. ГОСТ Р 71131-2023 САПР электроники. Подсистема виртуальных испытаний ЭКБ на стационарные тепловые воздействия







Системы автоматизированного проектирования электроники  
ПОДСИСТЕМА ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ  
НА ВОЗДЕЙСТВИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА

Издание официальное



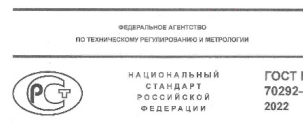
Москва  
Российский институт стандартизации  
2023

Системы автоматизированного проектирования электроники  
ПОДСИСТЕМА ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ  
БАЗЫ НА СТАЦИОНАРНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ

Издание официальное



Москва  
Российский институт стандартизации  
2023



Системы автоматизированного проектирования электроники  
ПОДСИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
СОЗДАНИЯ КАРТ РАБОЧИХ РЕЖИМОВ  
ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Издание официальное



Москва  
Российский институт стандартизации  
2022

Данные стандарты также подкреплены программным обеспечением АСОНИКА. Таким образом, выполняется принцип академика Шалумова Александра Славовича, председателя ТК 165 и Генерального директора ООО «НИИ «АСОНИКА»: **«Каждый стандарт должен быть подкреплён инструментом для его исполнения»**. Иначе стандарт останется только на бумаге.

Разработчики системы АСОНИКА вложили в их реализацию весь свой многолетний опыт, связанный с созданием и внедрением в промышленность Российской Федерации **Автоматизированной системы обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА** (<https://asonika-online.ru/news/450/>).

### 3 Карты рабочих режимов ЭКБ

**1. ГОСТ Р 70292-2022 САПР электроники.** Подсистема автоматизированного создания карт рабочих режимов электронной компонентной базы

**2. ГОСТ Р 71829-2024 Методы создания карт рабочих режимов ЭКБ** на основе математического моделирования и виртуализации испытаний ЭКБ и электронной аппаратуры на внешние воздействующие факторы при проектировании

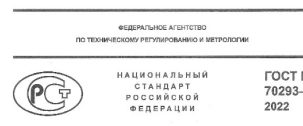
Причиной разработки данных стандартов является необходимость автоматизированного создания карт рабочих режимов (КРР) ЭКБ на ранних этапах проектирования ЭА на основе математического моделирования и виртуальных испытаний ЭКБ

и ЭА на ВВФ для снижения затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Стандарт распространяется на КРР ЭКБ в составе ЭА. Его целями являются автоматизация создания КРР ЭКБ с применением математического моделирования и виртуальных испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ на ранних этапах проектирования, снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

## 4 Надёжность электроники

**1. ГОСТ Р 70293-2022 САПР электроники.** Подсистема автоматизированного анализа показателей надёжности электронной аппаратуры



Системы автоматизированного проектирования электроники  
ПОДСИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ  
ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Издание официальное



Москва  
Российский институт стандартизации  
2022

Причиной разработки стандарта является необходимость автоматизированного анализа показателей надёжности ЭА на ранних этапах проектирования ЭА на основе математического моделирования и виртуальных испытаний ЭКБ и ЭА на внешние воздействующие факторы (ВВФ) и КРР ЭКБ для снижения затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Стандарт распространяется на показатели надёжности ЭА. Его целью является автоматизация анализа показателей надёжности ЭА с применением математического моделирования и виртуальных испытаний ЭКБ и ЭА на ВВФ и КРР ЭКБ, снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

## **5 Информационное обеспечение САПР электроники: технические характеристики электронных компонентов**

**1. ГОСТ Р 59988.00.0-2022** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Общие положения**

**2. ГОСТ Р 59988.02.1-2022** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Микросхемы интегральные. Спецификации декларативных знаний по техническим характеристикам**

**3. ГОСТ Р 59988.02.2-2022** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Микросхемы интегральные. Перечень технических характеристик**

**4. ГОСТ Р 59988.03.1-2022** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Приборы и модули полупроводниковые. Спецификации декларативных знаний по техническим характеристикам**

**5. ГОСТ Р 59988.03.2-2022** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Приборы и модули полупроводниковые. Перечень технических**

**характеристик**

**6. ГОСТ Р 59988.04.1-2022** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Приборы оптоэлектронные. Спецификации декларативных знаний по техническим характеристикам**

**7. ГОСТ Р 59988.04.2-2022** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Приборы оптоэлектронные. Перечень технических характеристик**

**8. ГОСТ Р 59988.05.1-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Изделия квантовой электроники. Спецификации декларативных знаний по техническим характеристикам**

**9. ГОСТ Р 59988.05.2-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Изделия квантовой электроники. Перечень технических характеристик**

**10. ГОСТ Р 59988.06.1-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Лампы электровакуумные, приборы газоразрядные и рентгеновские. Спецификации декларативных знаний по техническим характеристикам**

**11. ГОСТ Р 59988.06.2-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Лампы электровакуумные, приборы газоразрядные и рентгеновские. Перечень технических характеристик**

**12. ГОСТ Р 59988.07.1-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Трубки электронно-лучевые приемные и преобразовательные. Спецификации декларативных знаний по техническим характеристикам**

**13. ГОСТ Р 59988.07.2-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Трубки электронно-лучевые приемные и преобразовательные.**

**Перечень технических характеристик**

**14. ГОСТ Р 59988.08.1-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Приборы фоточувствительные. Спецификации декларативных знаний** по техническим характеристикам

**15. ГОСТ Р 59988.08.2-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Приборы фоточувствительные. Перечень технических характеристик**

**16. ГОСТ Р 59988.09.1-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Индикаторы знаковинтезирующие и видеомодули. Спецификации декларативных знаний** по техническим характеристикам

**17. ГОСТ Р 59988.09.2-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Индикаторы знаковинтезирующие и видеомодули. Перечень технических характеристик**

**18. ГОСТ Р 59988.10.1-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Приборы пьезоэлектрические и фильтры электромеханические. Спецификации декларативных знаний** по техническим характеристикам

**19. ГОСТ Р 59988.10.2-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Приборы пьезоэлектрические и фильтры электромеханические. Перечень технических характеристик**

**20. ГОСТ Р 59988.11.1-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Резисторы и конденсаторы. Спецификации декларативных знаний** по техническим характеристикам

**21. ГОСТ Р 59988.11.2-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Резисторы и конденсаторы. Перечень технических характеристик**

**22. ГОСТ Р 59988.12.1-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение.

Технические характеристики электронных компонентов. **Трансформаторы и дроссели. Спецификации декларативных знаний** по техническим характеристикам

**23. ГОСТ Р 59988.12.2-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Трансформаторы и дроссели. Перечень технических характеристик**

**24. ГОСТ Р 59988.13.1-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. **Изделия коммутационные (реле, контакторы, переключатели и др.). Спецификации декларативных знаний** по техническим характеристикам

**25. ГОСТ Р 59988.13.2-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. **Изделия коммутационные (реле, контакторы, переключатели и др.). Перечень технических характеристик**

**26. ГОСТ Р 59988.14.1-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. **Соединители электрические, изделия электроустановочные и присоединительные. Спецификации декларативных знаний** по техническим характеристикам

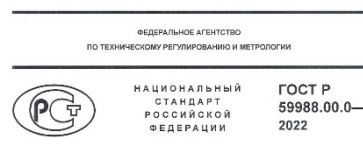
**27. ГОСТ Р 59988.14.2-2024** САПР электроники. Информационное обеспечение. **Соединители электрические, изделия электроустановочные и присоединительные. Перечень технических характеристик**

**28. ГОСТ Р 59988.01.1-2025** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Изделия СВЧ. Спецификации декларативных знаний** по техническим характеристикам

**29. ГОСТ Р 59988.01.2-2025** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Изделия СВЧ. Перечень технических характеристик**

**30. ГОСТ Р 59988.15.1-2025** САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. **Машины электрические малой мощности. Спецификации декларативных знаний** по техническим характеристикам





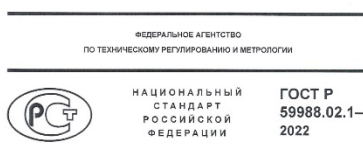
## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

Информационное обеспечение.  
Технические характеристики  
электронных компонентов.  
Общие положения

Издание официальное



Москва  
Российский институт стандартизации  
2022



## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

Информационное обеспечение.  
Технические характеристики  
электронных компонентов.  
Микросхемы интегральные.  
Спецификации декларативных знаний  
по техническим характеристикам

Издание официальное



Москва  
Российский институт стандартизации  
2022



## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

Информационное обеспечение.  
Технические характеристики  
электронных компонентов.  
Микросхемы интегральные.  
Перечень технических характеристик

Издание официальное



Москва  
Российский институт стандартизации  
2022

**31. ГОСТ Р 59988.15.2-2025 САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Машины электрические малой мощности. Перечень технических характеристик**

**32. ГОСТ Р 59988.16.1-2025 САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Источники тока. Спецификации декларативных знаний по техническим характеристикам**

**33. ГОСТ Р 59988.16.2-2025 САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Источники тока. Перечень технических характеристик**

**34. ГОСТ Р 59988.17.1-2025 САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Кабели, провода и шнуры электрические. Спецификации декларативных знаний**

**35. ГОСТ Р 59988.17.2-2025 САПР электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Кабели, провода и шнуры электрические. Перечень технических характеристик**

**36. ГОСТ Р 59988.04.3-2025 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Приборы оптоэлек-**

**тронные. Классификация**

**37. ГОСТ Р 59988.05.3-2025 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Изделия квантовой электроники. Классификация**

**38. ГОСТ Р 59988.09.3-2025 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Индикаторы знаковосинтезирующие и видеомодули. Классификация**

**39. ГОСТ Р 59988.15.3-2025 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Машины электрические малой мощности. Классификация**

**40. ГОСТ Р 59988.16.3-2025 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Источники тока. Классификация**

**41. ГОСТ Р 59988.18.1-2025 Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Функциональные устройства (унифицированные источники вторичного электропитания, усилители электрические, преобразователи угла и сигналов и другие). Спецификации декларативных знаний по техническим характеристикам**

**42. ГОСТ Р 59988.18.2-2025** Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. **Функциональные устройства (унифицированные источники вторичного электропитания, усилители электрические, преобразователи угла и сигналов и другие). Перечень технических характеристик**

Целью комплекса стандартов по техническим характеристикам электронных компонентов является повышение семантической однозначности данных по техническим характеристикам ЭКБ; снижение затрат на разработку, объединение и обслуживание баз данных, баз знаний и других информационных ресурсов, использующих данные по ЭКБ; стандартизация и унификация атрибутов технических характеристик ЭКБ.

Комплекс стандартов по техническим характеристикам электронных компонентов представляет собой совокупность отдельно издаваемых стандартов. Эти стандарты относятся к одной из следующих тематических групп: «Спецификации декларативных знаний», «Перечень технических характеристик» и «Классификация». Стандарты комплекса могут относиться как ко всем электронным компонентам, так и к отдельным группам объектов стандартизации.

Применение стандартов этого комплекса позволит обеспечить семантическую однозначность данных по техническим характеристикам ЭКБ, уменьшив тем самым:

- затраты на разработку и эксплуатацию информационных ресурсов по ЭКБ;

- затраты на интеграцию информационных ресурсов по ЭКБ при одновременном повышении качества данных.

## **6 Модели SPICE**

**1. ГОСТ Р 70756-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Модели SPICE. **Термины и определения**

**2. ГОСТ Р 70806-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Порядок разработки моделей SPICE. **Постановка задачи**

**3. ГОСТ Р 70807-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Порядок разработки моделей SPICE. **Описание**

**модели**

**4. ГОСТ Р 70838-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Порядок разработки моделей SPICE. **Общие требования**

**5. ГОСТ Р 70839-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Порядок разработки моделей SPICE. **Стадии жизненного цикла**

**6. ГОСТ Р 70884-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Модели SPICE. **Общие положения**

**7. ГОСТ Р 70976-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Порядок разработки моделей SPICE. **Правила написания элементов**

**8. ГОСТ Р 70977-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Модели SPICE. **Порядок применения**

**9. ГОСТ Р 71128-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Модели SPICE. **Требования к миграции**

**10. ГОСТ Р 71129-2023** САПР электроники. Информационное обеспечение. Модели SPICE. **Требования к конвертированию моделей SPICE**

Увеличение степени интеграции современных изделий электронной техники существенно усложняет процессы их проектирования. Это связано с ростом размерности задач и затрат на их решение.

Методы автоматизированного проектирования электроники находятся на этапе постоянного совершенствования. В системах автоматизированного проектирования компьютерные модели становятся одной из форм представления результатов проектно-конструкторской деятельности. При этом одновременно возрастает роль компьютерного моделирования процессов, позволяющего существенно сократить затраты на испытания в ходе создания изделий. Комплекс национальных стандартов «SPICE» разработан с целью обеспечения унификации и формализации процессов разработки, применения, конвертирования и миграции моделей SPICE. Лингвистической основой для разработки комплекса национальных стандартов «SPICE» послужили эксплуатационные документы систем автоматизированного проектирования.

## **7 Автоматизация схемотехнического моделирования**

**1. ГОСТ Р 71269-2024** САПР электроники. Типовой маршрут проектирования и **моделирования** аналоговых и смешанных цифро-аналоговых **электрических схем**

Причиной разработки стандарта является необходимость стандартизации процесса моделирования аналоговых и смешанных цифро-аналоговых электрических схем, входящих в состав проектируемой ЭА.

Стандарт распространяется на маршрут моделирования электрических схем, то есть проведение виртуальных испытаний схемы и подсхемы, процедур оптимизации, выбор оптимального схемотехнического решения, с применением автоматизированных систем проектирования и виртуального моделирования электрических схем. Его цель – автоматизация разработки электрических принципиальных схем, с применением математического моделирования, и снижение затрат на разработку, производство и обслуживание ЭА за счет повышения качества разработок и скорости проектирования.

## **8 Автоматизация проектирования печатных плат, в том числе СВЧ, а также программируемых логических интегральных схем**

**1. ГОСТ Р 71264-2024** САПР электроники. **Технологическая подготовка производства** печатных плат в системах автоматизированного проектирования

Причиной разработки стандарта является необходимость выполнения технологической подготовки проектов печатной платы (ПП) как отдельного этапа после выполнения автоматизированного проектирования электронной аппаратуры. После завершения этапов создания схемы, разработки топологии и конструкции требуется выполнить проверку технологичности полученного проекта с точки зрения качественного производства печатной платы и дальнейшей сборки (монтажа) ПП, а также подготовить мультиплицированную панель для автоматизированного монтажа, что обеспечит повышение качества продукции и снизит стоимость производства.

Стандарт распространяется на процесс обработки производственных файлов

ПП в автоматизированной системе технологической подготовки производства. Его целью является автоматизация обработки и анализа производственных файлов ПП с применением математического моделирования, снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

В стандарте описан только этап технологической обработки проекта перед передачей файлов на завод – изготовитель печатных плат. Данный стандарт не рассматривает процессы подготовки производства на заводе – изготовителе печатных плат.

**2. ГОСТ Р 71265-2024** САПР электроники. **Анализ целостности сигналов** и питания на печатных платах. Маршрут анализа проектов и обработка результатов

Разработка стандарта продиктована необходимостью стандартизации выполнения анализа проектов ПП с точки зрения целостности сигналов и питаний на ней как отдельного этапа до начала, в процессе и после окончания выполнения автоматизированного проектирования электронной аппаратуры. После завершения этапа создания схемы, при формировании задания на разработку топологии и конструкции, а также в процессе и по окончании разработки топологии ПП, требуется выполнить верификацию полученного проекта с точки зрения качественного формирования топологии соединений для сигналов, проходящих через печатную плату, и топологии системы земель, питаний, развязывающих конденсаторов и полигонов возвратных токов на печатной плате, в целях обеспечения заданных параметров работы схемы в составе конечного изделия и в заданных условиях эксплуатации. В литературе принято называть эту операцию анализом целостности сигналов и питаний (Signal Integrity, Power Integrity).

Стандарт распространяется на процесс анализа файла проекта ПП в автоматизированной системе виртуального ЭМ моделирования. Его цель – автоматизация обработки и анализа файла проекта ПП с применением математического моделирования, снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

На основе данного стандарта могут



быть основаны этап предварительного анализа (пред-топологического), этап анализа в процессе разработки (встроенного); и обязательным этапом должен являться пост-топологический анализ целостности сигналов и питаний на печатной плате перед тем, как передать файл проекта ПП в технологическую и производственную подготовку. Также в стандарте организации может присутствовать этап «комплексной проверки целостности сигналов и питаний» для нескольких печатных узлов, соединенных кабелями, объединительными панелями, разъемами, или прибора «в сборе».

**3. ГОСТ Р 71266-2024 САПР электроники.** Маршрут проектирования радиочастотных электронных схем и печатных плат **сверхвысокой частоты**

Разработка стандарта продиктована необходимостью стандартизации процесса проектирования радиочастотной и СВЧ электронной аппаратуры, включая разработку структурных схем, электрических принципиальных схем, ПП, радиочастотных фильтров и антенн, входящих в состав проектируемой ЭА.

Стандарт распространяется на весь маршрут проектирования электронных узлов и блоков СВЧ, входящих в состав ЭА, и проведение виртуальных испытаний, процедур оптимизации, выбор оптимального схемотехнического или конструкторского решения с применением автоматизированных систем проектирования и виртуального ЭМ моделирования СВЧ-узлов. Его цель – автоматизация разработки структурных схем, электрических принципиальных схем, печатных плат, трехмерных конструкций, выполняющих обработку или генерацию электромагнитных сигналов высокой и сверхвысокой частоты, с применением математического моделирования и снижение затрат на разработку, производство и обслуживание ЭА за счет повышения качества разработок и скорости проектирования.

Разнообразие конструкторских и схемотехнических решений в области СВЧ-техники крайне велико, и ни одна автоматизированная система проектирования не сможет удовлетворить потребности всех разработчиков и решение всех задач. Однако на рынке существуют достаточно универсальные решения,

содержащие множество специализированных программных инструментов и позволяющие организациям-разработчикам выстроить оптимальный и при этом унифицированный маршрут проектирования СВЧ ЭА, в том числе на основе рекомендаций настоящего стандарта.

**4. ГОСТ Р 71267-2024 САПР электроники.** Маршрут проектирования и верификации **программируемых логических интегральных схем**

Причиной разработки стандарта является необходимость стандартизации процесса проектирования программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) в составе электронной аппаратуры.

Стандарт распространяется на весь маршрут проектирования кода, который загружается в программируемую логическую интегральную схему и задает алгоритм ее функционирования в составе ЭА, а также проведение виртуальных испытаний, процедур оптимизации, выбор оптимального решения, верификации на соответствие требованиям технического задания и устойчивость к воздействию нештатных ситуаций, с применением автоматизированных систем проектирования и моделирования ПЛИС. Его цель – автоматизация процесса разработки ПЛИС с помощью логических схем, машин состояний, кода на языках описания аппаратуры, верификация проектов ПЛИС с применением математического моделирования и снижение затрат на разработку, производство и обслуживание ЭА за счет повышения качества разработок и скорости проектирования.

Разнообразие типов ПЛИС на рынке крайне велико, имеются системы проектирования, ориентированные на работу с конкретными типами ПЛИС или микросхемами производства конкретных вендоров, но ни одна автоматизированная система проектирования не сможет удовлетворить потребности всех разработчиков и решение всех задач. Однако на рынке существуют достаточно универсальные решения, содержащие множество специализированных программных инструментов и позволяющие организациям-разработчикам выстроить оптимальный и при этом унифицированный маршрут проектирования ПЛИС, в том числе на основе рекомендаций данного стандарта.

**5. ГОСТ Р 71268-2024** САПР электроники. **Посадочные места** для компонентов на печатных платах. Размеры и расположение контактных площадок, отверстий, других элементов, защитных зон, элементов чертежа.

Причиной разработки стандарта является необходимость стандартизации процесса разработки посадочных мест компонентов для размещения на печатной плате.

Стандарт распространяется на часть маршрута проектирования электронных узлов, предваряющую разработку топологии печатной платы, и регламентирует принципы подготовки библиотеки посадочных мест компонентов и других объектов, предназначенных для размещения на чертеже проекта печатной платы в САПР электроники.

На рынке существуют достаточно универсальные решения, содержащие множество специализированных программных инструментов и позволяющие организациям-разработчикам выстроить оптимальный и при этом унифицированный маршрут проектирования посадочных мест компонентов, в том числе на основе рекомендаций данного стандарта.

## 9 Мнение профессионального сообщества

В статье Ирины Приборкиной «Виртуальным испытаниям электроники прописали стандарты» (<https://www.comnews.ru/content/222676/2022-10-19/2022-w42/virtualnym-ispytaniyam-elektroniki-propisali-standarty>), размещённой на сайте ComNews «НОВОСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ, ВЕЩАНИЯ И ИТ», высказано мнение профессионального сообщества по поводу стандартизации в области САПР электроники в рамках ТК 165 «САПР электроники».

В статье сказано: «Технический комитет по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники» разработал и обнародовал первую в России линейку национальных стандартов в области виртуальных испытаний электроники, разработанную при участии ООО «НИИ «АСОНИКА». Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», председатель технического комитета по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования

электроники» Александр Шалумов отмечает, что использование при проектировании электронной аппаратуры (ЭА) и электронной компонентной базы (ЭКБ) натурных испытаний на внешние воздействующие факторы (ВВФ) невозможно, так как схему и конструкцию ЭА и ЭКБ создают еще до изготовления опытного образца. Виртуализация испытаний ЭА и ЭКБ на ВВФ на ранних этапах проектирования является безальтернативной. «Без применения математического моделирования невозможно определить показатели стойкости к внешним воздействующим факторам и надежности. Такой подход является информативным, так как благодаря ему на этапе проектирования отслеживается большинство возможных отказов ЭА и ЭКБ по электрическим, тепловым, механическим, электромагнитным и другим характеристикам, и эффективным, так как из-за недоработок проектирования ЭА и ЭКБ, вскрытых уже путем натурных испытаний, возможно множество итераций: доработка проекта – испытания опытного образца – доработка проекта и т. д., что значительно увеличивает сроки и стоимость разработки», – объясняет он. «Многие предприятия России уже применяют систему АСОНИКА и проводят виртуальные испытания на надежность электроники военного, космического и авиационного назначения, создают карты рабочих режимов ЭКБ, однако на основе стандартов своих предприятий и методик, согласованных с разработчиком ПО «АСОНИКА» – ООО «НИИ «АСОНИКА». Сейчас же появились общероссийские документы – ГОСТы, имеющие более высокий статус, чем стандарты предприятий», – говорит Александр Шалумов. По его словам, применение математического моделирования и виртуальных испытаний ЭА и ЭКБ на внешние воздействующие факторы на ранних этапах проектирования до изготовления опытного образца позволит избежать отказов ЭА и ЭКБ или значительно сократить отказы на этапе испытаний опытного образца, сокращая тем самым количество испытаний опытного образца, возможные итерации по доработке схем и конструкций, затраты на разработку ЭА и ЭКБ при одновременном повышении качества и надежности, в том числе в критических режимах работы, что делает

ЭА и ЭКБ конкурентоспособными на отечественном и международном рынке».

Директор центра компетенций инженерного анализа и продуктовой разработки Группы Т1 Александр Собачкин считает, что описанные стандарты дают общую информацию о том, что виртуальные исследования важны и их нужно проводить для электроники. «Безусловно, тема виртуальных исследований для отрасли электроники актуальна и важна как никогда. Это связано в первую очередь с вопросом технологического отставания отечественной электроники от зарубежных аналогов. Продуктов, которые могут качественно проводить виртуальные эксперименты, не так много. На сегодняшний день тема виртуальных экспериментов повсеместно не распространена у отечественных производителей (прямо противоположная картина на западе), они используют либо упрощенные расчеты «на карандаше», либо ограничиваются реальным экспериментом, то есть не используют виртуальные эксперименты совсем. Только те отечественные компании, которые конкурируют с мировыми аналогами, имеют потребность в виртуальных экспериментах», – отметил он.

По его словам, очень нужны продукты со сквозным мультифизическим решением, где один продукт объединяет в себе несколько дисциплин – тепло, прочность, электричество, излучение, влажность – с автоматической передачей данных между дисциплинами, что значительно приближает эксперимент к реальности и делает его проведение более легким для пользователя. «Следование этим стандартам должно увеличить качество продукции в отечественной электронике и сократить разрыв с зарубежными аналогами», – считает Александр Собачкин.

По словам директора центра разработки Artezio (входит в группу «Ланит») Дмитрия Паршина, «стандартизация – это шаг в правильном направлении в любой области». По его словам, стандартизация позволит расширить список доступных программных инструментов для испытаний электроники. «Несмотря на то, что приёмы цифрового моделирования применяются достаточно давно, для России сейчас наступил важный момент продвижения на внутреннем рынке

собственных решений. И чтобы их стало больше, нужны стандарты, описанные правила, которым могут следовать разработчики ПО для виртуализации испытаний», – говорит Дмитрий Паршин.

Директор по стратегическому маркетингу в машиностроении «Аскон» Павел Щербинин отмечает, что применение технологии цифровых двойников в промышленности, в том числе для проведения виртуальных испытаний, требует тщательной проработки нормативной базы. «Сегодня практически любое крупное изделие имеет в своем составе электронную «начинку». Для обеспечения адекватности цифрового двойника изделия должна учитываться и специфика его составных частей: механической части, гидравлики, электроники. В данном случае речь идет о цифровых двойниках электроники на ранних этапах проектирования, изготовления и испытаний электронной аппаратуры и электронной компонентной базы», – говорит он. По его словам, появление таких отраслевых и узкоспециализированных стандартов позволяет упорядочить работу по созданию и применению цифровых двойников.

Директор центра разработки технологий АСУТП «Рексофт Консалтинг» Денис Фролагин отмечает, что как только появилась электроника сразу стали появляться вопросы, связанные с тем, как оценить ее надёжность и работоспособность. «Например, в советское время в Пензе профессором Александром Мартяшиным были разработаны принципы испытаний для поиска и быстрого исправления брака на электронных печатных платах, как на новых, так и на вышедших из строя, с целью экономии компонентов и оборудования. В настоящее время с учетом развития компьютерной техники появилась возможность расчета надёжности оборудования до его производства. В мире есть целый класс систем, которые позволяют определить потенциально узкие места для будущего оборудования и, таким образом, увеличить срок его службы. Это касается любого сложного оборудования, не только электроники. Например, через системы моделирования пропускаются двигатели до пуска их в производст-



во и устраняются погрешности и меняются детали, которые могут привести к быстрому выходу из строя оборудования. Прекрасно, что появились методики и стандарты для электроники», – говорит он.

По его мнению, новые стандарты ориентированы на производство наиболее сложной и дорогой электроники, в том числе той, для которой существует дефицит на рынке. «С принятием стандартов упростится жизнь тех, кто будет эксплуатировать электронику в будущем, она должна будет работать надёжнее и дольше. Также можно проводить испытания для закупаемой иностранной техники, чтобы быстро оценить возможный срок её эксплуатации. Я думаю, это вопрос, который возникает у любого человека при покупке электроники – сколько она проработает после гарантийного срока. Мы все привыкли, что дорогая электроника работает надёжно и долго, но с учётом дефицита электронных компонентов в мире ситуация меняется. Это, кстати, касается не только электроники – вспомните качество премиальных машин 20 лет назад и сейчас», – отметил Денис Фролагин.

### 10 Мнение Минпромторга РФ

Директор департамента цифровых технологий Министерства промышленности и торговли РФ Владимир Дождёв в своём видеовыступлении «ОТСТУПАТЬ НЕКУДА» (импортозамещение в промышленности) отметил: «Стандарт – это то, что позволяет закрепить лучшую практику. Коллеги в области электроники уже трудятся над данными стандартами. Появляется много стандартов, и мы им помогаем» (<https://rutube.ru/video/private/303e0fea2fd1d70df7308e68df815846/?p=Vwpde-kguMGTPWnEqRqJ3A>).



### 11 Академик Шалумов – дипломант премии «СТАНДАРТИЗАТОР ГОДА»

Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», председатель технического комитета Росстандарта по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники», академик Шалумов Александр Славович награждён дипломом дипломанта общероссийской общественной премии «Стандартизатор года – 2022» за практический вклад в разработку стандартов, имеющих большое экономическое и социальное значение.



Распоряжением Правительства РФ от 6 ноября 2021 г. № 3142-р, подписанным Председателем Правительства РФ М. Мишустинным утверждено стратегическое направление в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, в соответствии с которым запланировано создание к 2030 году национальной системы **стандартизации** и сертификации, базирующейся на технологиях **виртуальных испытаний**, в рамках проекта цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности «Цифровой инжиниринг». Работа, проведённая академиком Шалумовым, полностью вписывается в данное Распоряжение.

За последние 5 лет им лично разработаны 27 национальных стандартов и 3 предварительных национальных стан-

**дарта в области моделирования и виртуальных испытаний электроники на надёжность и внешние воздействующие факторы, имеющих большое экономическое и социальное значение, утверждённые и введённые в действие.**

Более 30 лет в России не разрабатывались национальные стандарты в области САПР электроники. Результат – дефицит российских САПР и низкий уровень отечественной электроники. В сложившейся экономической ситуации ускоренная модернизация данной отрасли – одна из ключевых задач, стоящих перед государством. При этом важно понимать, что стандарты должны опережать создание самих САПР электроники, формировать вектор их развития.

Электроника широко применяется в большинстве объектов различных отраслей. К сожалению, в России участились аварии, связанные со сбоями в работе электроники. Создаваемая без сквозного автоматизированного проектирования и без применения комплексного моделирования, она обречена на низкую надёжность и отказы в процессе эксплуатации.

На сегодняшний день высокую значимость приобрел вопрос стандартизации САПР и виртуальных испытаний (ВИ) электроники – электронной аппаратуры (ЭА) и электронной компонентной базы (ЭКБ), составляющих основу цифровых двойников электроники.

После долгих лет отсутствия в России разработки национальных стандартов в области САПР электроники 22 апреля 2020 г. приказом № 792 Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии создан технический комитет по стандартизации № 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники» (ТК 165), который должен восполнить этот большой пробел. Технический комитет организован на базе ООО «Научно-исследовательский институт «АСОНИКА» (ООО «НИИ «АСОНИКА»).

ООО «НИИ «АСОНИКА» – научная организация, правообладатель Автоматизированной системы обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА,

которой в этом году исполняется 46 лет. Это единственная уцелевшая со времен СССР система автоматизированного проектирования и виртуальных испытаний электроники, которая сейчас активно развивается и не имеет аналогов ни в России, ни за рубежом.

Сегодня как никогда важны разработанные Шалумовым А.С. национальные стандарты в области САПР и ВИ электроники, которые позволяют:

- в кратчайшие сроки внедрить в учебный процесс вузов и в практику проектирования предприятий уже имеющееся и апробированное российское программное обеспечение (ПО) в области САПР и ВИ электроники;
- форсировать создание отсутствующего на данный момент отечественного ПО в составе САПР и ВИ электроники, довести российские САПР и ВИ до мирового уровня и поднять их выше него;
- усилить взаимодействие отечественных разработчиков электроники и разработчиков САПР и ВИ электроники с целью повышения надёжности и качества российских ЭА и ЭКБ при одновременном снижении материальных затрат и сроков проектирования.

## **12 Привлечение всех желающих к разработке новых стандартов**

В мае 2025 ТК 165 направил всем профильным предприятиям, корпорациям, министерствам России письма с предложением: **«До 30 июня 2025 года секретариат ТК 165 собирает предложения в области САПР электроники для включения в Программу национальной стандартизации на 2026 год, а также в Перспективную программу разработки стандартов ТК 165 до 2030 года.** В случае Вашей заинтересованности прошу сообщить мне по электронной почте ALS140965@mail.ru Ф.И.О. и адрес электронной почты контактного лица». Например, ниже приведено **письмо Президенту Российской академии наук Г.Я. Красникову.**

К сожалению, предложений по разработке стандартов очень мало. В основном

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ  
РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Технический комитет по стандартизации 165  
«Системы автоматизированного проектирования электроники»



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ «АСОНИКА»

600017, Россия, г. Владимир, ул. Луначарского, д.16А  
Тел. +79165812577 E-mail: [als@asonika-online.ru](mailto:als@asonika-online.ru) Сайт: [www.asonika-online.ru](http://www.asonika-online.ru)

№ 252-35 от «19» мая 2025 г.

Президенту Российской академии наук Г.Я. Красникову

<О предложениях в ПНС-2026>

Глубокоуважаемый Геннадий Яковлевич!

До 30 июня 2025 года секретариат ТК 165 собирает предложения в области САПР электроники для включения в Программу национальной стандартизации на 2026 год, а также в Перспективную программу разработки стандартов ТК 165 до 2030 года. В случае Вашей заинтересованности прошу сообщить мне по электронной почте [ALS140965@mail.ru](mailto:ALS140965@mail.ru) Ф.И.О. и адрес электронной почты контактного лица.

С уважением, Шалумов Александр Славович.

Председатель технического комитета по стандартизации ТК 165 «САПР электроники», Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», Главный редактор журнала «САПР электроники», доктор технических наук, профессор, академик Международной академии информатизации, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Почетный работник науки и техники РФ, руководитель разработки САПР электроники АСОНИКА, руководитель ведущей научной школы НШ-5574.2014.10 в области знаний «Военные и специальные технологии», член МРГ коллегии ВПК РФ по диверсификации и развитию рыночных механизмов в организациях ОПК в целях импортозамещения и реализации национальных проектов, участник Реестра независимых и внешних директоров организаций ОПК

в ответ пришли предложения быть экспертами, причём на коммерческой основе. То есть сами разрабатывать не хотят, да и не могут в принципе. Но готовы критиковать других, причём за деньги. Сегодня очень много разговоров от тех, кто никогда не разрабатывал стандарты в области САПР электроники, которые никогда не разрабатывали САПР электроники. Которые даже не имеют базового высшего технического образования. Нет, нам не нужны критиканы. Мы готовы работать только со специалистами-патриотами, готовыми разрабатывать стандарты на благо отечественной электронной промышленности.

В то же время, благодаря электронной переписке, мы получили от ряда предприятий важные предложения по актуальным направлениям и темам стандартов в области САПР электроники (приведены ниже). Сами они не готовы разрабатывать эти стандарты. Поэтому приглашаем к сотрудничеству всех желающих разрабатывать такие стандарты.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ИЗ ПИСЬМА 1

1. В рамках формирования требований к совместимости и интеграции со смежными процессами проектирования

- унифицировать формат электрических проектных данных для обеспечения сквозного процесса проектирования и упрощения работ в рамках кооперации;
- предусмотреть не только указание о построении иерархической структуры изделия (составных частях в виде графа или дерева), но и о связях экземпляров ИО друг с другом, подключениях для обеспечения передачи данных из eCAD в CAD или EDA-систему;
- предусмотреть определение перечня сущностей электрического проектирования, таких как цепь, провода (в рамках построения модели по принципу RFLP);
- предусмотреть возможность хранения частей и версий электрических проектов в системах управления данными (PDM) и возможность их конфигурации в единый проект.

2. В рамках формирования требований к валидации проектных данных и комплектов конструкторской документации (КД)

- стандартизировать перечень проверок, нацеленных на контроль соответствия цифровой модели изделия комплектам КД – графической части (схемы, чертежи, текстовые документы);
- стандартизировать перечень проверок на предмет полноты описания цифровой модели изделия (в том числе электрической части – подключения, типы сигналов, параметры);
- стандартизировать перечень проверок в части контроля выполнения требований, предъявляемых к разрабатываемому изделию (ограничения по внешним воздействующим факторам (ВВФ), массе и др.);
- регламентировать необходимость импорта требований в определенном формате в CAD-систему; контроля выполнения требований при проектировании; формирования результатов выполнения требований в цифровом виде для возврата в систему управления требованиями, а также в виде отчетной документации.

3. В рамках формирования требований к системам проектирования печатных плат и печатных узлов

- разработать нормативно-правовые основы создания единой среды проектирования радиоэлектронных систем (РЭС) начиная от постановки задачи, определения технических требований, и разделение РЭС на составные части до проектирования входящих электронных модулей. Общая среда также должна позволять интегрировать в нее данные MCAD систем, обеспечивать двунаправленную передачу данных и их изменений, и прочие процессы коллаборации инженеров-механиков и инженеров-разработчиков электроники. Для передачи должны быть доступны не только данные о компонентах и форме платы, но и о структуре слоев, печатном рисунке, а также атрибутивная часть и параметры;
- разработать нормативно-правовые основы создания инструмента функционально-модульного проектирования РЭС, т.е. механизмов декомпозиции РЭС на иерархию функциональных блоков и функциональных узлов;
- разработать нормативно-правовые основы создания представления РЭС на функционально-логическом уровне с возможностью функционального моделирования для определения функции и проведения анализа поведения системы;
- регламентировать необходимость проектирования конструкций печатных узлов с элементами механических деталей в единой среде РЭС. Сейчас компоновка электрорадиоизделий производится в EDA-системах, а элементы механического крепления – в машиностроительной CAD-системе. При формировании требований к РЭС важно подчеркнуть требование об обеспечении возможности формирования спецификаций, ведомостей покупных и прочих текстовых конструкторских документов средствами EDA-системы, с учетом механических и крепежных деталей с целью консолидации данных об изделии.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ИЗ ПИСЬМА 2

1) Актуальные стандарты на 2026 год:

- Разработка стандартов в области обмена данными между САПР электроники (аналоги IPC-2581, STEP AP210);
- Разработка стандартов в области цифровых двойников компонентов и печатных плат;
- Разработка стандартов в области методов верификации проектов для технологий Industry 4.0 (включая AI/ML-инструменты);
- Гармонизация с международными нормами (IEC, ISO) для экспортно-ориентированных решений.

2) Перспективные направления до 2030 года:

- Стандартизация квантово-устойчивых методов проектирования электроники;
- Нормы для интеграции САПР с облачными платформами.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ИЗ ПИСЬМА 3

– ГОСТ Р ... Системы автоматизированного проектирования. Порядок разработки проекта печатных узлов.

– ГОСТ Р ... Системы автоматизированного проектирования. Задание правил проектирования топологии печатных плат.

– ГОСТ Р ... Системы автоматизированного проектирования. Порядок разработки баз данных в едином формате для использования в САПР электроники.

– ГОСТ Р ... Системы автоматизированного проектирования. Формат записи модели электронного компонента для использования в САПР электроники.

– ГОСТ Р ... Системы автоматизированного проектирования. Общие требования к сопровождению документации на электронные компоненты моделями SPICE.



# Государственный Центр САПР электроники не состоялся

**Рафилович Михаил Исаакович**

Профессор, доктор технических наук, главный научный сотрудник  
ООО «НТЦ «Энергомодель» (член технического комитета по стандартизации  
ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники» (Росстандарт)  
energo@energomodel.com

## Аннотация

В статье рассмотрены возможные причины того, что за прошедший год в России так и не создан Государственный Центр САПР электроники, цели и задачи которого были изложены в предыдущем 5-м номере журнала «САПР электроники» в 2024 году. Автор рассуждает о текущей ситуации и путях дальнейшего развития САПР электроники в России.

**Ключевые слова:** САПР электроники, Государственный Центр, прямое финансирование.

## State Center for CAD electronics did not take place

**Rafilovich M.I.**

## Abstract

This article examines possible reasons why, over the past year, a State Center for CAD electronics has not been established in Russia, the goals and objectives of which were outlined in the previous issue, issue 5 of the CAD electronics journal, published in 2024. The author discusses the current situation and future development of CAD electronics in Russia.

**Keywords:** CAD electronics, State Center, direct financing.

## 1 Возможные причины того, что Центр не был создан

Возможные причины состоят в том, что люди, отвечающие в России за САПР электроники (если они есть):

- не читают журнал «САПР электроники», хотя он рассылается практически во все профильные государственные структуры;
- не компетентны в данной предметной области;
- видят в Центре угрозу коррупции, в которой они погрязли;
- продолжают быть тайными агентами иностранных компаний – разработчиков САПР электроники, ушедших с российского рынка;
- тайно работают на враждебные России иностранные разведки и саботируют курс Президента Российской Федерации Владимира Владимировича Путина на до-

стижение технологического суверенитета России.

В любом случае своим бездействием или противодействием они за прошедший год нанесли колоссальный вред российской электронике, соизмеримый в условиях СВО с государственной изменой.

## 2 Текущая ситуация в области САПР электроники

За прошедший год за бюджетные средства ничего существенного в области САПР электроники не было создано. Во всяком случае в журнале «САПР электроники» это не отражено. Хотя миллиарды продолжали выделяться. А результатов как не было, так и нет. Предприятия устали ждать. Если что-то реальное создается, то только теми, кто работает за собственные средства и не поддерживается государственными чиновниками.

15 отраслевых комитетов и 33 индустриальных центра компетенций за всё время своего существования ничего не сделали для поддержки отечественных САПР электроники. Прежде всего это касается ИЦК «Электроника и микроэлектроника». Об этом я писал еще в 5-м номере журнала. Прошёл год. Ничего не изменилось. В апреле 2024 в интернете появилась статья с громким названием «ИЦК «Электроника и микроэлектроника» займется развитием САПР» (<https://www.comnews.ru/content/232806/2024-04-22/2024-w17/1007/ick-elektronika-i-mikroelektronika-zaymetsya-razvitiem-sapr>). Во введении к статье написано: «В 2024 г. индустриальный центр компетенций «Электроника и микроэлектроника» сделает упор на развитие систем автоматизированного проектирования (САПР). Фонд развития интернет-инициатив через акселератор «Драйвер» выберет 32 проекта ИЦК, которым окажет поддержку». И что? И где эти проекты по САПР? Уже заканчивается 2025 год. Если бы они были, то не прошли бы мимо журнала «САПР электроники», так как подобных журналов в России нет. Значит нечего сказать. Значит ничего нет.

При этом за последний год количество выставок и конференций в области электроники и САПР значительно увеличилось. Но выступают там чаще всего не разработчики САПР электроники, а чиновники-дилетанты со скучными демагогическими докладами, исходя из которых у нас всё хорошо. Часто внешне и внутренне убогие, абсолютно бездарные, без базового высшего технического образования, без учёных степеней, званий и достижений в области САПР электроники и стандартизации, зато с большими амбициями. Имитируют успехи, дабы сохранить

насиженные места. Коллега в связи с этим рассуждает: «Зачем мы принимаем участие в выставках и отраслевых форумах? Разве нет возможности представить всю информацию в Интернете, на локальных семинарах и встречах? Разве информация о продукции и сервисах компании не распространяется через «сарафанное радио»? Разве диалоги с клиентами нельзя провести за пределами выставки и не тратить ресурсы на участие в выставках?». Конечно, можно. Но надо же где-то пустить пыль в глаза и отчитаться за бесцельно прожитый год и бездарно потраченные государственные деньги, выделенные в форме грантов и субсидий на создание так называемых «российских САПР электроники».

Зато уже более года в США успешно функционирует Государственный Центр САПР электроники, аналогичный предложенному мной Центру в предыдущем номере журнала, на который из американского бюджета выделено **\$280 млрд**. И работают в нём талантливые советские и российские специалисты, которых выжили из страны продажные чиновники. Я тогда писал, что важно нам не опоздать, а пойти на опережение. К сожалению, опоздали и продолжаем опаздывать каждый день. А чиновники везде докладывают, что у нас всё замечательно.

### 3 Мнение профессионального сообщества о текущей ситуации в области электроники

В почтовой рассылке Ассоциации разработчиков и производителей электроники (АРПЭ) от 11 июня 2025 года исполнительный директор АРПЭ Иван Покровский пишет следующее на тему «О ситуации в отрасли»:

О ситуации в отрасли



Иван Покровский 11 июня, 17:24



Коллеги, добрый день!

В преддверии Дня России хочу поделиться своими недавними публикациями, надеюсь, найдете на них время на длинных выходных.

Короткую [заметку по впечатлениям от ЦИПРа](#) я написал, чтобы привлечь внимание к негативным тенденциям, которые набирают силу в промышленности и требуют решений.

В подтверждение хочу поделиться итогами блиц-опроса поставщиков электронных компонентов, который мы провели на этой неделе: спрос

на компоненты сокращается по всем сегментам отрасли, причем в мае ситуация ухудшилась по сравнению с началом года. Сроки многих проектов переносятся из-за задержек или сокращения финансирования. Некоторые надеются на то, что спрос вернется во втором полугодии, другие опасаются «идеального шторма», когда все негативные факторы сложатся вместе. Дополнительными негативным факторами могут стать обязательные требования по маркировке, претензии ФНС с доначислением налогов по агентским платежам ВЭД, массовые проверки получателей субсидий и их контрагентов. Очень много будет зависеть от наполнения бюджета, а он зависит от цен на нефть.

Ключевой вопрос – как перейти от экономики освоения бюджетов к экономике создания ценности. Это вопрос отраслевой стратегии, об этом [моя статья](#), которая вышла в журнале [БИТ №2 2025](#), а также в печатном выпуске журнала [Стимул](#).

В том же номере журнала БИТ вышла статья Леонида Кессаринского, «Доверенные ПАК: лебедь, рак и щука» о регулировании рынка критической инфраструктуры.

Кто предпочитает посмотреть видео с презентациями, направляю ссылку на [обсуждение планов перехода КИИ на доверенные ПАК](#), а также [презентацию основных тезисов отраслевой стратегии](#) на общем собрании АРПЭ.

После праздников поделимся обзором задач и планов АРПЭ по всем направлениям – государственное регулирование, международная кооперация, кадры, отраслевая аналитика, семинары и конференции.

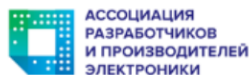
[Присоединяйтесь к АРПЭ!](#)

С уважением,

Иван Покровский

исполнительный директор

Ассоциации разработчиков и производителей электроники



Вот что он также пишет в своей заметке «ЦИПР 2025 – как бы не заболтать смыслы...» от 09.06.2025 ([https://arpe.ru/news/TSIPR\\_2025\\_kak\\_by\\_ne\\_zaboltat\\_smysly\\_/](https://arpe.ru/news/TSIPR_2025_kak_by_ne_zaboltat_smysly_/)):

«Думаю, что у всех, кто пережил распад СССР, дефолт 1999 года, кризис 2008, выработано чувство опасности от расхождения презентуемого образа с реальностью, в которой находишься.

Такое тревожное чувство осталось у меня после ЦИПР 2025, который прошел на прошлой неделе в Нижнем Новгороде.

Тревножно было, когда модератор секции, посвященной национальной идее, сыпал англицизмами. Или, когда в той же секции рассуждали о ценностях человека и общества, как о дополнительном стимуле для предприятий, ориентированных на прибыль и деньги.

Тревножно от постоянных реверансов в адрес государственных корпораций. Внутри что-то сжимается от единодушного признания их технологическими лидерами. От рассуждений об экосистемах вокруг госкорпораций сжимается сильнее. За идеями консолидации рынка просматривается хищное желание крупнейших игроков получить право монопольного доминирования.

Тревножно от бессодержательного обсуждения в секции «Суверенная электроника: стратегия развития в новых условиях». Ничего не было ни про суверенитет, ни про стратегию. Тоскливо от старой шарманки о создании спроса на локализованную продукцию, мудрости регуляторов и заботах о тонких подстройках нормативной базы.

Очень тревожно, когда задачу импортозамещения электронного оборудования посчитали практически выполненной, локализовав не самые сложные операции сборки по зарубежной конструкторской документации».

#### 4 Из аналитического доклада НИУ ВШЭ

В 2025 году в интернете был опубликован полный текст аналитического доклада «Информационные технологии в России: сценарии развития», подготовленный НИУ ВШЭ (<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/1072454664>).

Исследование Института статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ посвящено развитию информационных технологий в России в среднесрочной перспективе (до 2028 года).



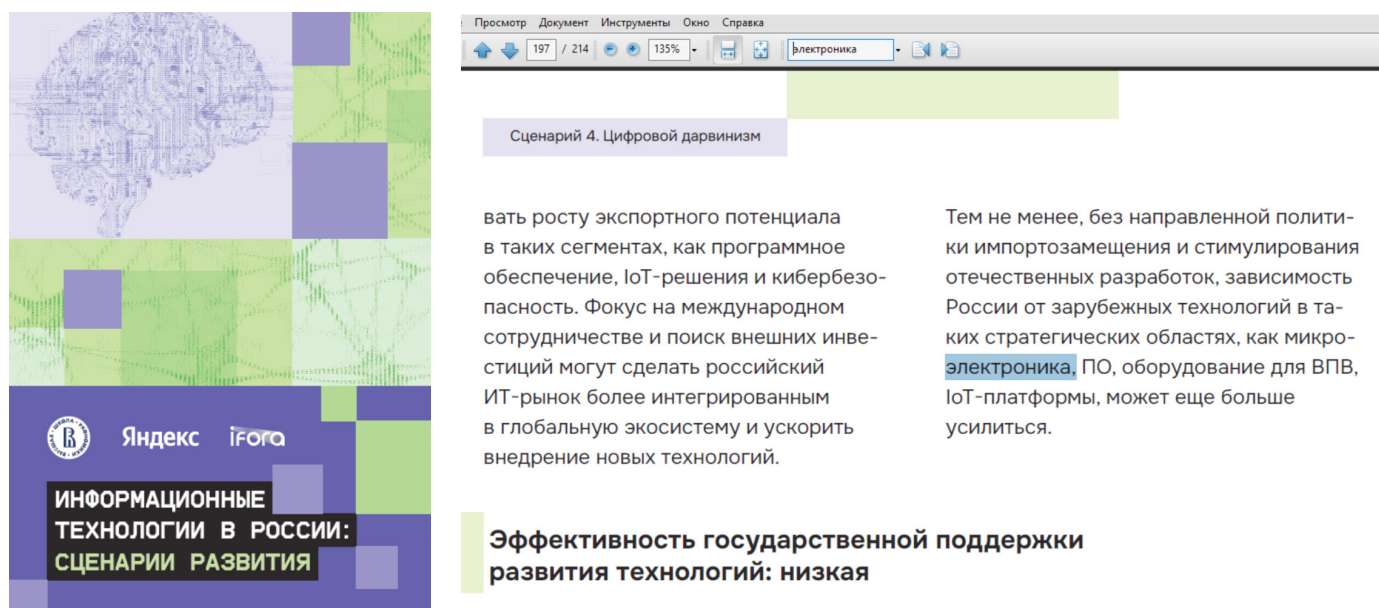


Рисунок 1 – Из аналитического доклада НИУ ВШЭ

Фокус сделан на четырех сценариях, в условиях которых изучено развитие семи основных технологических направлений: искусственный интеллект, интернет вещей, кибербезопасность, высокопроизводительные вычисления, пользовательский опыт, производственные технологии и робототехника, а также информационные системы и приложения. Определены возможные траектории развития каждого направления. В исследовании использовался широкий круг методов, включая интеллектуальный анализ данных с применением созданной в ИСИЭЗ НИУ ВШЭ системы iFORA и экспертные интервью.

Объем доклада составляет более 200 страниц. Поиск с помощью ключевых слов «САПР, Система автоматизированного проектирования» ничего не дал. Ключевое слово «электроника» дало 1 результат с одним абзацем (см. рисунок 1). И больше ничего нет, хотя электроника лежит в основе всех семи направлений. Обычно НИУ ВШЭ добросовестно проводит исследования. Значит информация отсутствует. Потому что нет реальных официальных результатов в области САПР электроники и нет перспектив до 2028 года. И это очень настораживает.

## 5 Просвета не видно

При написании прошлой статьи я был настроен оптимистично. По прошествии

года оптимизм значительно поубавился. Количество вредоносных чиновников только увеличивается. Количество профессионалов резко уменьшается. Чётких планов как не было, так и нет. Объем демагогии растёт не по дням, а по часам, о чём говорят слайды с одной из недавних конференций по САПР (см. рисунок 2), на которой не разрешили выступить разработчикам широко известных САПР электроники. Просто надо было показать «белые пятна», чтобы получить деньги от государства. Хотя эти задачи давно уже решены теми, кто работает за собственные средства.

## 6 Что делать дальше разработчикам?

Продолжать работать. Заниматься тем, чем Вы считаете нужным, так как Вы работаете по собственному плану, за собственные средства. Государственного плана нет, над Вами никто не стоит. На гранты и субсидии лучше не рассчитывать, так как по существующим правилам они скорее всего Вам не достанутся. И не надо тратить время на подготовку заявок. А если всё-таки удастся их получить, то они погубят Вашу разработку, так как придётся заниматься исключительно текстовыми отчётами. А после окончания проекта придётся длительное время отчитываться ростом выручки и численности персонала. И существует риск за невыполнение планов по цифрам

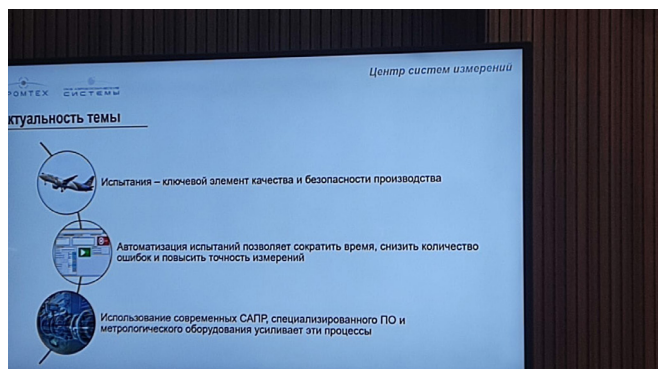


Рисунок 2 – Слайды с одной из недавних конференций по САПР

вернуть в бюджет полученные средства в двойном размере. И это при том, что программный продукт так и не разработан.

Ну а если собственные средства уже закончились, а продукт уже никто не покупает, остаётся выбрать из перечня:

- искать частного инвестора;
- продать исключительные права и фирму.

Эксперты ВШЭ и «Яндекса» представили четыре сценария развития отечественной IT-отрасли до 2028 года, определяющих развитие всех информационных технологий в ближайшие годы <https://telecomdaily.ru/news/2025/09/23/vshe-i-yandeks-predstavili-4-scenariya-razvitiya-otechestvennoy-it-otrasli-do-2028-goda>):

«Сценарий «Цифровой ковчег» пред-

полагает высокую эффективность государственной поддержки, которая обеспечивает устойчивое технологическое развитие и способствует развитию потенциала России для занятия лидерских позиций на отдельных рынках, несмотря на санкционные ограничения.

**Второй сценарий – «Код изоляции»** – характеризуется технологическим отставанием в условиях низкого уровня международного сотрудничества. Отсутствие эффективных мер стимулирования со стороны государства создает риски и уязвимости в критически важных областях.

**«Синергия инноваций»** – это третий вариант развития, и он связан с технологическими прорывами и освоением новых рынков в условиях интенсификации международного сотрудничества. Стабильные или растущие международные отношения и высокая эффективность государственной поддержки открывают широкие возможности для развития информационных технологий.

И последний вариант развития называется **«Цифровой дарвинизм»**. В его основе – естественное развитие технологий без специальных мер поддержки в условиях интенсификации международного сотрудничества. Происходит свободное развитие рынка, на которое в первую очередь влияют рыночные механизмы, а не активная государственная поддержка».

Как указывают авторы доклада, реализация тех или иных сценариев по-разному влияет на разные технологии и группы технологий.

Наибольшая зависимость от вариантов развития IT-отрасли выявлена в сфере производственных технологий и робототехники. Потенциал международного сотрудничества существенно влияет на компонентную базу, рынок и необходимость импортозамещения тех или иных систем и их частей, при этом меры по поддержке таких технологий зачастую формируют облик рынка, определяя приоритеты и особенности их развития. При этом для развития многих технологий не требуется прямая государственная поддержка. Однако во многих случаях от господдержки зависит создание инфраструк-

туры для интеграции технологий.

В зависимости от особенностей регулирования развития технологий и адаптивности этого регулирования, технологии могут развиваться по разным траекториям. «Например, слишком активное регулирование может существенно замедлить развитие технологий, а его недостаток – создать дополнительные риски. Оптимальным вариантом представляется адаптивное регулирование, адекватное уровню текущих рисков, но не создающее дополнительных барьеров для развития технологий», – подчеркивают авторы исследования.

### **7 Что ещё может сделать государство для сохранения отрасли САПР электроники?**

Выделить в ближайшее время деньги предприятиям оборонно-промышленного комплекса и вузам на закупку отечественных САПР электроники. Это позволит:

- в срочном порядке внедрить то, что уже сделано российскими разработчиками;
- одновременно материально поддерживать оставшихся в России ведущих разработчиков САПР электроники.

Гранты и субсидии в области САПР электроники нужно вообще отменить как бесполезные и вредные.

Так как оставшихся реальных разработчиков САПР электроники осталось немного, необходимо организовать их прямое финансирование (без конкурсов и без посредников в виде фондов и министерств). Они оказались высоко сознательными, сохранили свои разработки, не ушли на Запад. Им надо доверять и их нужно поддерживать, а не плодить новые бесполезные стартапы. Должен быть государственный орган или хотя бы человек от государства, с которым они смогут непрерывно общаться напрямую и доводить существующие проблемы и актуальные задачи.



## **Инновационная технология информационной поддержки комплексного моделирования электронной аппаратуры (нереализованный проект)**

**Вуличенко Богдан Николаевич**

Профессор, доктор технических наук, главный научный сотрудник  
ООО «НТЦ «Энергомодель» (член технического комитета по стандартизации  
ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники» (Росстандарт)  
energo@energomodel.com

### **Аннотация**

В статье рассмотрен важный проект государственного значения в области систем автоматизированного проектирования электроники, поддержанный 8 лет назад Экспертным советом Инновационного территориального кластера «Зеленоград», но так и не получивший государственное финансирование, что нанесло колоссальный удар изнутри российской электронике и национальной безопасности Российской Федерации! Представлены документы по так и не реализованному проекту.

**Ключевые слова:** идентификация, геометрические, теплофизические, физико-механические, электрические, параметры, ускорения, температуры, карты рабочих режимов, показатели надёжности.

## **Innovative technology for information support of complex modeling of electronic equipment (unimplemented project)**

**Vulichenko B.N.**

### **Abstract**

This article examines an important project of national importance in the field of automated electronic design systems, supported eight years ago by the Expert Council of the Zelenograd Innovative Territorial Cluster, but never receiving state funding. This dealt a colossal blow to the Russian electronics industry and to the national security of the Russian Federation! Documents on the project, never implemented, are presented.

**Keywords:** identification, geometric, thermophysical, physical-mechanical, electrical parameters, acceleration, temperature, operating mode maps, reliability indicators.

### **Введение**

19 декабря 2017 года на заседании Экспертного совета Инновационного территориального кластера «Зеленоград» единогласно был одобрен проект «Инновационная технология информационной поддержки комплексного моделирования

электронной аппаратуры», рекомендован к дальнейшей реализации и включению в программу кластера. Инициатор проекта – участник кластера ООО «НТЦ «Энергомодель». Фрагменты утверждённого Протокола представлены на рисунке 1.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель председателя  
Экспертного совета ИТК «Зеленоград»  
Заместитель префекта  
Зеленоградского административного  
округа города Москвы

 А.Е.Новожилов  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ПРОТОКОЛ**  
**Заседания Экспертного совета**  
**ИТК «Зеленоград»**  
**от 19 декабря 2017 года**

На заседании присутствовали:

Аршинов Борис Викторович, НПФ «БИОСС», заместитель генерального директора,  
Былов Константин Владимирович, ООО «Плазма ФТК», генеральный директор,  
Гагарина Лариса Геннадьевна, НИУ МИЭТ, зав.каф., профессор, д.т.н.,  
Звероловлев Владимир Михайлович, АО «Телеком СТВ», генеральный директор,  
Кабаев Сергей Борисович, НИИ материаловедения, заместитель генерального  
директора,  
Каннер Михаил Геннадьевич, АО НИИ «Субмикрон», заместитель начальника  
отдела,  
Кобзарь Александр Иванович, АО «НТЦ Элинс», советник генерального директора,  
Кожевников Алексей Алексеевич, «Элвис Неотек», заместитель генерального  
директора,  
Машевич Павел Романович, АО «Ангстрем», директор центра микроэлектроники –  
главный конструктор.  
Мокроусов Станислав Вячеславович, АО «ЗИТЦ», советник генерального  
директора,  
Новожилов Андрей Евгеньевич, префектура ЗелаО г.Москвы, заместитель  
префекта,  
Облонский Юрий Леонидович, ООО «Бипульс», генеральный директор,  
Панкратов Олег Вячеславович, АО «СТМП-Зеленоград», и.о.ген.директора,  
Рубцов Юрий Васильевич, ЦКБ «Дейтон», генеральный директор,  
Стаценко Владимир Николаевич, АО «Эпиэл». Генеральный директор,  
Степанов Андрей Михайлович, ГК «АйТи», системный архитектор,  
Тычинин Валерий Николаевич, «Столичный доктор», научный консультант по  
регенеративной медицине и клеточным технологиям,  
Шаймарданова Оксана Ринатовна, АО «ЗНТЦ», руководитель отдела маркетинга,



Шалумов Александр Славович, НИИ «Асоника», генеральный директор,  
Щербаков Сергей Вячеславович, АО НПЦ «Элвис», начальник службы качества,  
Юшманов Алексей Георгиевич, ООО «Компнет», генеральный директор,  
Яковлев Александр Сергеевич, НПФ «БИОСС», заместитель генерального  
директора по финансовым вопросам,

От КП «КРЗ»:

Зайцев Владимир Владимирович, генеральный директор,  
Абгарян Артур Размирович, исполнительный директор,  
Бычкова Ольга Борисовна, заместитель директора по привлечению инвестиций,  
Воронцов Роман Вячеславович, директор по перспективному развитию,  
Дыба Станислав Викторович, директор по привлечению инвестиций,  
Суворов Евгений Александрович, заместитель генерального директора по развитию,  
Хафизов Тимур Надирович, пресс-секретарь.

#### Повестка дня:

1. Заслушивание, обсуждение и принятие решения по проекту «Разработка и промышленное внедрение систем поддержки принятия решений (СППР), основанных на обработке больших объемов разнородных данных и неструктурированной информации для локального использования в МО при оказании медицинских услуг в дистанционной форме как по назначению врача, так и по инициативе пациента при заболеваниях и высоком риске их развития» - проект НИУ МИЭТ, АО «ЦКБ ИУС», ООО «Ристар».
2. Заслушивание, обсуждение и принятие решения по проекту «Разработка и организация производства биотехнологического продукта на основе фибринтомбинового клея для лечения ожогов и ран с использованием интегрированных технологий регенеративной медицины и клеточной инженерии» - проект ООО «Плазма ФТК».
3. Заслушивание, обсуждение и принятие решения по проекту «Инновационная технология информационной поддержки комплексного моделирования электронной аппаратуры», - проект ООО «НТЦ Энергомодель», АО «ЦКБ «Дейтон», ООО «ФОРМ», ООО «ПСБ СОФТ».
4. Заслушивание, обсуждение и принятие решения по проекту «Создание серийного производства монокристаллических подложек карбида кремния и эпитаксиальных структур большого диаметра» - проект АО «ТЕЛЕКОМ-СТВ».

По третьему вопросу выступил Шалумов Александр Славович, генеральный директор НИИ «Асоника». Он представил проект «Инновационная технология информационной поддержки комплексного моделирования электронной аппаратуры». Выступающий подчеркнул, что проект является кооперационным, в нем задействованы компетенции таких компаний, как ООО «НТЦ Энергомодель», АО «ЦКБ «Дейтон», ООО «ФОРМ», ООО «ПСБ СОФТ», НИИМА «Прогресс» и др. Оппонентом выступил Машевич Павел Романович, директор центра микроэлектроники – главный конструктор АО «Ангстрем». Он отметил, что в



последние 20 лет микроэлектронная промышленность обходилась без отечественного САПРа. Но сейчас с учетом внешнеполитической обстановки и санкций остро встают вопросы доверительности и безопасности. Большие требования предъявляются к способности микроэлектронных изделий бесперебойно работать под влиянием различных внешних факторов (космическое пространство, радиация, экстремальные температуры). В связи с этим проект представляется очень актуальным.

В ходе дальнейшего обсуждения была более детально рассмотрена смета затрат на проект. Основные статьи расходов – деньги на закупку оборудования и программного обеспечения и ФОТ (проект подразумевает трудоемкие измерения, вычисления).

Было проведено голосование. Участники экспертного совета **единогласно высказались за то, чтобы одобрить проект, рекомендовать его к дальнейшей реализации и включению в программу кластера.**

Протокол вела:

Заместитель директора

по привлечению инвестиций КП «КРЗ»



О.Б.Бычкова

Рисунок 1 – Фрагменты утверждённого Протокола

Заседание Экспертного совета предварила рабочая встреча представителей ООО «НТЦ

«Энергомодель», АО «ЦКБ «Дейтон», ООО «ПСБ СОФТ», ООО «ФОРМ» (см. рисунок 2).

## ПРОТОКОЛ

**рабочей встречи представителей ООО «НТЦ «Энергомодель», АО «ЦКБ «Дейтон», ООО «ПСБ СОФТ», ООО «ФОРМ»**

г. Москва

09 марта 2017 г.

1. Рассмотрена тема, предварительная цель и распределение ролей в проекте «Инновационная технология информационной поддержки комплексного моделирования электронной аппаратуры», подготовленный в рамках Зеленоградского кластера, и роль каждого участника в нем.
2. Обсуждены существующие проблемы схемотехнического моделирования, в частности, отсутствие технологии получения Spice, IBIS, STEP - моделей для разработки и анализа электрических схем и базы данных этих моделей по отечественным электронным компонентам.
3. Признано, что реализация проекта позволит создать инновационную технологию информационной поддержки комплексного моделирования электронной аппаратуры на основе широко применяемых на предприятиях автоматизированных систем, включающую:

- 1) Разработку информационных моделей электронных компонентов для формирования базы данных по геометрическим, теплофизическим, физико-механическим, электрическим параметрам.
- 2) Идентификацию параметров Spice, IBIS, STEP - моделей для разработки и анализа электрических схем.
- 3) Моделирование электрических характеристик электронных схем с использованием Spice-моделей: токи, напряжения, мощности для каждого электронного компонента, которые необходимы для дальнейшего расчета температур электронных компонентов, создания карт рабочих режимов, анализа показателей надежности электронных компонентов.
- 4) Моделирование тепловых и механических процессов в электронной аппаратуре с получением ускорений и температур электронных компонентов, создание карт рабочих режимов, анализ показателей надежности электронных компонентов с помощью Автоматизированной системы обеспечения надежности и качества аппаратуры АСОНИКА.
- 5) Тестирование моделей электрических, тепловых, механических процессов электронных компонентов и электронной аппаратуры, которое подразумевает сравнение расчетных и экспериментальных результатов и анализ погрешности моделирования.

В результате реализации проекта предприятия РФ смогут системно создавать электронную аппаратуру с применением моделирования на ранних этапах проектирования до изготовления опытного образца,

позволяя снизить вероятность отказов на этапе разработки и проектирования опытного образца, сокращая тем самым возможные итерации по доработке схем и конструкций, затраты на разработку аппаратуры при одновременном повышении качества и надежности, в том числе в критических режимах работы, делая электронную аппаратуру конкурентоспособной на отечественном и международном рынке.

4. Рассмотрена кооперация 3-х участников Зеленоградского кластера и ООО «ПСБ СОФТ»:
  - 1) ООО "НТЦ "Энергомодель": технология моделирования тепловых и механических процессов, создания карт рабочих режимов, анализа показателей надежности.
  - 2) АО "ЦКБ "Дейтон": технология сбора, формализации, оценки и подтверждение достоверности информации об изделиях ЭКБ.
  - 3) ООО "ФОРМ": технология получения необходимых данных с помощью средств измерения.
  - 4) ООО «ПСБ СОФТ»: технология разработки моделей на изделия ЭКБ.При этом ООО "НТЦ "Энергомодель", как инициатор проекта, является головным исполнителем, а АО «ЦКБ «Дейтон», ООО «ПСБ СОФТ», ООО «ФОРМ» - соисполнители.
5. ООО «ПСБ СОФТ» рекомендовано вступить в Зеленоградский кластер, так как целесообразно, чтобы все участники проекта были членами Зеленоградского кластера.
6. Принято решение:
  - 6.1. Все участники встречи готовы участвовать в работе над проектом



по согласованному ТЗ на договорной основе.

- 6.2. Продолжить обсуждение проекта в удаленном режиме и провести следующую встречу в Зеленоградском кластере, на которой коллективно представить готовую презентацию проекта.

От ООО «НТЦ «Энергомодель»

Генеральный директор  
Шалумов А.С.

От АО «ЦКБ «Дейтон»

Генеральный директор  
Рубцов Ю.В.

От ООО «ПСБ СОФТ»

Генеральный директор  
Миронова С.Б.

От ООО «ФОРМ»

Директор  
Елисеева Н.П.

Рисунок 2 – Протокол рабочей встречи

## 1 Бизнес-причины для запуска проекта и основные предположения

Основными покупателями и потенциальными потребителями предлагаемой технологии являются научно-исследовательские институты, конструкторские бюро, научно-производственные объединения, заводы и различные информационно-научные центры, занятые проектированием и производством электронной аппаратуры.

Полный список таких предприятий в России на сегодняшний день составляет около 1000. Они могут покупать как программное обеспечение, так и заказывать услуги по консалтингу (расчётам схем и конструкций), а также заполнение базы данных новыми электрорадиоизделиями (ЭРИ).

Жесткая конкурентная борьба за рынок сбыта продукции как на российском, так и на зарубежном уровне заставит предприятия обеспечивать высокую надёжность электроники в сжатые сроки. Без моделирования на ранних этапах проектирования (до изготовления опытного образца) при этом обойтись в принципе невозможно, так как отсутствие моделирования наверняка приведет к отказам либо на этапе испытаний опытного образца, либо, что еще хуже, на этапе экс-

плуатации. Первое приведёт к множественным итерациям по исправлению ошибок при проектировании, а значит к увеличению сроков проектирования и, как следствие, к быстрому моральному старению продукции. Второе – к недоверию на рынке, массовой потере клиентов, штрафам. Таким образом, предприятия просто вынуждены будут применять моделирование, как схемотехническое, так как это электроника, так и конструкторское, а значит потребуются модели ЭРИ для проведения расчетов схем и конструкций. Сбором информации для базы данных ЭРИ не будет заниматься ни одно предприятие по причинам: 1) отсутствия соответствующей информации и моделей; 2) отсутствия квалифицированных специалистов в данной предметной области; 3) отсутствием возможности сертификации введенных данных. Главным рычагом воздействия на предприятия по внедрению результатов данного проекта является борьба за рынок сбыта продукции на рынке.

Гарантированно мы сможем внедрить результаты проекта на предприятиях военно-промышленного комплекса РФ, так как продукция принимается военными представителями заказчика, а они требуют обеспе-



чения высоких показателей надёжности и выполнения всех требований технических заданий по внешним воздействующим факторам. При этом ими принимаются только результаты моделирования по системе АСОНИКА как альтернатива испытаниям (макетированию) на ранних этапах проектирования, так как только АСОНИКА аттестована Министерством обороны РФ и рекомендована РДВ в составе комплекса стандартов «МОРОЗ-6» для замены испытаний (макетирования) на ранних этапах проектирования. А система АСОНИКА является базовой в данном проекте.

В настоящее время на предприятиях РФ, создающих электронную аппаратуру и проектирующих электронные схемы практически не проводится комплексное моделирование электрических, тепловых, механических процессов с передачей данных в карты рабочих режимов электронных компонентов и для анализа показателей надёжности. Это приводит к низкому качеству и надёжности электронной аппаратуры, а также увеличивает сроки проектирования аппаратуры из-за множества итераций, связанных с доработкой по результатам испытаний опытных образцов. Основной причиной, не позволяющей проводить комплексное моделирование, является отсутствие интегрированной базы данных по геометрическим, теплофизическим, физико-механическим, электрическим параметрам, а также механизма её постоянного обновления.

Это не гипотеза. Это проблема и беда практически всех предприятий РФ в области электроники, которую никто, кроме нас, не предлагает и потенциально не может решить. Попыток было немало, в том числе со стороны государственных организаций. На эти цели государство за последние годы выделило миллиарды рублей различным организациям и вузам, а также потеряло из-за отсутствия правильной стратегии и тактики в данном направлении в виду большого количества отказов российской электроники в процессе эксплуатации. Все эти попытки закончились ничем. В результате государство не смогло создать аналога системы АСОНИКА и уже вряд ли сможет, так

как на его разработку потребуется не менее 20-и лет при условии подключения высококвалифицированных специалистов, которых в РФ дефицит.

Более оптимальным решением было бы финансировать развитие системы АСОНИКА и интеграцию вокруг неё российских разработчиков программного обеспечения (ПО) в области электроники, что и предлагается в данном проекте. Это было бы и дешевле, так как затраты были бы на 2 порядка меньше, и быстрее, и результативнее. Однако за все время своего существования АСОНИКА не получила ни одной копейки от государства и от частных инвесторов.

Тем не менее, АСОНИКА эффективно развивается за счет высокого научного потенциала коллектива разработчиков и за счет их высочайшей активности, желания и умения работать даже в условиях полного отсутствия финансирования, на что не способно ни одно государственное предприятие, а также за счет грамотного маркетинга и менеджмента, проводимого не экономистами и управленцами, которых в научном коллективе нет и не планируется в виду их абсолютной бесполезности, а именно разработчиками системы АСОНИКА.

Ярчайшим доказательством вышесказанного является состоявшееся 21 марта 2017 г. в Рособоронэкспорте совместное заседание Комитета по информационно-коммуникационным технологиям и Комитета по приборостроению, системам управления, электронной и электротехнической промышленности при Бюро Ассоциации «Лига содействия оборонным предприятиям» и «Союзе Машиностроителей России». Тема заседания: «Автоматизация проектирования электроники. Текущая ситуация, планы использования и развития eCAD». Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА» Шалумов А.С. выступил с докладом на тему: «Моделирование военной и космической электроники на внешние тепловые, механические, электромагнитные воздействия в системе АСОНИКА». Из программы заседания (см. рисунок 3 и рисунок 4) можно увидеть реальных разработчиков САПР электроники в России. Их всего несколько. АСОНИКА заняла центральное место.



АССОЦИАЦИЯ  
ЛИГА СОДЕЙСТВИЯ  
ОБОРОННЫМ  
ПРЕДПРИЯТИЯМ

**Повестка совместного заседания  
Комитета по информационно-коммуникационным технологиям и  
Комитета по приборостроению, системам управления, электронной и  
электротехнической промышленности  
на тему: «Автоматизация проектирования электроники.  
Текущая ситуация, планы использования и развития eCAD»**

Рособоронэкспорт  
Москва, ул. Стромынка, д. 27

21 марта 2017 г.  
13.00

Время	Тема	Докладчик
12:30 - 13:00	Регистрация участников	
13:00 - 13:10	Вступительное слово Председателей	Джанджава Гиви Ивлианович, Заместитель генерального директора по НИОКР бортового оборудования АО «Концерн Радиоэлектронные технологии» (КРЭТ), Смирнов Юрий Леонидович, генеральный директор ОАО «Рязанский Радиозавод»
13:10 - 13:25	Обзор зарубежных и отечественных систем математических расчетов в радиоэлектронике	Тимошенков Сергей Петрович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой микроэлектроники МИЭТ
13:25 - 13:35	Жизненный цикл моделирования и расчетов в приборостроении	ФИО докладчика уточняется
13:35 - 13:50	Средства поддержки процессов жизненного цикла программного обеспечения БРЭО	Данилин Павел Евгеньевич, заместитель генерального директора по программному управлению и инновационному развитию ПАО «МИЭА»
13:50 - 14:10	Моделирование военной и космической электроники на внешние тепловые, механические, электромагнитные воздействия в системе АСОНИКА	Шалумов Александр Славович, генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», руководитель разработки системы АСОНИКА, д.т.н., профессор
14:10 - 14:30	Опыт использования системы моделирования электронных схем SimOne при разработке радиоэлектронной аппаратуры	Грибов Дмитрий Викторович, ведущий инженер АО «Концерн «Океанприбор»
14:30 - 14:50	Моделирование воздушного охлаждения БРЭО с помощью программного комплекса FlowVision	Аксенов Андрей Александрович, технический директор ООО «ТЕСИС»
14:50 - 15:10	Инженерное моделирование электромагнитных, тепловых и механических задач методом конечных элементов в системе ELCUT	Дубицкий Семен Давидович, директор ООО «Тор» совместно с Московским институтом электроники и математики
15:10 - 15:20	Применение инструментов SCAD DISPLAY и SCAD SUITE при модификации индикаторов самолета Бе-200	Бойко Иван Александрович, начальник лаборатории АО «НИИАО»
15:20 - 15:30	Проблемы информационно-коммуникационного взаимодействия при проектировании радиационно-стойких изделий от элементной базы до конечных устройств на примере использования отечественной САПР	Докладчик: Машевич Павел Романович, директор центра микроэлектроники – главный конструктор АО «Ангстрем» Содокладчик: Перминов Владимир Николаевич, начальник отдела электро-физического моделирования АО «Ангстрем»
15:30 - 15:40	Интеграция систем управления данными об изделии (PDM) предприятий в единое информационное пространство	Махонин Алексей Иванович, начальник отдела развития информационных систем АО «КРЭТ»
15:40 - 16:00	Перерыв	
16:00 - 17:20	Круглый стол	Модераторы: представители комитетов.

**Рисунок 3 – Программа заседания в Рособоронэкспорте**



Тезисы к мероприятию.

Сегодня сложно переоценить важность систем автоматизированного проектирования (САПР) для мировой экономики. И российская экономика не является исключением. Кульманы остались в прошлом, и практически всё, что в настоящий момент проектируется, начиная от микропроцессоров и заканчивая промышленными зданиями, самолётами и космическими аппаратами, создаётся с помощью специального программного обеспечения. Во многих областях промышленности, включая радиоэлектронику, создание конкурентоспособной продукции без применения САПР стало просто невозможным.

Как правило, САПР представляют собой комплекс программных и технических средств, предназначенных для автоматизации проектной деятельности инженеров в конкретной области. Относительно назначения различных САПР, мы сфокусируемся на САПР радиоэлектроники (Electronic Design Automation, EDA).

Целями создания любой САПР, независимо от её назначения, является повышение эффективности труда инженеров. При анализе российского рынка САПР можно заметить, что в сфере строительных и машиностроительных САПР существует конкурентная среда отечественных разработчиков, и достаточно большая рыночная доля принадлежит САПР отечественного производства. В то же время в области EDA с точки зрения импортнезависимости, наоборот, сложилась довольно критическая ситуация. Она является следствием двух факторов:

1. Ключевой ролью электроники во многих отраслях российской промышленности, особенно в ОПК. Тактико-технические характеристики современных систем вооружения, коммуникаций и управления во многом определяются используемым электронным, в частности, компьютерным оборудованием и прикладным программным обеспечением.

2. Практически полным отсутствием отечественных разработчиков САПР электроники.

Системы, которые сейчас присутствуют на рынке, разработаны иностранными компаниями с ориентацией на зарубежные стандарты проектирования и производства. Лидерами рынка, предлагающими комплексные САПР, решающие полный набор задач проектирования электронных устройств, являются Synopsys, Cadence, Mentor Graphics, Altium.

Сложившаяся тенденция настоятельно требует создания современных систем автоматизированного проектирования РЭА (в том числе САПРов печатных плат), позволяющих реализовывать современные сложные проекты. Пользователям подобного инженерного софта, особенно компаниям из государственного сектора, требуется снижать зависимость от своеобразной конъюнктуры рынка САПР электроники, на которую в свою очередь очевидно оказывает влияние внешнеполитическая обстановка.

При всём при этом к современным САПР электроники предъявляются серьёзные требования относительно их функционала. Это касается общих вопросов, например, система должна давать возможность сквозного проектирования устройства от его задумки (составления ТЗ) и до выпуска конструкторской и производственной документации. Также это касается и отдельных частных требований к определённым модулям, из которых состоят САПР. Например, для современного рынка важно иметь возможность проектировать многослойные, сложные, плотные печатные платы, часто важен функционал для проектирования высокоскоростных плат (High Speed Design), важна возможность эффективной трассировки больших BGA матриц, важно быстро получать на выходе конструкторскую документацию по ГОСТу, важно, чтобы система в процессе проектирования отслеживала заданные правила проектирования и т.д. В общем то список можно продолжать и дальше.

Бывают и крайне сложные проекты, когда многие САПРы просто не справляются, например, с автоматической трассировкой сложных плат. В ручную такие сложные платы и вовсе развести не представляется возможным. В таких случаях необходимы инновационные механизмы и в принципе иные подходы в плане автотрассировки.

Важной составляющей при проектировании печатных плат является повышение надёжности проектируемой аппаратуры на основе математического моделирования, электрических, тепловых, аэро(-гидро)динамических и механических (вибраций, ударов, линейных ускорений, акустических шумов) процессов. На мероприятии будут затронуты самые острые вопросы, интересующие предприятия, для которых расчетные приложения для САПР электроники – основные инструменты в работе. Результатом обсуждения должны стать рекомендации отечественным предприятиям – членам Союза машиностроителей России и Лиги содействия оборонным предприятиям, по использованию того или иного ПО в части САПР электроники, а также рекомендации разработчикам инженерного программного обеспечения в плане улучшения разрабатываемых ими программ.



Реализация проекта позволит создать инновационную технологию информационной поддержки комплексного моделирования электронной аппаратуры на основе широко применяемых на предприятиях автоматизированных систем, включающую:

1. Разработку информационных моделей электронных компонентов для формирования базы данных по геометрическим, теплофизическим, физико-механическим, электрическим параметрам.

2. Идентификацию параметров Spice, IBIS, STEP – моделей для разработки и анализа электрических схем.

3. Моделирование электрических характеристик электронных схем с использованием Spice-моделей: токи, напряжения, мощности для каждого электронного компонента.

4. Моделирование тепловых и механических процессов в электронной аппаратуре с получением ускорений и температур электронных компонентов, создание карт рабочих режимов, анализ показателей надёжности электронных компонентов с помощью Автоматизированной системы обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА.

5. Тестирование моделей электрических, тепловых, механических процессов электронных компонентов и электронной аппаратуры.

В результате реализации проекта предприятия РФ смогут системно создавать электронную аппаратуру с применением моделирования на ранних этапах проектирования до изготовления опытного образца, позволяя избежать отказы или значительно сократить их на этапе испытаний опытного образца, сокращая тем самым количество испытаний опытного образца, возможные итерации по доработке схем и конструкций, затраты на разработку аппаратуры при одновременном повышении качества и надёжности, в том числе в критических режимах работы, делая электронную аппаратуру конкурентоспособной на отечественном и международном рынке, получая на выходе электронную модель изделия на принципах CALS-технологий.

## **2 Требуемые результаты проекта как ответ на бизнес-причины с учетом основных предположений**

1. Информационные модели электронных компонентов для формирования базы данных по геометрическим, теплофизическим, физико-механическим, электрическим параметрам.

2. Технология идентификации параметров Spice, IBIS, STEP – моделей для разработки и анализа электрических схем.

3. Технология моделирования электрических характеристик электронных схем с использованием Spice-моделей: токи, напряжения, мощности для каждого электронного компонента.

4. Технология моделирования тепловых и механических процессов в электронной аппаратуре с получением ускорений и температур электронных компонентов, создания карт рабочих режимов, анализа показателей надёжности электронных компонентов с помощью Автоматизированной системы обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА.

В системе АСОНИКА нет модуля электрического анализа и базы данных Spice-моделей, поэтому на сегодня технология моделирования электрических характеристик электронных схем с использованием Spice-моделей отсутствует. И поэтому мы хотим её реализовать в данном проекте.

Что касается моделирования тепловых и механических процессов в электронной аппаратуре с получением ускорений и температур электронных компонентов, создания карт рабочих режимов, анализа показателей надёжности электронных компонентов, то на сегодня реализовано автономное ПО, которое не получает на входе реальных электрических характеристик (токов, напряжений, мощностей, коэффициентов электрической нагрузки и др.), без которых невозможно получить точные результаты. Электрические характеристики задаются сейчас пользователем либо по результатам макетирования, либо исходя из прикидок и приближенных расчетов схемотехников. Поэтому, чтобы реализовать технологию из п.4, нужно вначале реализовать технологию из п.3.

### 3 Цели проекта

Генеральная цель: Повышение качества и надёжности электронной

аппаратуры при одновременном сокращения сроков и затрат на проектирование.

Цель второго уровня		Критерии достижения цели
1	Разработка информационных моделей электронных компонентов для формирования базы данных по геометрическим, теплофизическим, физико-механическим, электрическим параметрам.	Реализация инструмента в виде ПО, позволяющего для всех возможных групп ЭРИ заносить в базу данных все необходимые для моделирования физических процессов геометрические, теплофизические, физико-механические, электрические параметры электронных компонентов.
2	Разработка технологии идентификации параметров Spice, IBIS, STEP – моделей для разработки и анализа электрических схем.	Реализация инструмента в виде аппаратно-программного обеспечения, позволяющего получать для включения в базу данных параметры Spice, IBIS, STEP – моделей, необходимых для расчетов электрических схем.
3	Разработка технологии моделирования электрических характеристик электронных схем с использованием Spice-моделей: токи, напряжения, мощности для каждого электронного компонента.	Реализация инструмента в виде программно-методического комплекса, позволяющего рассчитывать токи, напряжения, мощности и другие электрические характеристики для всех электронных компонентов, входящих в состав аналоговых, цифровых, аналогово-цифровых схем.
4	Разработка технологии моделирования тепловых и механических процессов в электронной аппаратуре с получением ускорений и температур электронных компонентов, создания карт рабочих режимов, анализа показателей надёжности электронных компонентов с помощью Автоматизированной системы обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА.	Реализация инструмента в виде программно-методического комплекса, позволяющего импортировать из Автоматизированной системы моделирования электрических характеристик электронных схем токи, напряжения, мощности и другие электрические характеристики для всех электронных компонентов, входящих в состав электронных схем, и на их основе в системе АСОНИКА рассчитывать температуры и ускорения электронных компонентов и передавать их и электрические характеристики в подсистемы создания карт рабочих режимов и анализа показателей надёжности.

### 4 Описание подхода к достижению целей

Структура проекта представлена на рисунке 5. Изначально создаются информационные модели электронных компонентов для формирования базы данных по геометрическим, теплофизическим, физико-механическим, электрическим параметрам. Создаются Spice, IBIS, STEP -модели, необходимые для разработки и анализа электрических схем. Проводится идентификация параметров Spice, IBIS, STEP на базе измерительной лаборатории. В базу данных заносятся все параметры электронных компонентов, необходимые для моделиро-

вания. Проводится моделирование электрических характеристик электронных схем с использованием Spice-моделей, по результатам которого определяются токи, напряжения, мощности для каждого электронного компонента, которые передаются в систему АСОНИКА для расчета температур электронных компонентов, создания карт рабочих режимов, анализа показателей надёжности. Проводится тестирование моделей электрических, тепловых, механических процессов электронных компонентов и электронной аппаратуры и разрабатываемой технологии в целом, необходимое для её дальнейшей сертификации.

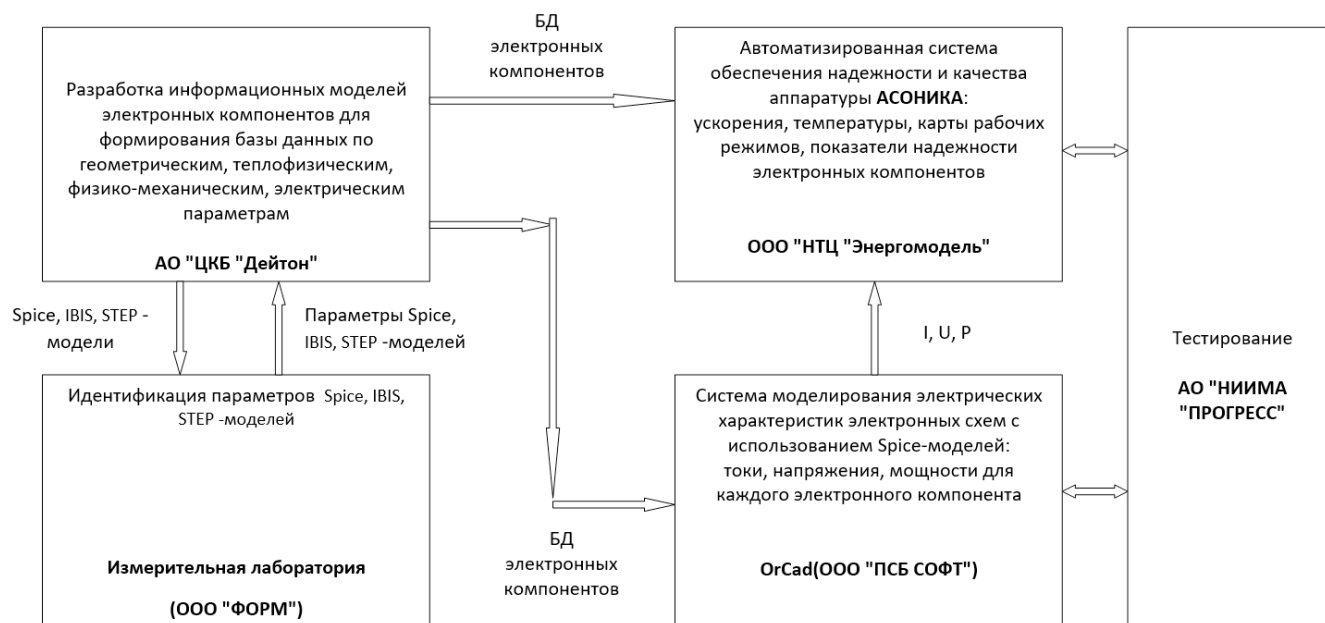


Рисунок 5 – Инновационная технология информационной поддержки комплексного моделирования электронной аппаратуры

В России из-за отсутствия предлагаемой технологии до сих пор не создана база данных электронных компонентов по геометрическим, теплофизическим, физико-механическим, электрическим параметрам и не проводится комплексное моделирование электрических, тепловых, механических, электромагнитных и других физических процессов в электронике с учетом их взаимного влияния, а это приводит к многочисленным отказам аппаратуры и к большим временным и материальным затратам на её разработку. Таким образом, инновационность предлагаемого подхода состоит в том, что разработчики электроники впервые получают аппаратно-программно-методическое обеспечение для сквозного схемно-конструктивного моделирования электроники на внешние воздействующие факторы вплоть до получения карт рабочих режимов и показателей надёжности с учетом реальных режимов работы ЭРИ. Полных зарубежных аналогов на рынке нет и быть не может, так как значительная часть параметров ЭРИ является информацией для служебного пользования и так как наличие такого комплексного инструмента у разработчика позволит создавать ему высоконадежную электронику для нужд Министерства обороны РФ, а в этом не заинтересовано оборонное ведомство США. Присутствуют отдельные программы для расчета электрических схем (Mentor Graphics, Altium Designer, OrCAD), тепловых и механических

характеристик машиностроительных конструкций (ANSYS, COSMOS, Nastran, COMSOL), показателей надёжности импортной электронной компонентной базы (Relex и Risk Spectrum). Отсутствуют полноценные базы данных ЭРИ и материалов, нет механизма получения данных для ЭРИ и материалов, нет программ создания карт рабочих режимов, нет аппаратного и методического обеспечения для сквозного схемно-конструктивного моделирования, нет конвертеров, обеспечивающих сквозное моделирование, нет методических рекомендаций для принятия решений по обеспечению выходных характеристик электроники в пределах допустимых значений, в том числе в критических ситуациях. Все это предстоит реализовать в данном проекте.

## 5 Границы проекта

В данном проекте не рассматриваются усталостные, электромагнитные и радиационные параметры электронных компонентов, а также моделирование этих процессов в электронной аппаратуре.

Коллектив разработчиков обладает отдельными программными продуктами по расчёту усталостных, электромагнитных и радиационных характеристик электроники, однако не располагает оборудованием для их экспериментальных исследований, что не позволит на данном этапе включить их определение в аппаратно-программно-методиче-



ский комплекс. Это потребует большее время и финансирование, привлечение в проект новых участников. Решение этих задач может быть осуществлено в дальнейшем как развитие данного проекта после его успешной реализации и апробации на практике.

## 6 Окружение и взаимосвязи проекта

Предлагаемая технология позволяет создавать электронную модель электронного компонента и изделия в целом на принципах CALS-технологий, что требует также подключения и взаимосвязи с другими автоматизированными системами, не представленными в данном проекте, так как электронная модель включает помимо моделей электрических, тепловых, механических процессов еще и другие модели – геометрические, создаваемые в CAD-системах, а также модели других, не рассматриваемых в проекте, физических процессов. По мере реализации проекта будет предложено окружение и взаимосвязь с конкретными существующими программами, позволяющими сформировать электронную модель.

## 7 Краткое описание 4-х ключевых этапов проекта и примерные сроки завершения

№	Результат этапа	ГГГГ-ММ
1	Информационные модели электронных компонентов для формирования базы данных по геометрическим, теплофизическим, физико-механическим, электрическим параметрам.	2018-12
2	Технология идентификации параметров Spice, IBIS, STEP – моделей для разработки и анализа электрических схем.	2019-06
3	Технология моделирования электрических характеристик электронных схем с использованием Spice-моделей: токи, напряжения, мощности для каждого электронного компонента.	2019-12

4	Технология моделирования тепловых и механических процессов в электронной аппаратуре с получением ускорений и температур электронных компонентов, создания карт рабочих режимов, анализа показателей надежности электронных компонентов с помощью Автоматизированной системы обеспечения надежности и качества аппаратуры АСОНИКА.	2020-06
5	Тестирование моделей электрических, тепловых, механических процессов электронных компонентов и электронной аппаратуры.	2020-12

## Заключение

Государственные структуры не выделили деньги (350 млн. рублей) на реализацию данного проекта, единогласно поддержанного Экспертным советом Инновационного территориального кластера «Зеленоград», что нанесло колоссальный удар изнутри российской электронике и национальной безопасности Российской Федерации! В то же время те же самые государственные структуры за последние 8 лет впустую выделили десятки и даже сотни миллиардов рублей в виде грантов и субсидий на разработку так называемых «САПР электроники», которых никто никогда не видел на предприятиях отечественной электронной промышленности. Таким образом, важный проект государственного значения «Инновационная технология информационной поддержки комплексного моделирования электронной аппаратуры» так и не был реализован, что на руку злейшим врагам России и противоречит политике Президента Российской Федерации Владимира Владимировича Путина на достижение технологического суверенитета России!

# Цифровая технология создания акустического устройства массового уничтожения беспилотных летательных аппаратов в радиусе действия (нереализованный проект)

Газаров Вартан Арменович

Доцент, кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
ООО «АСКМ «Прогресс» (член технического комитета по стандартизации ТК 165  
«Системы автоматизированного проектирования электроники» (Росстандарт)  
askm@askm-progress.com

## Аннотация

В статье рассмотрен важный проект государственного значения в области защиты объектов и людей от беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), представленный профессиональному сообществу и государственным структурам 8 лет назад, но так и не получивший государственное финансирование, что нанесло колоссальный удар изнутри национальной безопасности Российской Федерации! В данном проекте предлагается принципиально новое решение проблемы высокоточного массового уничтожения БПЛА на основе свойства акустических волн вызывать механические резонансы в конструкциях, приводящие к отказу электроники и самого БПЛА.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, акустическое устройство, акустический шум, акустическое давление, механические резонансы, отказ электроники.

## Digital technology for creating an acoustic device for the mass destruction of unmanned aerial vehicles within range (unimplemented project)

Gazarov V.A.

## Abstract

This article examines a significant national project in the area of protecting objects and people from unmanned aerial vehicles (UAVs). It was presented to the professional community and government agencies eight years ago but never received government funding, dealing a colossal blow to the national security of the Russian Federation. This project proposes a fundamentally new solution to the problem of high-precision mass destruction of UAVs based on the ability of acoustic waves to induce mechanical resonances in structures, leading to the failure of electronics and the UAV itself.

**Keywords:** unmanned aerial vehicles, acoustic device, acoustic noise, acoustic pressure, mechanical resonances, electronic failure.

## 1 Описание проблемы

В настоящее время не существует средств, позволяющих с высокой долей вероятности массово уничтожать беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Суще-

ствующие средства имеют низкую точность попадания, высокую стоимость и опасность для окружающих людей. Необходимость наличия высокоточного средства по уничтожению БПЛА обоснована массовым их

использованием в разведывательных целях на гражданских и военных объектах. Уже сейчас за рубежом разрабатываются БПЛА, с борта которых могут вылетать сотни маленьких БПЛА, в том числе с химическим и бактериологическим оружием, которые невозможно уничтожить существующими средствами.

В последние годы все большее распространение получают БПЛА. Эта техника уже давно зарекомендовала себя в качестве надёжного и эффективного средства ведения разведки, нанесения ударов по объектам противника и выполнения других задач. Часто БПЛА используются для промышленного шпионажа на охраняемых гражданских объектах.

По некоторым оценкам, только в США за последние 15 лет было произведено более 30 тысяч БПЛА разных классов и типов, большая часть которых используется военными и спецслужбами. Беспилотники активно использовались во всех заметных вооруженных конфликтах последнего времени, а также БПЛА используются в террористических целях. Беспилотники обладают многими свойствами, которые делают их потенциально идеальным средством для осуществления террористических атак. Они управляются анонимно и дистанционно, при этом не несут риска для оператора, дешёвы и легки в управлении, их можно использовать по одному или группой для достижения желаемого эффекта. Факт использования боевиками ударных беспилотных летательных аппаратов самолетного типа свидетельствует о том, что боевикам переданы технологии, позволяющие проводить террористические акты с применением БПЛА в любой стране.

Успешное обнаружение и поражение целей, неоднократно выполнявшееся БПЛА в Ираке или Афганистане, наглядно демонстрирует возможности подобной техники. Более того, такие успехи беспилотников нередко становятся поводом для появления самых смелых прогнозов: порой утверждается, что БПЛА в перспективе смогут полностью заменить пилотируемую авиацию и некоторые другие виды военной техники.

## 2 Предлагаемое решение проблемы

**Акустическое устройство** уничтожения БПЛА в радиусе действия конструктивно представляет из себя металлическую сферу, наполненную сжатым воздухом (газом). Для приведения её в действие на расстоянии необходимо с помощью пушки запустить в сторону БПЛА данную сферу и в нужный момент, когда БПЛА попадет в расчетный радиус предстоящего акустического взрыва, нажать на пульт дистанционного управления, чтобы сфера сдетонировала и произошёл взрыв. Возникшее при этом мощное акустическое давление и приведёт к гарантированному отказу всех БПЛА (сотен и тысяч), попадающих в радиус действия.

1. Акустический шум имеет достаточно широкий диапазон частот: от 10 до 10 000 Гц. В этом диапазоне частот резонируют многие электронные компоненты, входящие в состав БПЛА, а также печатные платы, корпуса блоков и другие составные части БПЛА. Таким образом, акустический шум, действуя на электронику, приводит из-за наличия резонансов к вторичной вибрации. Электронные компоненты имеют допустимые ускорения вибрации: от 10 до 40 g. Отказом электронного компонента считается превышение этих значений в процессе эксплуатации. Если отказывают основные электронные компоненты (микросхемы, транзисторы, резисторы, конденсаторы и др.), то в конечном счете отказывает в целом БПЛА. Отказом других составных частей БПЛА считается превышение допустимых механических напряжений в материалах конструкции БПЛА.

2. Давление шума, создаваемого ракетами и самолетами, составляет до 175 дБ и является предельным практически для всех электронных компонентов. Порог в 130 дБ смертелен для человека (внутренние органы попадают в резонанс и отрываются). В электронных компонентах и составных частях БПЛА уже при давлении, близком к 175 дБ, ускорения и механические напряжения могут значительно превышать допустимые значения.

3. Таким образом, управляя параметра-



ми акустического шума, можно добиваться мгновенных отказов электронных компонентов, составных частей БПЛА и БПЛА в целом. Можно также массово уничтожать живую силу противника без разрушения инфраструктуры и без радиации.

4. При этом акустический шум является безопасным для тех, кто его использует в борьбе с БПЛА, так как при этом отсутствуют какие-либо излучения (электромагнитные, радиационные), отрицательно влияющие на жизнедеятельность человека.

5. Кроме того, давление акустического шума значительно падает на расстоянии. Как известно, увеличение расстояния в два раза уменьшает звуковое давление на 6 дБ. Поэтому на определенном расстоянии акустический шум никак не влияет на тех, кто его использует в борьбе с БПЛА. В частности, шум давлением 175 дБ практически уже не действует на расстоянии 200 м от эпицентра взрыва.

6. Важным преимуществом акустического шума является также то, что он действует не прямолинейно, а по сфере. Объект, попавший в сферу воздействия акустического шума, подвергается его отрицатель-

ному воздействию. Это не требует узкой направленности на БПЛА, чего достичь достаточно сложно.

7. Так как шум создается сильно сжатым воздухом (газом), то стоимость такого акустического устройства достаточно низкая. Для его изготовления не требуются дорогостоящие и редкие материалы и установки.

**Все вышеописанное делает данный подход инновационным, привлекательным для заказчиков во всем мире и быстро реализуемым.**

### 3 Описание базовой технологии

Для расчёта параметров акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия необходимо иметь информацию об уничтожаемых БПЛА:

- схему и конструкцию;
- расчётные ускорения и механические напряжения в конструкции при воздействии акустических шумов, выполненные с помощью российской САПР АСОНИКА (это единственная система на российском рынке, которая позволяет выполнить подобные

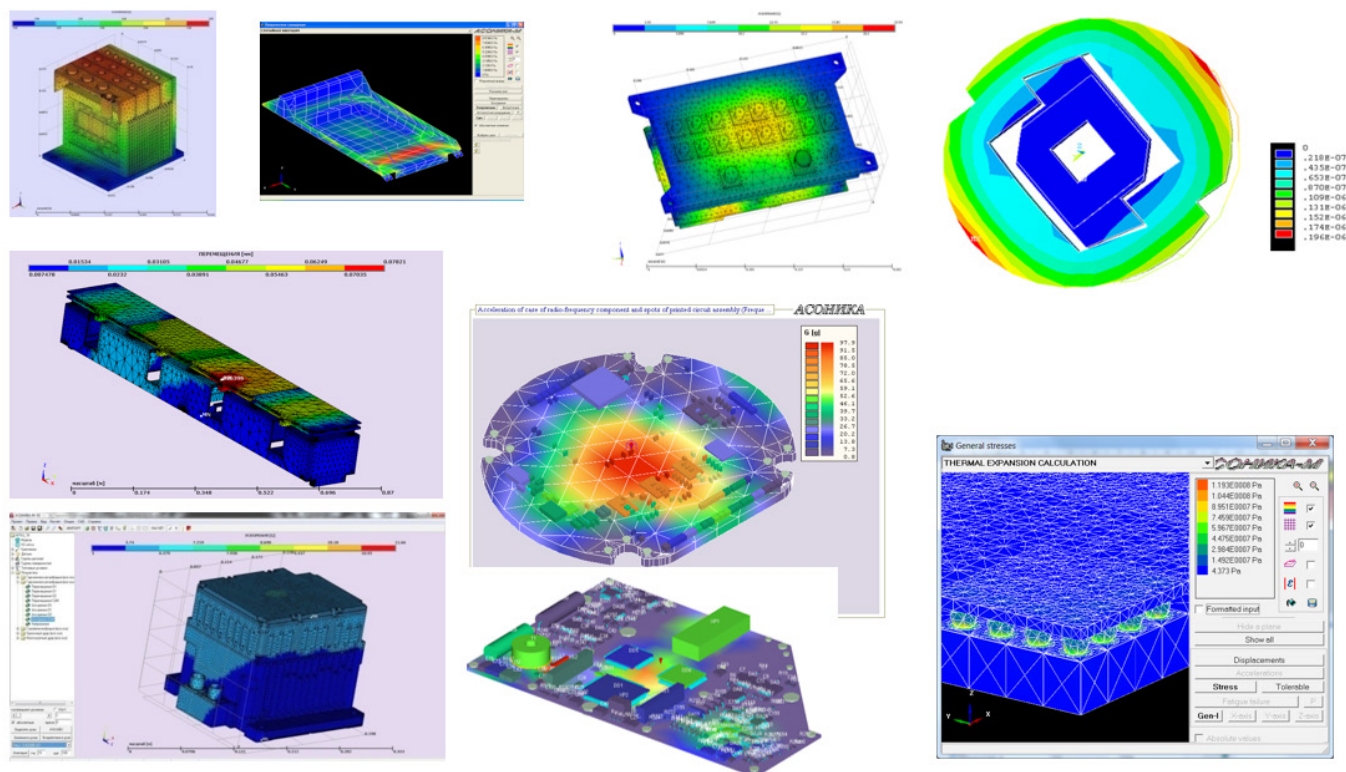


Рисунок 1 – Моделирование физических процессов в электронике с помощью системы АСОНИКА. ПРИМЕРЫ РАСЧЁТОВ

расчёты, см. рисунок 1);

– допустимые значения ускорений и механических напряжений в конструкции при вибрационных воздействиях, так как вибрации являются вторичными при воздействии акустических шумов.

Геометрические и физико-механические параметры акустического устройства уничтожения БПЛА в радиусе действия должны обеспечивать возможность создания избыточного акустического давления, приводящего к резонансам внутри БПЛА и, тем самым, к отказам электроники и самого БПЛА из-за превышения допустимых значений ускорений и механических напряжений в конструкции при вибрационных воздействиях, происходящих в результате акустического взрыва.

#### 4 Описание устройства

Схема устройства приведена на рисунке 2.

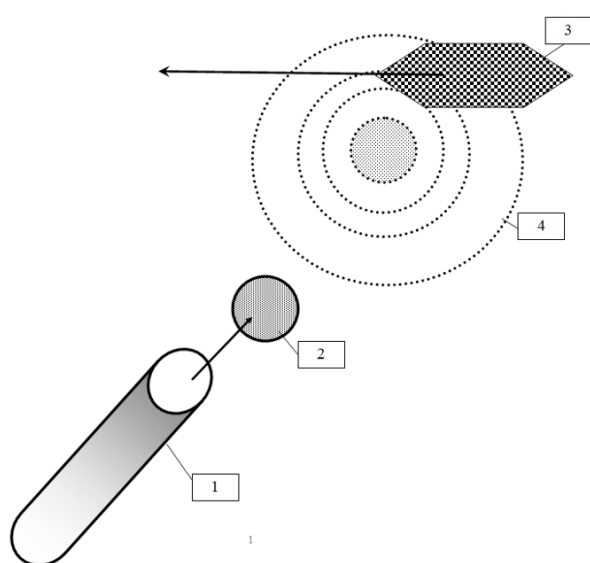


Рисунок 2 – Схема акустического устройства уничтожения БПЛА в радиусе действия:

1 – пушка (из нее вылетает акустическая «бомба») – Средство выбрасывания «сферы»;

2 – акустическая «бомба» (оболочка, заполненная сжатым газом высокого давления);

3 – БПЛА;

4 – сферическое распространение акустического шума после взрыва «бомбы»

#### Принцип работы устройства:

1. В заданный момент «бомба» 2 вылетает из пушки 1.

2. На определенном расстоянии от БПЛА 3 «бомба» 2 взрывается с помощью дистанционного управления с пульта (на оболочке расположено детонирующее устройство, которое срабатывает при нажатии кнопки пульта дистанционного управления). Данное расстояние заранее рассчитывается, исходя из: 1) характеристик электроники, размещенной в БПЛА; 2) характеристик самой «бомбы» (создаваемого при взрыве давления и радиуса его распространения).

3. Для повреждения электроники БПЛА 3 важно, чтобы БПЛА 3 попал в радиус действия акустического шума 4, где создается акустическое давление, опасное для электроники БПЛА 3.

4. Отказывает электроника – отказывает БПЛА 3. Объект выведен из строя.

#### 5 Цели, задачи, значимость, новизна проекта

##### Цели проекта:

1. Создание акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия.

2. Внедрение акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия на российском и международном рынках.

##### Задачи научного исследования:

1. Разработка методики расчёта параметров акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия.

2. Реализация и испытания макета акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия.

##### Научная значимость решения проблемы:

Принципиально новое решение проблемы высокоточного массового уничтожения БПЛА на основе свойства акустических волн вызывать механические резонансы в конструкциях, приводящие к отказу электроники и самого БПЛА. При этом:

1. Действие устройства является безопасным для тех, кто его использует в борьбе с БПЛА, так как:

– при этом отсутствуют какие-либо излучения (электромагнитные, радиационные), отрицательно влияющие на жизнедеятельность человека;

– на расстоянии 200 м и более от эпицентра взрыва акустическое давление практически равно нулю.

2. Устройство является высокоточным с вероятностью поражения БПЛА, близкой к 1, так как шум не является узко направленным и поражает объект, попавший внутрь сферы определенного радиуса.

3. Стоимость устройства в 3-4 раз меньше существующих, так как шум создается сильно сжатым воздухом (газом) и для изготовления такого устройства не требуются дорогостоящие и редкие материалы и установки.

#### **Направление научного исследования:**

Управление параметрами акустического шума для достижения мгновенных отказов электронных компонентов, составных частей БПЛА и БПЛА в целом.

#### **Научная новизна:**

Принципиально новая методика расчёта параметров акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия, позволяющая получить оптимальные параметры акустического устройства с достижением максимального эффекта – 100%-го отказа БПЛА при минимальных затратах по стоимости и времени за счет виртуальных испытаний проектируемого устройства на воздействие акустических шумов с помощью российской САПР АСОНИКА (слайд с примерами результатов расчётов приведён на рисунке 1).

## **6 Конкурирующие решения**

**У акустического устройства уничтожения БПЛА нет прямых мировых аналогов.**

Если предположить самого ближайшего косвенного аналога – это зенитное и ствольное орудие. Зенитное и ствольное орудие наносит разрушение БПЛА до 100% его компонентов, из них полезных 10% – это и есть компоненты, отвечающие за управление БПЛА. Основная цель создания акустического устройства уничтоже-

ния – нанесение точечного, разрушающего эффекта компонентов, которые отвечают за управление БПЛА. Поэтому у акустического устройства уничтожения нет аналогов – стоимость и размеры зенитного и ствольного орудия в разы будут превышать акустическое устройство уничтожения.

В России к системам противодронной защиты можно отнести комплекс РЭБ Шиповник-Аэро (Камаз), Заслон (КБ Аэростат), устройство для дистанционной зарядки БПЛА (Институт оптики атмосферы Сибирского отделения РАН).

Проведём детальное сравнение с данными моделями.

#### **Комплекс РЭБ «Шиповник-АЭРО».**

<https://topwar.ru/100400-v-rf-ispytyvaetsya-noveyshiy-kompleks-reb-shipovnik-aero.html>

Однако, по словам источника в Минобороны, сейчас перехватить сигнал управления получается не у всех типов БПЛА. Можно эффективно справиться с различными коммерческими изделиями, в том числе использующими для управления сети Wi-Fi. Не так сложно справиться и с БПЛА, управляемыми по радиоканалам, начиная от миниатюрных RQ-11 Raven и заканчивая достаточно большими израильскими Hermes, американскими RQ-5 и RQ-7. Но вот такие серьезные дроны, как американские MQ-9 Reaper, RQ-4 Global Hawk и RQ-170, управляются по спутниковым каналам связи, а их сигналы очень мощные и отличаются высокой степенью защищенности. Для их взлома требуются очень большие вычислительные мощности.

**Предлагаемое в данном проекте акустическое устройство обладает неоспоримым преимуществом – не требует знания схем и их характеристик, а также их взлома, так как акустический шум имеет давление, заведомо превышающее допустимые давления электронных компонентов в БПЛА.**

#### **Противодроновый комплекс «Заслон».**

<https://topwar.ru/120255-protivodronovoe-ruzhe-zaslon.html>



Комплекс представляет собой ружье-высокочастотный излучатель.

Это прототип ружья для посадки дронов-нарушителей.

Это перспектива, потому что сейчас еще не до конца приняты регламенты использования беспилотных летательных аппаратов и не до конца прописаны правила запретов.

**Предлагаемое в данном проекте акустическое устройство обладает неоспоримым преимуществом – действует в радиусе значительно больше полукилометра и никак не привязано к регламентам использования БПЛА.**

**Устройство для дистанционной зарядки БПЛА.**

<https://hi-news.ru/technology/sozdano-ustrojstvo-dlya-distancionnoj-zaryadki-i-unichtozheniya-bespilotnikov.html>

Создано устройство для дистанционной зарядки и уничтожения беспилотников. Безусловно, одним из, можно сказать, «узких» мест современных беспилотников является время автономной работы, не позволяющее летательному аппарату подолгу находиться в воздухе. Конечно, существуют ёмкие аккумуляторы, солнечные батареи и прочие изыскания. Но куда более изящный способ предложили эксперты Института оптики атмосферы Сибирского отделения РАН. Они разработали устройство для дистанционной зарядки БПЛА, которое может не только заряжать «свои» беспилотники, но и сбивать «чужие». Разработка была представлена на выставке НТИ-ЭКСПО в рамках международного форума «Технопром-2017», который проходил в Новосибирске с 20 по 22 июня. Новая система имеет двойное назначение – гражданское и оборонное. Технология новосибирских ученых, по заявлению разработчиков, позволяет минимизировать помехи атмосферы, а энергию можно передавать на расстоянии нескольких километров. В основе разработки лежит передача энергии при помощи особых лазеров. Кроме того, при необходимости лазеры можно настроить на уничтожение беспилотных летательных аппаратов. Как сообщил научный сотрудник

института оптики атмосферы Сибирского отделения РАН Григорий Филимонов, «Технология высокоэффективного сложения матрицы волоконных лазеров позволяет дистанционно заряжать беспилотные летательные аппараты. Свои заряжать, а чужие – сбивать. Мы создали установку с семью каналами и получили увеличение энергии в 49 раз. Энергию можно масштабировать во много раз».

**Предлагаемое в данном проекте акустическое устройство обладает неоспоримым преимуществом – не требует знания схем и их характеристик, а также их взлома, так как акустический шум имеет давление, заведомо превышающее допустимые давления электронных компонентов в БПЛА.**

**Общий вывод: конкурентные преимущества предлагаемого в данном проекте акустического устройства очевидны.**

## **7 История и динамика развития проекта**

Проект создания акустического устройства уничтожения БПЛА в радиусе действия был инициирован Научно-производственным объединением «Лианозовский электромеханический завод» (НПО «ЛЭМЗ») по результатам выступления академика Шалумова А.С. с докладом «Моделирование электроники беспилотных летательных аппаратов на внешние тепловые, механические, электромагнитные воздействия» на IV международной конференции «Беспилотная авиация-2017», которая состоялась 20–21 апреля 2017 г. в городе Москве.

Были проведены исследования различных методов уничтожения БПЛА. Анализ показал, что все эти методы дорогостоящие и малоэффективные, а также отрицательно влияют на жизнедеятельность человека. В поисках нового метода была проанализирована статья Шалумова А.С. «Моделирование механических процессов в конструкциях РЭС при воздействии акустического шума», опубликованная в журнале «Надежность и контроль качества» в 1995 году (№ 1, с. 26–31). Данная статья породила

идею уничтожения электроники на расстоянии посредством акустического шума путем ввода в резонанс электронных плат и компонентов. В данной статье приведена модель, разработанная Шалумовым А.С., позволяющая получить вторичную вибрацию, к которой приводит воздействие акустического шума в диапазоне частот от 10 до 10 000 Гц. В этом диапазоне частот резонируют не только платы, но и электронные компоненты. Если увеличить давление и достичь высоких ускорений, то можно привести к отказу электронные компоненты. Данная модель заложена в Автоматизированную систему обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА – единственную САПР на российском рынке, которая позволяет выполнить подобные расчёты. Используя систему АСОНИКА, можно рассчитать ускорения и механические напряжения в конструкции при воздействии акустических шумов. Это позволит рассчитать параметры акустического устройства уничтожения БПЛА в радиусе действия, а затем реализовать и испытать макет данного акустического устройства, что и предполагается сделать в данном проекте.

Актуальность и новизну данного проекта подтвердил Владимир Чудаков – руководитель КБ «Индела» (Республика Беларусь), которое известно на международном рынке своими разработками БПЛА. Также актуальность и новизну данного проекта подтвердили в 2018 году эксперты Аризонского государственного университета (США), являющегося базовым в области космических исследований. Там подтвердили, что в США не было подобных разработок. Данная экспертиза была проведена по требованию государственных структур РФ для определения возможности финансирования проекта.

Окончательный вариант проекта разработан ведущей российской научной школой НШ-5574.2014.10 в области знаний «Военные и специальные технологии» под руководством академика Шалумова А.С.

## 8 Рынок

На данный момент проект **не является рыночным** и не нацелен на извлече-

ние прибыли. Главная задача на сегодня – обеспечить **оборонеспособность и суверенитет страны**. Поэтому необходимо обеспечить все необходимые затраты по мере выполнения проекта. Главным потребителем является Министерство обороны РФ. В случае, если предлагаемое устройство покажет свою эффективность, можно говорить о продаже технологии в дружественные страны. И тогда можно будет оценить доходы. Экономический эффект прежде всего достигается от того, что данное устройство обеспечит защиту граждан России, наших промышленных, гражданских и военных объектов от поражения вражескими БПЛА, а значит защитит нас от огромных человеческих и материальных потерь. Защитим себя – далее защитим дружественные страны, которые будут готовы платить за данную технологию в случае успешного её применения в России.

## 9 Публикации и доклады на конференциях

### Опубликовано:

Шалумов А.С. Звук по дронам // Гражданская авиация. 2019. № 1. С. 30 – 31.



## авиапром

## ЗВУКОМ ПО ДРОНАМ

НИИ «АСОНИКА» предлагает инновационное решение по противодействию беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) в районе действия аэропортов. Высокоэффективное уничтожение дронов достигается за счет свойств акустических волн вызывать механические резонансы в конструкциях, приводящие к отказу электроники. Одновременно это средство уничтожает псих птиц, являющихся потенциальной угрозой для воздушных судов и погибающих при давлении более 130 дБ.

20

конструкций, приводящие к отказу электроники. Одновременно это средство уничтожает псих птиц, являющихся потенциальной угрозой для воздушных судов и погибающих при давлении более 130 дБ.

Потенциальной угрозой для воздушных судов и погибающих при давлении более 130 дБ.



Александр Щеголов

Генеральный директор НИИ «АСОНИКА» Александр Щеголов. По его словам, проект разработан в сотрудничестве с военными специалистами. В ходе испытаний было установлено, что акустическое воздействие на БПЛА в радиусе действия аэропортов приводит к отказу электроники и уничтожению дронов. Это достигается за счет свойств акустических волн вызывать механические резонансы в конструкциях, приводящие к отказу электроники. Одновременно это средство уничтожает псих птиц, являющихся потенциальной угрозой для воздушных судов и погибающих при давлении более 130 дБ.

## справка

Один из основных направлений деятельности НИИ «АСОНИКА» — разработка систем противодействия беспилотным летательным аппаратам (БПЛА). В настоящее время в мире наблюдается быстрый рост числа дронов, что создает серьезные угрозы безопасности. НИИ «АСОНИКА» предлагает инновационное решение по противодействию БПЛА в районе действия аэропортов.

троники беспилотных летательных аппаратов на внешние тепловые, механические, электромагнитные воздействия».

2. III международный «Авиационный IT форум России и СНГ – 2017» (6-8 декабря 2017 года, Москва).

Тема доклада: «Применение российской автоматизированной системы АСОНИКА для создания высоконадежной авиационной электроники».

3. IV международный авиационный IT Форум России и СНГ – 2018 (28 – 30 ноября 2018 года, Москва).

Тема доклада: «Инновационное решение по обнаружению и противодействию беспилотных воздушных судов в радиусе действия аэропортов».

## 10 Дорожная карта проекта

Предполагалось в 2019-2020 гг. провести следующие работы по проекту:

1. Расчёты с помощью российской САПР АСОНИКА ускорений и механических напряжений в конструкциях БПЛА при воздействии акустических шумов. Сравнение расчётных значений ускорений и механических напряжений в конструкциях различных БПЛА с допустимыми.

2. Разработка конструкторской документации на макет акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия.

3. Реализация макета акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия по разработанной конструкторской документации.

4. Подготовка программы и методики испытаний макета акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия.

5. Проведение испытаний макета акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия в 3 этапа:

- 1) испытания БПЛА в акустической камере;
  - 2) испытания БПЛА на земле при взрыве акустической «бомбы»;
  - 3) полные испытания БПЛА в воздухе.
6. Разработка методики расчёта параметров акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия.

## Схема акустического устройства уничтожения БПЛА в радиусе действия

1. В заданный момент «бомба» 2 выстреливает в радиусе 3.
2. Не определившись с радиусом действия, «бомба» 3 возвращается с помощью дистанционного управления с помощью системы радиолокационного обнаружения и сопровождения (СРД) на расстояние 3.
3. Для поражения БПЛА 4, чтобы БПЛА 4 попал в радиус действия акустического устройства 4, СРД увеличивает радиус действия акустического устройства 4.
4. Отправляет сигнал на БПЛА 3, чтобы он выстрелил в радиусе 3.



В настоящее время в мире наблюдается быстрый рост числа дронов, что создает серьезные угрозы безопасности. НИИ «АСОНИКА» предлагает инновационное решение по противодействию БПЛА в районе действия аэропортов. Это достигается за счет свойств акустических волн вызывать механические резонансы в конструкциях, приводящие к отказу электроники. Одновременно это средство уничтожает псих птиц, являющихся потенциальной угрозой для воздушных судов и погибающих при давлении более 130 дБ.

АСОНИКА — это программно-аппаратный комплекс, предназначенный для обнаружения и уничтожения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в радиусе действия аэропортов. Комплекс работает на основе радиолокационного обнаружения и сопровождения (СРД) и акустического воздействия. В настоящее время в мире наблюдается быстрый рост числа дронов, что создает серьезные угрозы безопасности. НИИ «АСОНИКА» предлагает инновационное решение по противодействию БПЛА в районе действия аэропортов.

## Доложено:

1. IV международная конференция «Беспилотная авиация-2017» (20 – 21 апреля 2017, Москва).

Тема доклада: «Моделирование электроники беспилотных летательных аппаратов на внешние тепловые, механические, электромагнитные воздействия».



7. Апробация методики расчёта параметров акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия. Разработка руководящего документа.

8. Подготовка к внедрению акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия на международном рынке.

9. Подготовка к внедрению акустического устройства массового уничтожения БПЛА в радиусе действия на международном рынке.

*К началу выполнения проекта уже было сделано:*

- принцип работы устройства;
- САПР АСОНИКА, позволяющая рассчитать критические параметры создаваемого акустического шума.

*В ходе выполнения проекта надо было сделать:*

- приобрести необходимое число БПЛА для испытаний;
- по имеющимся схемам и конструкциям БПЛА с помощью САПР АСОНИКА рассчитать критические параметры создаваемого акустического шума;
- провести лабораторные испытания воздействия акустического шума с рассчитанными критическими параметрами на статический БПЛА, по результатам которых внести корректировки в расчёты с целью добиться выхода из строя БПЛА;
- привлечь специалистов, способных изготовить акустическую «бомбу», создающую при взрыве рассчитанные критические параметры создаваемого акустического шума, и обеспечить необходимые производственные мощности;
- привлечь специалистов, способных изготовить пушку для запуска акустической «бомбы», и обеспечить необходимые производственные мощности;
- привлечь специалистов, способных изготовить пульт дистанционного управления детонирующим устройством, и обеспечить необходимые производственные мощности;
- привлечь военных специалистов для осуществления запуска акустической «бом-

бы» на полигоне и обеспечить сам полигон;

- привлечь специалистов, способных изготовить детонирующее устройство, и обеспечить необходимые производственные мощности;
- изготовить опытный образец акустической «бомбы»;
- изготовить опытный образец пушки для запуска акустической «бомбы»;
- изготовить пульт дистанционного управления детонирующим устройством;
- изготовить детонирующее устройство;
- осуществить натурные испытания устройства на полигоне, по результатам которых внести корректировки в расчёты с целью добиться выхода из строя БПЛА;
- при успешном проведении натурных испытаний оценить себестоимость устройства с целью запуска в серию. По возможности применить устройство в боевых условиях.

*Потребности проекта:*

- оплатить приобретение необходимого числа БПЛА для испытаний;
- оплатить работу специалистов, которые по имеющимся схемам и конструкциям БПЛА с помощью САПР АСОНИКА рассчитают критические параметры создаваемого акустического шума;
- компенсировать затраты на лабораторные испытания воздействия акустического шума с рассчитанными критическими параметрами на статический БПЛА, по результатам которых внести корректировки в расчёты с целью добиться выхода из строя БПЛА;
- оплатить работу специалистов, способных изготовить акустическую «бомбу», создающую при взрыве рассчитанные критические параметры создаваемого акустического шума, и компенсировать затраты на необходимые производственные мощности;
- оплатить работу специалистов, способных изготовить пушку для запуска акустической «бомбы», и компенсировать затраты на необходимые производственные мощности;
- оплатить работу специалистов, спо-

собных изготовить пульт дистанционного управления детонирующим устройством, и компенсировать затраты на необходимые производственные мощности;

- оплатить работу военных специалистов для осуществления запуска акустической «бомбы» на полигоне и аренду полигона;

- оплатить работу специалистов, способных изготовить детонирующее устройство, и компенсировать затраты на необходимые производственные мощности;

- компенсировать затраты на изготовление опытных образцов акустической «бомбы»;

- компенсировать затраты на изготовление пушки для запуска акустической «бомбы»;

- компенсировать затраты на изготовление пульта дистанционного управления детонирующим устройством;

- компенсировать затраты на изготовление детонирующего устройства;

- компенсировать затраты на проведение натурных испытаний устройства на полигоне.

### **Заключение**

Государственные структуры не выделили деньги на реализацию данного проекта, несмотря на его актуальность, уникальность, отсутствие мировых аналогов и прямую связь с национальной безопасностью Российской Федерации! В своих ответах они настаивали на том, чтобы автор проекта за свои деньги сделал всё сам, а после успешных испытаний передал им готовую установку и технологию. Автор проекта им ответил, что для изготовления макета и проведения экспериментальных исследований нужны деньги, которых у него нет. Проект был, таким образом, заморожен до лучших времён на неопределённый срок. А сразу после этого на Россию полетели сотни беспилотников ...

## САПР электроники и отечественные операционные системы

**Гаджиев Рамазан Магомедович**

Доцент, кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
ООО «АСКМ «Прогресс» (член технического комитета по стандартизации  
ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники» (Росстандарт)  
askm@askm-progress.com

### Аннотация

В статье рассмотрена проблема совместимости так называемых отечественных операционных систем с Windows, в которой работают все существующие САПР электроники, создаваемые десятилетиями. Поводом для обсуждения явилась статья в интернете «Отечественные операционные системы: переходный период», состоящая из 4-х частей.

**Ключевые слова:** операционные системы, САПР электроники, промышленное ПО.

## CAD electronics and domestic operating systems

**Gadzhiev R.M.**

Omsk State Technical University, Postgraduate, Omsk, Russia

### Abstract

This article examines the compatibility of so-called domestic operating systems with Windows, which is the operating system for all existing CAD electronics developed over decades. The discussion was prompted by a four-part online article, «Domestic operating systems: transition period».

**Keywords:** operating systems, CAD electronics, industrial software.

В августе – сентября 2025 года в интернете в свободном доступе появилась статья «Отечественные операционные системы: переходный период», состоящая из 4-х частей:

- часть 1, 19 августа 2025 г.,  
<https://www.novostiitkanala.ru/news/detail.php?ID=190230>;
- часть 2, 3 сентября 2025 г.,  
<https://www.novostiitkanala.ru/news/detail.php?ID=190648>;
- часть 3, 9 сентября 2025 г.,  
<https://www.novostiitkanala.ru/news/detail.php?ID=190648>;
- часть 4, 15 сентября 2025 г.,  
<https://www.novostiitkanala.ru/news/detail.php?ID=190861>.

Компания «Инферит» – партнер обзора. Источник: Максим Белоус, IT Channel News. На протяжении всей статьи приводятся мнения различных людей с указанием их фамилий и должностей. Сразу скажу, что среди них нет ни одного специалиста в области САПР вообще и САПР электроники в частности. И это настораживает, так как сегодня автоматизированное проектирование электроники является наиважнейшей задачей. И, безусловно, огромное количество российских предприятий волнует вопрос, в каких САПР электроники они будут работать при 100%-ном переходе с Windows на отечественные операционные системы. Однако об этом в статье ни слова. Поэтому не понятно, для кого



же предназначены эти операционные системы. Попробуем в этом разобраться, подробно анализируя эту статью.

В части 1 сказано: «Привычная бесплатная и безусловная поддержка лицензионных копий Windows 10 со стороны Microsoft должна завершиться в октябре 2025 г.; переходить же на Windows 11 – с учётом как поступательного углубления её интеграции с разнообразными онлайн-сервисами, доступ к которым из России сегодня не гарантирован, так и отсутствия официального представительства разработчика в стране – представляется не самым разумным шагом. Выходит, для массового заказчика наступает самое время преодолеть довольно заметную до сих пор настороженность – и мигрировать уже на российские ОС? Но всё ли в ИТ-канале к этому готово – от совместимости самих операционных систем с востребованным на рынке прикладным ПО до удобства их с точки зрения повседневной работы?». **И с этим невозможно не согласиться.**

И далее: «Операционная система – это ключ и основа функционирования персонального компьютера, но без готового работать под ней прикладного ПО она, по сути, бесполезна. Какие же действия предпринимают разработчики российских ОС для персональных компьютеров, чтобы способствовать развитию экосистемы совместимого с ними ПО – и, тем самым, упрощать для заказчиков миграцию с Windows-ориентированных решений?». **И это тоже правильно.**

«Основные российские разработчики операционных систем активно развивают экосистему совместимого программного обеспечения». **А вот с этим я категорически не согласен, так как сама постановка вопроса неверная. Новые российские ОС должны были изначально разрабатываться совместимыми с Windows, так как все САПР электроники до этого работали и продолжают работать в Windows. И подавляющее их большинство до сих пор являются импортными. И если бы разработчики отечественных ОС изначально подошли бы именно так, то в этих ОС автоматически успешно рабо-**

**тали бы все существующие САПР электроники. Или они пытаются заставить иностранных разработчиков САПР электроники переделать (либо заново написать) программное обеспечение под их новые ОС? А также заставить те немногие отечественные САПР электроники за собственные средства разработчиков сделать совместимыми с их ОС? Каким образом? Где дорожная карта с обозначенным государственным финансированием под эти задачи, сроками и исполнителями? И где те самые иностранные разработчики, готовые взяться за эти задачи?**

«Действительно, ценность операционной системы определяется в первую очередь доступностью прикладного ПО, – соглашается Ирина Назаренко, директор «Инферит ОС». – В «Инферит ОС» мы разработали программу сертификации ПО, в рамках которой бесплатно тестируем приложения российских разработчиков и выдаём сертификат совместимости с ОС «МСВСфера». Также оказываем техническую поддержку вендорам – предоставляем подробную документацию, SDK и консультации по адаптации продуктов под нашу платформу. Сегодня в реестре совместимых решений «Инферит ОС» представлены уже более 100 проверенных приложений, включая офисные пакеты, системы электронного документооборота, системы защиты информации и отраслевое ПО». **Как видно, в этом списке нет и быть не может САПР электроники. А перечислено то, что значительно хуже существующего иностранного ПО. Российские аналоги рядом не стояли. Подавляющее большинство пользователей никогда не захотят переходить с привычного удобного ПО на плохое ПО, пусть даже совместимое с российскими ОС. Это всё равно, что построить дорогу, а машин нет либо машины без колёс и двигателей.**

Станислав Орлов, технический директор компании «АЛМИ Партнер», российского разработчика общесистемного и прикладного программного обеспечения, напоминает, что характеристики ОС определяют скорость, надёжность и безопас-

ность работы прикладного ПО: «В случае операционных систем реального времени (RTOS), используемых во встроенных системах, важны также такие специфические параметры как время реакции на события и гарантированное время исполнения. Создать идеальную ОС невозможно, так как с инженерной точки зрения для достижения оптимальности в одном параметре почти всегда приходится жертвовать качествами других. В итоге необходимо принять, что для каждой категории пользователей требуется своя специфическая экосистема: корпоративные приложения, АСУТП, малый бизнес, образовательные и домашние решения и т. д. В силу сложности и уникальности задач для того, чтобы создать полнофункциональную экосистему в конкретном сегменте, усилий одного только производителя недостаточно. Необходимы желание и координированные действия всех участников рынка в целевом сегменте, направленных на накопление критической массы пользователей – формирующих, в свою очередь, потребности и спрос». **Набор слов. Никакой конкретики. Чувствуется гуманитарный склад ума. И полное отсутствие знаний и опыта в области промышленного ПО. Я уже не говорю о знаниях в области САПР электроники.**

«В этом процессе, – продолжает эксперт, – помогает Министерство цифрового развития, корректируя регламенты, управляющие процессами импортозамещения, и должным образом направляя усилия российских производителей. Например, вводятся дополнительные требования к программному обеспечению, – оно должно работать минимум на двух операционных системах. Что касается нас как разработчика ОС, то мы постоянно увеличиваем количество прикладного ПО, совместимого с нашей «АльтерОС», обращая внимание на продукты, востребованные у заказчиков, и налаживая сотрудничество с их производителями – оно включает совместное тестирование на совместимость, создание комплексных пакетов (ОС + ПО) для конкретных клиентов, а также разработку специальных версий сервисного ПО, позволяющих запускать приложения, разра-

ботанные под Windows, на нашей системе. Для успешного формирования экосистемы также важны профессиональная круглосуточная техническая поддержка и гибкая настройка SLA для корпоративного сегмента, наличие широкого ассортимента предустановленного ПО и обучающих материалов для домашних и образовательных пользователей – плюс оптимизированные конфигурации для игрового сегмента». **Сплошная демагогия! Как можно постоянно увеличивать количество прикладного ПО, совместимого с «АльтерОС», если разработчики и пользователи САПР электроники не знают и знать не хотят об этой ОС! Ни у одной российской ОС нет и быть не может специальных версий сервисного ПО, позволяющих запускать приложения, разработанные под Windows! Для этого разработчики «АльтерОС» должны иметь уровень не ниже разработчиков Windows, что вряд ли. Зачем так откровенно вводить в заблуждение читателей? Возьмите хотя бы Microsoft Office и попробуйте запустить в ОС «АльтерОС». Скорее всего он даже не запустится. А если каким-то чудом и запустится, то скорее всего работать не будет. Мы пробовали уже это делать для тех самых двух ОС, о которых говорит Министерство цифрового развития. Ничего не работает. Зачем нам сейчас игровой сегмент? Нам нужно создавать надёжную и качественную электронику!**

«Для конечного пользователя ОС играет второстепенную роль – вплоть до того, что если операционная система идеальна, она остаётся практически незаметной; на это указывает и Михаил Геллерман, директор управления операционных систем «Группы Астра»: «Но чтобы всё работало, ОС и прикладное ПО должны быть совместимы. В «Группе Астра» работа по обеспечению совместимости с ОС Astra Linux ведётся как минимум по трём направлениям:

1. Мы сформировали собственную экосистему продуктов, которая включает, помимо операционной системы для компьютеров, серверов, мобильных и специализированных устройств, также решения

для администрирования и мониторинга, хранения и обработки данных, виртуализации и контейнеризации, резервирования, корпоративных коммуникаций и других задач.

2. С 2016 года в компании действует программа технологического партнёрства с разработчиками программного обеспечения и производителями оборудования Ready for Astra. Цель программы – как раз обеспечение совместимости продуктов вендоров с экосистемой «Группы Астра», а также повышение безопасности партнёрских продуктов: на текущий момент совместимость с ОС Astra Linux подтверждена у 3700+ программных и аппаратных продуктов.

3. Продолжает сохранять актуальность узкоспециализированное ПО, изначально написанное под Windows, и у нас есть решение, – платформа Astra Wine позволяет запускать приложения, разработанные для Microsoft Windows, на устройствах с ОС Astra Linux. Это обеспечивает непрерывность бизнес-процессов и мягкую адаптацию при переходе на российское инфраструктурное ПО».

**Хотелось бы, чтобы Михаил Геллерман назвал из списка 3700+ хотя бы одну САПР электроники, которая сейчас активно используется в электронной промышленности России. Скорее всего это абсолютный ноль. Что же касается платформы Astra Wine, то она не позволяет запускать приложения, разработанные для Microsoft Windows, на устройствах с ОС Astra Linux. Проверили для широко используемых в электронной промышленности РФ САПР электроники. Зачем вводить в заблуждение читателей?**

По словам Артёма Марковского, руководителя департамента инфраструктурных и прикладных решений компании Ахофт, ключевыми направлениями работы производителей в рамках вопроса совместимости с прикладным ПО являются по большей части технические аспекты: «Совместимость с Windows-приложениями ...». **Совершенно верно. Но разработчики отечественных ОС не могут сегодня этого сделать, так как соответствующие го-**

**сударственные структуры изначально не ставили перед ними такую задачу, не обеспечили необходимыми материальными и людскими ресурсами. Всё делается стихийно, непрофессионально – от постановки задачи и до разработки. Хотя из государственного бюджета уже выделены миллиарды рублей на эти цели, но результат нулевой. Деньги пропали. Первопричиной является то, что процессом рулят дилетанты – юристы, экономисты, управленцы без опыта работы в промышленности, без знания и умения работать в промышленном ПО, в том числе в САПР электроники. Также невозможно за 2-3 года создать нормальное промышленное ПО. Мировая практика показывает, что на это уходят годы и даже десятилетия. Мы каждый день теряем время. Государству давно уже нужно было собрать в один кулак оставшихся в России разработчиков САПР электроники. Именно они должны рулить процессом, а не какие-то чиновники-выскочки-карьеристы с гуманитарным образованием, явно не патриотичные, ничего не понимающие в промышленном ПО, часто вороватые (многие уже сидят в тюрьмах либо находятся под следствием, либо находятся в бегах за рубежом). Нужно доверять талантливым разработчикам, имеющим ощутимые результаты, а не проходимцам, осваивающим бюджетные деньги по формальным признакам.**

В «Базальт СПО» действует специальное подразделение службы совместимости, которое, в частности, работает с разработчиками прикладного ПО по вопросам обеспечения корректной работы приложений в ОС «Альт», – об этом свидетельствует Алексей Смирнов, председатель совета директоров компании «Базальт СПО»: «В АРПП «Отечественный софт» есть каталог совместимости. Ещё несколько лет назад подготовлен проект постановления, вносящий изменения в правила попадания в Реестр российского ПО. Там прописано, что прикладное программное обеспечение, чтобы попасть в реестр, должно быть совместимо хотя бы с двумя отечественными



операционными системами. Это постановление уже трижды проходило регуляторные процедуры, но, к сожалению, до сих пор не принято». **И хорошо, что не принято. Иначе автоматизированная разработка современной российской электроники вообще встанет, что нанесёт огромный ущерб нашему государству, его обороноспособности, равносильный вредительству. Иначе будем иметь сотни российских ОС и ни одной российской САПР электроники. Перед тем, как что-то принимать, надо профессионально владеть ситуацией. Разработчики практически всех российских ОС явно не владеют ситуацией. Они хотя бы знают, что такое электроника, как она создаётся, маршрут её создания? Они читали национальные стандарты в области САПР электроники, разработанные в ТК 165 «САПР электроники», утверждённые Росстандартом и введённые в действие? Они хотя бы знают определение «САПР электроники» по ГОСТу? Скорее всего нет. Зачем тогда комментировать то, о чём не имеешь понятие? Чтобы побольше продать свою ОС? И всё?**

«Мы уделяем особое внимание технологическому партнёрству, сотрудничая с более чем 1000 партнёрами среди отечественных производителей оборудования и ПО, – свидетельствует Рустам Рустамов, заместитель генерального директора РЕД СОФТ. – Уже подтверждено, что более 3000 российских решений совместимы с РЕД ОС, и этот список мы продолжаем расширять. К вопросу тестирования совместимости мы подходим комплексно и работаем по выстроенной методологии: проводим нагрузочные тестирования, тестирование преразличных сборок, подтверждаем совместимость новых релизов. Это создаёт условия для успешного внедрения РЕД ОС в качестве основы для интегрированной импортозамещённой инфраструктуры, облегчая переход заказчиков с решений, ориентированных на Windows». **Опять двадцать пять. Опять философский подход. Назовите хотя бы одну САПР электроники, широко применяемую в промышленности РФ, которая работала бы в РЕД ОС.**

**Нет таких. Сходите хотя бы раз на предприятие, проектирующее электронику. И узнайте, почему они не применяют РЕД ОС. И применять никогда не будут.**

По утверждению Алексея Киселева, руководителя разработки ОС РОСА, разработчики российских ОС стимулируют развитие экосистемы совместимого прикладного ПО, в том числе за счёт популяризации кроссплатформенных подходов: «Многие вендоры переходят на новые языки программирования и современные фреймворки, позволяющие запускать приложения как под Windows, так и под Linux, а значит, и под отечественными ОС. Мы со своей стороны способствуем этому процессу: проводим доклады, делимся рекомендациями о том, как правильно упаковывать и адаптировать ПО под Linux-системы. Это несложно, нужно лишь соблюдать базовые принципы. Компании вроде «Р7-Офис» уже делают такие корректные пакеты, которые работают без проблем под ОС РОСА и другими отечественными платформами. Кроме того, чем больше отечественные операционные системы получают распространение, тем выше интерес со стороны разработчиков прикладного ПО. Мы постоянно рассказываем, как упрощать поддержку таких систем, чтобы минимизировать фрагментацию и затраты». **Не надо проводить доклады, рассказывать. Вначале сами изучите предметные области, для которых вы рекомендуете свои ОС, и состояние дел в промышленности с точки зрения автоматизации проектирования.**

**Далее до конца части 1 идёт разговор о комфорте.**

В части 2 говорится, что «ОС на базе ядра Linux, да ещё полагающиеся на глобальные репозитории с открытым кодом, нередко критикуют за «вторичность», «заведомую уязвимость к сознательно внедряемым в код закладкам/эксплоитам», «отсутствие собственного вектора развития» и т. п.». **И далее об открытых кодах, что абсолютно неинтересно для разработчиков и пользователей САПР электроники.**

В части 3 говорится о том, что «быстрая, эффективная реакция на обнаружение уязвимостей «нулевого дня» и прочие ИБ-

угрозы – важнейший признак действительно солидной, готовой к работе на самых серьёзных участках ОС. **Откровенная демагогия, которую даже не хочется комментировать.**

В части 4 обсуждается следующее:

«Пока создаваемые в России ОС базируются в большей или меньшей степени на открытых глобальных разработках и стандартных репозиториях, можно утверждать, что исполняемое под ними ПО в целом взаимно совместимо: условно говоря, некий пакет, помещённый во Flatpak разработчиком из ФРГ, на наследующей Ubuntu российской ОС практически гарантированно развернётся и заработает. Но вот вопрос: продолжит ли такое положение дел сохраняться и дальше – либо уже через несколько лет российское и условно американоцентричное ПО (а ведь есть ещё разработки, ведущиеся в КНР, – это совершенно отдельная тема) разойдутся до полной несовместимости?».

«Тенденций отхода от совместимости с глобальными разработками пока не наблюдается, – констатирует Ирина Назаренко, директор «Инферит ОС», – и вероятность того, что это произойдёт, очень низкая. Подавляющее большинство российских ОС из реестра основаны на ядре Linux, используют принятый в Linux формат исполняемых файлов ELF и один из двух форматов пакетов: deb или rpm. Что касается протоколов обмена данными и файловых форматов, то семейство протоколов TCP/IP в России признано стандартом через систему ГОСТ с использованием адаптированных стандартов ISO/IEC и IETF (RFC). Формат документов OpenDocument (.odt, .odf, .odp), изначально применявшийся в OpenOffice/LibreOffice, тоже принят в России в качестве государственного стандарта (ГОСТ Р ИСО/МЭК 26300-2010) и введён в действие приказом Росстандарта. Важно отметить, что в укреплении и развитии совместимой цифровой среды ключевую роль играет государство. Если соответствующие структуры не будут своевременно регулировать стандарты, то в ближайшем будущем мы вполне можем столкнуться с полной несовместимостью уже отечественных ОС друг с другом». **Дело не в регулировании стандартов. Это вто-**

**рично.** Первичным же должно быть наличие системного подхода в разработке отечественного ПО, включая и ОС, и САПР, и офисные программы и т.д. А этого как не было, так и нет. В результате изначально все работают разрозненно, а потом кто-то, очень далёкий от промышленности, пытается что-то с чем-то совместить, что-то кому-то навязать. Такой подход уже привёл к неуправляемому хаосу. В российском реестре программ много, особенно тех, которые разработаны за бюджетные деньги, а реально в промышленности используются либо импортные программы, либо те российские программы, которым чиновники умышленно отказали в предоставлении грантов и субсидий.

**Общие выводы.**

До сих пор не сделано самое главное – не создана российская ОС, совместимая с Windows. В этом случае не нужно было бы переделывать уже существующие десятки лет САПР электроники, трудоёмкость разработки каждой из которых в сотни и тысячи раз больше, чем трудоёмкость разработки всех существующих российских ОС вместе взятых. Тем более все эти ОС являются по сути иностранными, так как построены на иностранном открытом коде Linux. Здесь и не пахнет импортозамещением. Все существующие САПР электроники, да и все другие программы под Windows, работали бы автоматически в российской ОС, совместимой с Windows. Почему такая задача не была поставлена хотя бы 10 лет назад? Сегодня срочно нужно ставить такую задачу и в самое ближайшее время приступить к решению. Нужно создать один мощный коллектив из талантливых программистов, разрабатывающих десятки не востребовавшихся ОС на базе Linux. И срочно создать хотя бы для начала российскую платформу для запуска всех САПР электроники, разработанных под Windows и широко применяемых в электронной промышленности РФ. Иначе отечественная электронная промышленность деградирует!

## О точности решения конструкции арочного типа при применении метода конечных элементов

**Гавай Даниил Александрович**

инженер-исследователь

[gavayd@mail.ru](mailto:gavayd@mail.ru)

**Зорков Павел Павлович**

к.т.н., начальник научно-исследовательской группы

[zorkovp@mail.ru](mailto:zorkovp@mail.ru)

Филиал Федерального государственного унитарного предприятия  
«Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский  
институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт  
измерительных систем им. Ю.Е. Седакова» г. Нижний Новгород  
(филиал ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»)

### Аннотация

В статье приведено исследование точности решения российского программного обеспечения конечно-элементного анализа ПК ЛОГОС на примере конструкции арочного типа – разрезном кольце, нагруженном сосредоточенной силой. Цель работы – оценка сходимости и точности результатов, полученных с использованием различных типов конечных элементов (1D, 2D, 3D) и методов их аппроксимации в ПК ЛОГОС, в сравнении с зарубежным пакетом NX Nastran. Итоговой оценкой служит сравнение результатов расчетов, полученных численным методом с аналитическим решением.

**Ключевые слова:** верификация, метод конечных элементов, отечественное программное обеспечение.

## For the accuracy of the solution of the arch type construction when using the finite element method

**Gavai D.A.**

**Zorkov P.P.**

### Abstract

The article presents a study of the accuracy of the Russian LOGOS finite element analysis software solution using the example of an arched-type structure, a split ring loaded with concentrated force. The aim of the work is to evaluate the convergence and accuracy of the results obtained using various types of finite elements (1D, 2D, 3D) and their approximation methods in LOGOS, in comparison with the foreign package NX Nastran. The final assessment is a comparison of the calculation results obtained by the numerical method with the analytical solution.

**Keywords:** verification, finite element method, Russian software.

### Введение

Программный комплекс (ПК) ЛОГОС, являющийся разработкой Российского

Федерального Ядерного Центра (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»), позиционируется как импортозамещающая система суперком-



пьютерного имитационного моделирования в наукоемких отраслях промышленной России. Одним из важнейших критериев работы программного обеспечения (ПО) является оценка точности численных решений инженерных пакетов на основе конечных элементов. Оценка качества вычислений любого САЕ-пакета строится на его всесторонней проверке на известных тестовых задачах, имеющих точное аналитическое решение.

Для исследования была выбрана задача о разрезном кольце. Разрезное кольцо имеет средний радиус  $R = 0,2$  м, квадратного поперечного сечения  $0,01 \times 0,01$  м<sup>2</sup>, один конец кольца жестко закреплен, а свободный конец нагружен сосредоточенной силой  $P = 10^{-5}$  Н (рис. 1).

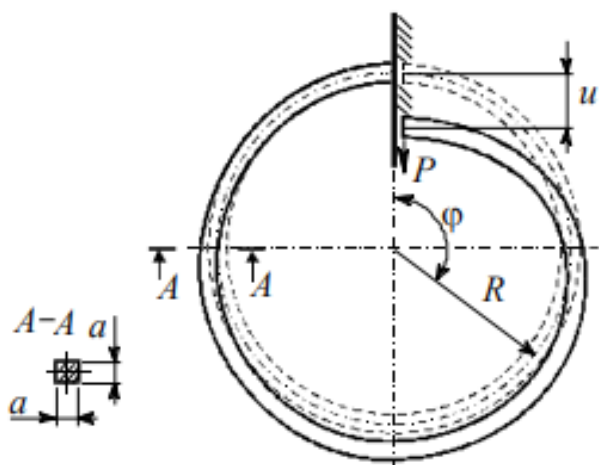


Рисунок 1 – Расчетная схема разрезного кольца

Требуется определить вертикальное перемещение в точке приложения сосредоточенной силы. Рассматривая задачу о плоском напряженном состоянии, применим следующие параметры материала: модуль упругости  $E = 0,1$  МПа и коэффициент Пуассона  $\nu = 0$ . Соотношение для определения точного значения перемещения в вертикальном направлении под силой имеет вид [1]:

$$u = P \frac{\pi R^3}{EJ} = 0,3016 \text{ см},$$

где  $u$  – вертикальное перемещение в точке приложения сосредоточенной силы;  
 $P$  – сосредоточенная сила;

$R$  – средний радиус разрезного кольца;  
 $E$  – модуль упругости;  
 $J$  – момент инерции.

### Цели исследования

1. Провести расчет задачи о разрезном кольце в ПК ЛОГОС [2] и NX Nastran [3], используя широкий спектр конечных элементов (КЭ): 1D (балочные), 2D (пластины/оболочки) и 3D (тетраэдры, гексаэдры).

2. Исследовать влияние методов аппроксимации для балочных и оболочечных элементов, а также влияние функций форм для 8 узлового гексаэдра и влияние количества точек интегрирования для 20 узлового гексаэдра в ПК ЛОГОС на сходимость решения.

3. Сравнить результаты расчетов, полученные численным методом в ПК ЛОГОС и NX Nastran между собой и с аналитическим решением, оценив точность и скорость сходимости. Оценка точности производилась путем вычисления относительной погрешности численного анализа по формуле [4]:

$$\delta = \frac{|u - u_{\text{кэ}}|}{|u|} \cdot 100\%,$$

где  $\delta$  – ошибка вычисления;

$u$  – вертикальное перемещение в точке приложения сосредоточенной силы для аналитического решения;

$u_{\text{кэ}}$  – вертикальное перемещение в месте приложения силы для численного решения конечно-элементным методом.

### Конечно-элементные модели

#### 1D Модели (Балочные элементы)

В ПК ЛОГОС линия кольца была разбита на одномерные балочные элементы (рисунок 2, а). Расчеты проведены с различной степенью дискретизации. При вычислениях в ПК ЛОГОС для 1D элементов имеется возможность выбора следующих видов аппроксимации (балка, 2 узловая; балка, модифицированная, 2 узловая; балка, улучшенная, 2 узловая; балочно-объемный элемент; балочно-объемный улучшенный элемент).

В NX Nastran ось кольца была разбита на одномерные балочные элементы CBEAM и CBAR (рисунок 2, б).

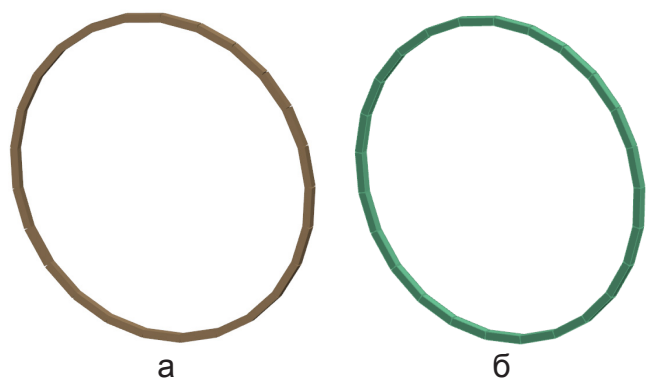


Рисунок 2 – 1D конечно-элементные модели: а – модель для ПК ЛОГОС, б – модель для NX Nastran (для обоих ПО было включено отображения сечения телом)

### 2D Модели (Оболочечные элементы)

Так как оболочечные элементы являются плоскими, а кольцо по условию задачи имеет квадратное поперечное сечение, то при построении геометрии для последующего разбиения ее на конечные элементы, рассматривались два случая: первый – кольцо представлено в виде разрезной пластины (рисунок 3, а), второй – в виде разрезного цилиндра малой длины (рисунок 3, б).

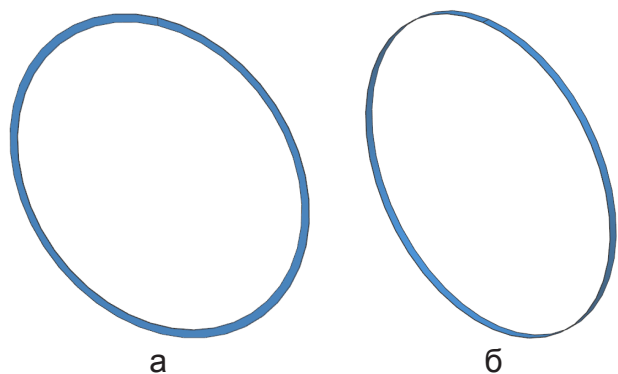


Рисунок 3 – Два случая моделирования плоской геометрии кольца

В ПК ЛОГОС и NX Nastran поверхность кольца была разбита треугольными КЭ (рисунки 4–5), четырехугольными КЭ (рисунки 6–7), и их квадратичными версиями. В ПК ЛОГОС, как и в случае с 1D элементами были рассмотрены различные аппроксимации оболочечных элементов. Для треугольников и четырехугольников первого порядка исследовались такие аппроксимации как: элемент Голованова; оболочечно-

объемный элемент; оболочечно-объемный улучшенный элемент; универсальный, 3–4 узловой. Для треугольников и четырехугольников второго порядка – универсальный, 6–8 узловой и его улучшенная или упрощенная формулировка.

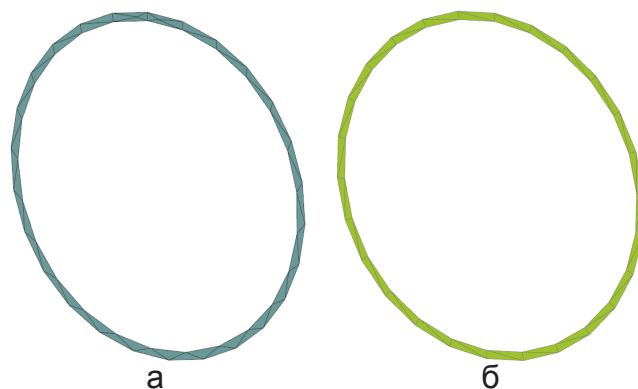


Рисунок 4 – Треугольные 2D конечно-элементные модели для ГМК в виде пластины: а – модель для ПК ЛОГОС, б – модель для NX Nastran

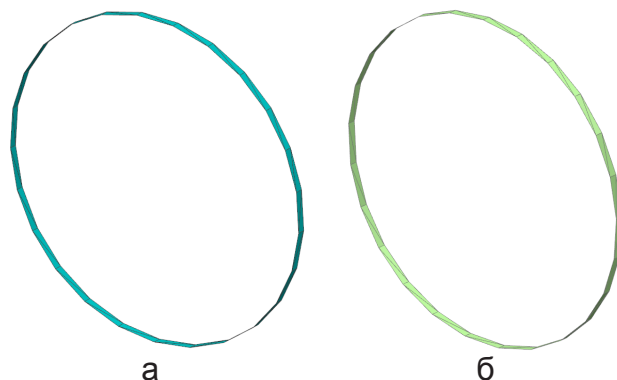


Рисунок 5 – Треугольные 2D конечно-элементные модели для ГМК в виде цилиндра: а – модель для ПК ЛОГОС, б – модель для NX Nastran

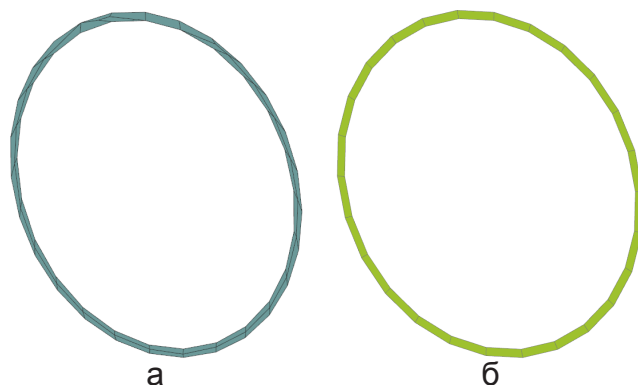


Рисунок 6 – Четырехугольные 2D конечно-элементные модели ГМК для в виде пластины: а – модель для ПК ЛОГОС, б – модель для NX Nastran

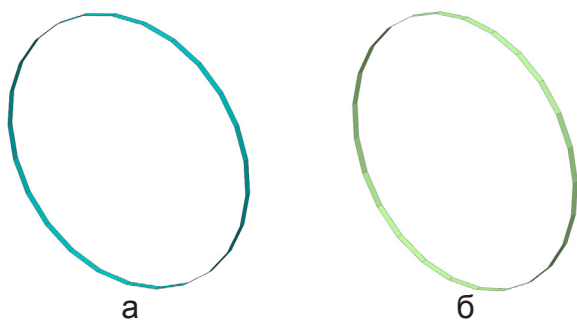


Рисунок 7 – Четырехугольные 2D конечно-элементные модели для ГМК в виде цилиндра: а – модель для ПК ЛОГОС, б – модель для NX Nastran

### 3D Модели (Объемные элементы)

В ПК ЛОГОС и NX Nastran использованы объемные КЭ: тетраэдры (рисунок 8) и гексаэдры (рисунок 9) первого и второго порядков. При этом в ПК ЛОГОС имеется возможность для 8-ми узловых гексаэдров менять функции формы на такие как: B-bar стабилизация; простые; несовместные упрощенные; несовместные. Для 20-ти узловых гексаэдров – число точек интегрирования: 8, 14 и 27.

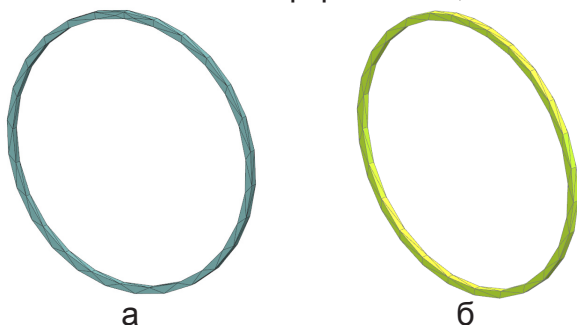


Рисунок 8 – Тетраэдральные 3D конечно-элементные модели: а – модель для ПК ЛОГОС, б – модель для NX Nastran



Рисунок 9 – Гексаэдральные 3D конечно-элементные модели геометрии для в виде пластины: а – модель для ПК ЛОГОС, б – модель для NX Nastran

Во всех моделях контролировался размер конечного элемента для исследования сходимости при сгущении сетки.

## Анализ результатов

### 1D Модели

При использовании балочных элементов в ПК ЛОГОС, точное решение удалось получить не всеми видами аппроксимации. Увеличение числа элементов показало, что только аппроксимация «балка, модифицированная, 2 узловая» дает верный результат. Для решения задач подобного типа (арочные конструкции) рекомендуется использовать данную аппроксимацию. NX Nastran показал абсолютную идентичность обоих элементов. Относительная погрешность численного решения  $\delta$  рассчитана в сравнении с аналитическим (рисунок 10). Следует отметить незначительно более быструю сходимость зарубежного ПО (рисунок 11). При этом оба ПО при сгущении сетки показывают незначительно завышенный результат ( $\delta = 0,066\%$ ), что дает ошибку в безопасную сторону при расчетах прочности в статической постановке. Для сравнения в ПО ЛОГОС взяты результаты, полученные аппроксимацией «балка, модифицированная, 2 узловая».

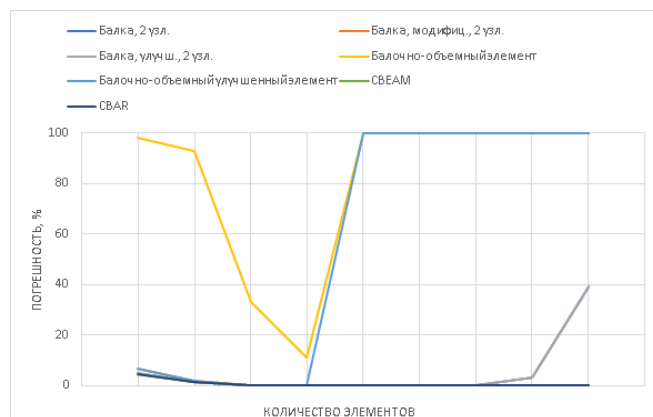


Рисунок 10 – Относительная погрешность численного решения в сравнении с аналитическим

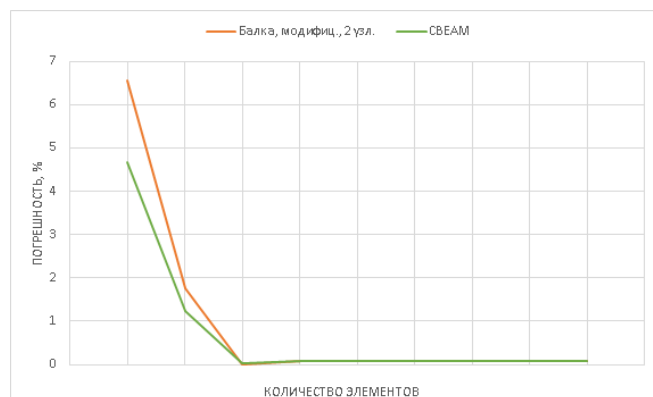


Рисунок 11 – Сравнение относительной погрешности численного решения результатов в ПК ЛОГОС (аппроксимация «балка, модифицированная, 2 узловая») и NX Nastran (элемент CBEAM)



Примечание – На рисунках 10, 11, 12–19, 20–23 значения по оси «количество элемен-

тов» выбраны условно, для адекватной визуализации данных, в связи с чем не отображены.

Таблица 1 – Результаты расчетов ПК ЛОГОС

Размер элемента, м	Перемещение (1D элемент ПК ЛОГОС), см					Аналитическое решение, см
	Балка, 2 узл.	Балка, модифиц., 2 узл.	Балка, улучш., 2 узл.	Балочно-объемный элемент	Балочно-объемный улучшенный элемент	
0,1	0,2873	0,2818	0,2873	0,0062	0,2817	0,3016
0,05	0,2977	0,2963	0,2977	0,022	0,2963	
0,01	0,3015	0,3016	0,3015	0,2015	0,3016	
0,005	0,3016	0,3018	0,3016	0,2681	0,3017	
0,001	0,3017	0,3018	0,3017	0,0002	0,0002	
0,0005	0,3017	0,3018	0,3017	0,0002	0,0002	
0,0001	0,3021	0,3018	0,3021	0,0002	0,0002	
0,00005	0,3114	0,3018	0,3114	0,0002	0,0002	
0,00001	0,183	0,3018	0,183	0,0002	0,0002	

Таблица 2 – Результаты расчетов NX Nastran

Размер элемента, м	Перемещение (1D элемент NX Nastran), см		Аналитическое решение, см
	CBEAM	CBAR	
0,1	0,2875	0,2875	0,3016
0,05	0,2979	0,2979	
0,01	0,3017	0,3017	
0,005	0,3018	0,3018	
0,001	0,3018	0,3018	
0,0005	0,3018	0,3018	
0,0001	0,3018	0,3018	
0,00005	0,3018	0,3018	
0,00001	0,3018	0,3018	

### 2D Модели

Следует отметить важность упрощения геометрии. В обоих случаях численное решение имеет лучшую сходимость для конечно-элементной модели (КЭМ) представленной в виде разрезного цилиндра.

При использовании различных типов аппроксимации и КЭ для геометрической модели конструкции (ГМК) в виде цилиндра (рисунок 3, б) в ПК ЛОГОС лучшей сходимостью обладают четырехугольные КЭ второго порядка (при этом формулировка аппроксимации влияет незначительно). Проведенное исследование выявило, что на «грубых» сетках (с малой величиной дискретизации) трех узловые треугольные КЭ

демонстрируют более стабильную сходимость по сравнению с шести узловыми. При построении сетки 3-х узловыми треугольными КЭ, не рекомендуется использовать аппроксимацию оболочечно-объемным элементом и его улучшенным вариантом при расчетах конструкций арочного типа, так как для получения точного решения данными аппроксимациями требуется меньший размер элемента в сравнении с другими аппроксимациями. Четырехугольные КЭ первого порядка обеспечивают монотонную сходимость с систематически незначительным завышением результатов при всех видах аппроксимаций. Восьми узловые элементы высшего порядка сразу дают практически точное

решение, быстро достигающее аналитического при сгущении сетки.

Анализ результатов полученных в NX Nastran позволяет сделать следующий вывод: элементы второго порядка сразу (размер элемента 0,1 м) дают точный (незначительно отличающийся от аналитического  $\delta = 0,066\%$ ) результат. Сходимость элементов первого порядка почти аналогична результатам, полученным при решении в ПК ЛОГОС. Однако при сильном увеличении числа элементов NX Nastran в отличие от ПК ЛОГОС не дает точного решения. Можно выдвинуть предположение о том, что дальнейшее сгущение сетки будет только увеличивать погрешность вычислений.

Анализ решений КЭМ в виде пластины (рисунок 3, а), выявил, что ПК ЛОГОС не дает результатов подобным для ГМК в виде цилиндра. Однако при такой постановке задачи, все аппроксимации для трех узловых КЭ позволяют получить близкие друг другу результаты на каждой итерации. Оболочечные элементы

второго порядка не позволяют получить идеально точного решения (при тех же размерах элемента, что и для ГМК в виде цилиндра), а элементам первого порядка требуется сетка со значительно большей величиной дискретизации для получения точного решения.

В NX Nastran полученные решения точнее, но также, как и в случае с ГМК в виде цилиндра выявлена особенность: при большом количестве элементов точность результатов не возрастает, а уменьшается. Большое отличие от ПК ЛОГОС, заключается, в том, что элементы второго порядка CBEAM NX Nastran дают более точный результат в сравнении с элементами первого порядка. Для получения точного результата требуется, большее количество элементов для ГМК в виде пластины в сравнении с результатами, полученными для ГМК в виде цилиндра.

Сравнение относительной погрешности численного расчета  $\delta$  с аналитическим решением представлено на рисунках 12–19.

Таблица 3 – Результаты расчетов в ПК ЛОГОС для ГМК в виде цилиндра (рисунок 3, б)

Размер элемен- та, м	Перемещение (2D элемент ПК ЛОГОС), см						Анали- тическое реше- ние, см
	Треугольник 3-х узловый				Треугольник 6-ти узловой		
	Элемент Голованова	Универ- сальный, 3-4 узл.	Оболочеч- но-объем- ный улуч- шенный элемент	Оболо- нечно- объемный элемент	Универсальный, 6-8 узл.		
					Улучш.	Упрощ.	
0,1	0,2818	0,2818	0,1802	0,1802	0,2170	0,2169	0,3016
0,05	0,2963	0,2963	0,2808	0,2808	0,2937	0,2937	
0,01	0,3016	0,3016	0,2932	0,2932	0,3016	0,3016	
0,005	0,3018	0,3018	0,2950	0,2950	0,3016	0,3016	
0,001	0,3018	0,3018	0,3013	0,3013	0,3016	0,3016	
0,0005	0,3018	0,3018	0,3016	0,3016	0,3016	0,3016	

Таблица 4 – Результаты расчетов в ПК ЛОГОС для ГМК в виде цилиндра (рисунок 3, б)

Размер элемен- та, м	Перемещение (2D элемент ПК ЛОГОС), см						Анали- тическое реше- ние, см
	Четырехугольник 4-х узловой				Четырехугольник 8-ми узловой		
	Элемент Голованова	Универ- сальный, 3-4 узл.	Оболочеч- но-объем- ный улуч- шенный элемент	Оболо- чечно- объемный элемент	Универсальный, 6-8 узл.		
					Улучш.	Упрощ.	

0,1	0,2818	0,2818	0,2817	0,2817	0,3015	0,3015	0,3016
0,05	0,2963	0,2963	0,2963	0,2963	0,3016	0,3016	
0,01	0,3016	0,3016	0,3017	0,3017	0,3016	0,3016	
0,005	0,3018	0,3018	0,3017	0,3017	0,3016	0,3016	
0,001	0,3018	0,3018	0,3017	0,3017	0,3016	0,3016	
0,0005	0,3018	0,3018	0,3017	0,3017	0,3016	0,3016	

Таблица 5 – Результаты расчетов в ПК ЛОГОС для ГМК в виде пластины (рисунок 3,а)

Размер элемен- та, м	Перемещение (2D элемент ПК ЛОГОС), см						Анали- тическое реше- ние, см
	Треугольник 3-х узловой				Треугольник 6-ти узловой		
	Элемент Головано- ва	Универ- сальный, 3-4 узл.	Оболочеч- но-объем- ный улуч- шенный элемент	Оболо- чечно- объемный элемент	Универсальный, 6-8 узл.		
					Улучш.	Упрощ.	
0,1	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0367	0,0367	0,3016
0,05	0,0046	0,0045	0,0046	0,0046	0,2184	0,2184	
0,01	0,087	0,0868	0,0871	0,0871	0,291	0,291	
0,005	0,1913	0,1902	0,1915	0,1915	0,2919	0,2919	
0,001	0,2963	0,2933	0,2967	0,2967	0,2907	0,2907	
0,0005	0,2999	0,297	0,3004	0,3004	0,2912	0,2912	

Таблица 6 – Результаты расчетов в ПК ЛОГОС для ГМК в виде пластины (рисунок 3, а)

Размер элемен- та, м	Перемещение (2D элемент ПК ЛОГОС), см						Анали- тическое реше- ние, см
	Четырехугольник 4-х узловой				Четырехугольник 8-ми узловой		
	Элемент Головано- ва	Универ- сальный, 3-4 узл.	Оболочеч- но-объем- ный улуч- шенный элемент	Оболо- чечно- объемный элемент	Универсальный, 6-8 узл.		
					Улучш.	Упрощ.	
0,1	-	-	-	-	-	-	0,3016
0,05	0,1894	0,2298	0,2384	0,2377	0,2003	0,2003	
0,01	0,2971	0,2978	0,2996	0,2995	0,2879	0,2879	
0,005	0,299	0,2993	0,3001	0,3001	0,2948	0,2948	
0,001	0,3009	0,301	0,3017	0,3017	0,295	0,295	
0,0005	0,3009	0,3011	0,3017	0,3017	0,295	0,295	

Таблица 7 – Результаты расчетов в NX Nastran для ГМК в виде цилиндра (рисунок 3, б)

Размер эле- мента, м	Перемещение (2D элемент NX Nastran), см				Аналитиче- ское реше- ние, см
	CTRIA3	CTRIA6	CQUAD4	CQUAD8	



0,1	0,2962	0,3018	0,2962	0,3018	0,3016
0,05	0,2979	0,3018	0,2979	0,3018	
0,01	0,3017	0,3018	0,3017	0,3018	
0,005	0,3018	0,3017	0,3018	0,3017	
0,001	0,3018	0,3017	0,3018	0,3017	
0,0005	0,3019	0,3301	0,3033	0,307	

Таблица 8 – Результаты расчетов в NX Nastran для ГМК в виде пластины (рисунок 3, а)

Размер эле- мента, м	Перемещение (2D элемент NX Nastran), см				Аналитиче- ское реше- ние, см
	CTRIA3	CTRIA6	CQUAD4	CQUAD8	
0,1	0,0052	0,2946	0,2843	0,3013	0,3016
0,05	0,0079	0,2981	0,2921	0,3016	
0,01	0,1005	0,3016	0,2956	0,3017	
0,005	0,2049	0,3017	0,3001	0,3017	
0,001	0,2968	0,3017	0,3017	0,3017	
0,0005	0,2999	0,3013	0,3013	0,3013	

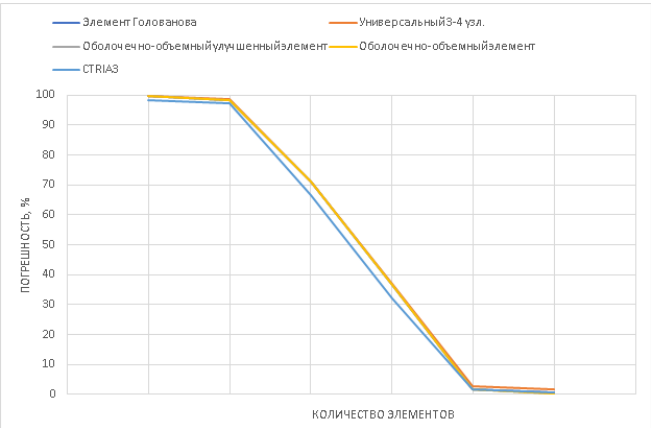


Рисунок 12 – Относительная погрешность численного расчета для трех узлового треугольного элемента при расчете ГМК в виде пластины

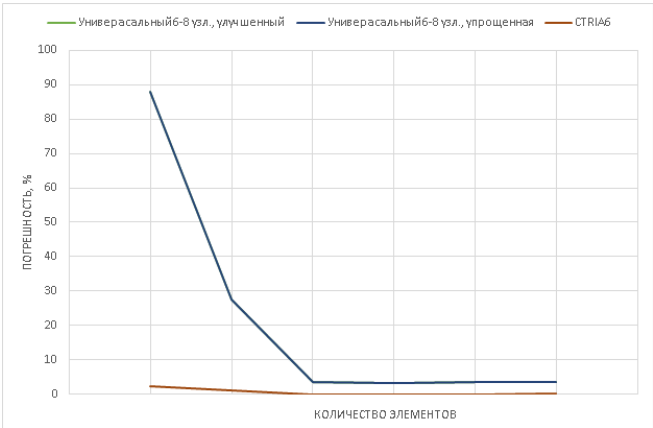


Рисунок 14 – Относительная погрешность численного расчета для шести узлового треугольного элемента при расчете ГМК в виде пластины

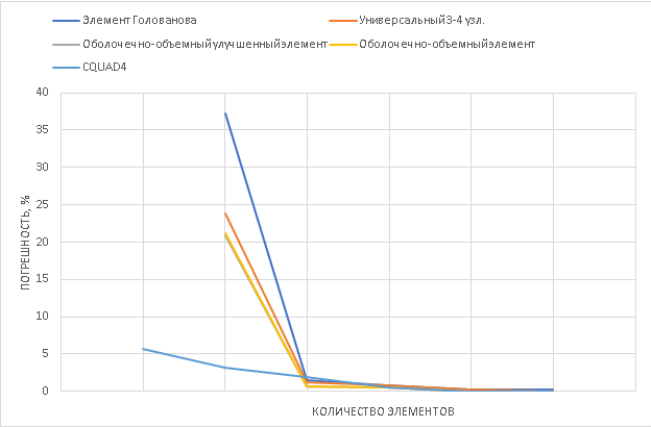


Рисунок 13 – Относительная погрешность численного расчета для четырех узлового четырехугольного элемента при расчете ГМК в виде пластины

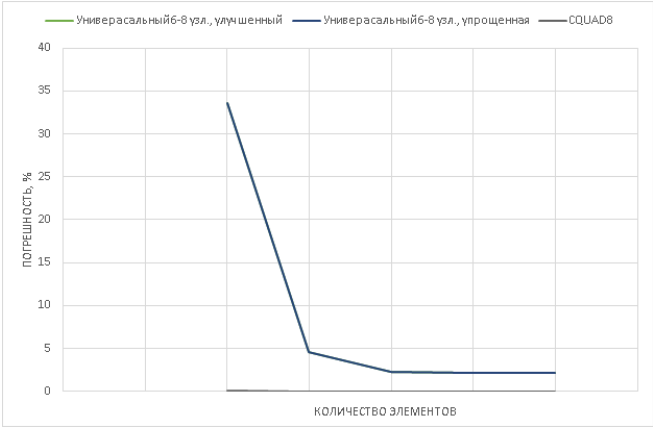


Рисунок 15 – Относительная погрешность численного расчета для восьми узлового четырехугольного элемента при расчете ГМК в виде пластины

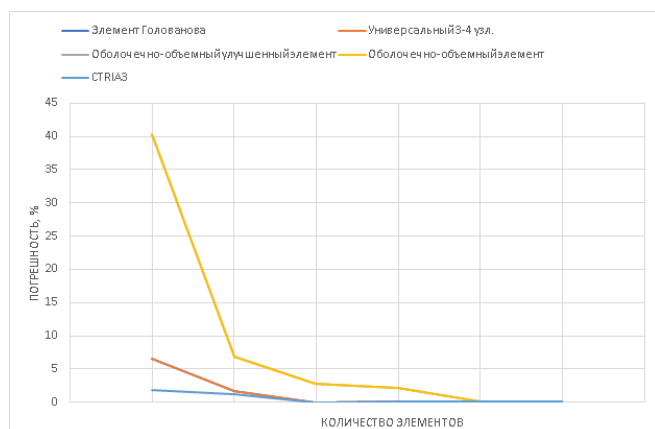


Рисунок 16 – Относительная погрешность численного расчета для трех узлового треугольного элемента при расчете ГМК в виде цилиндра

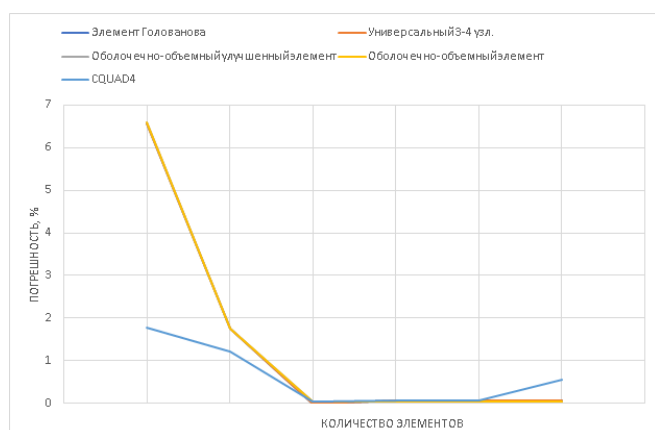


Рисунок 17 – Относительная погрешность численного расчета для четырех узлового четырехугольного элемента при расчете ГМК в виде цилиндра

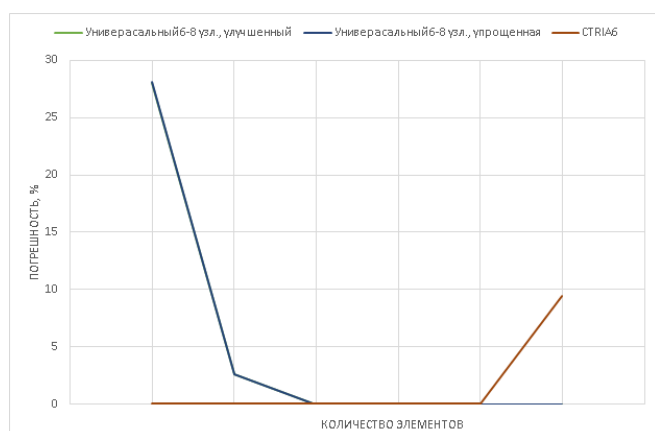


Рисунок 18 – Относительная погрешность численного расчета для шести узлового треугольного элемента при расчете ГМК в виде цилиндра

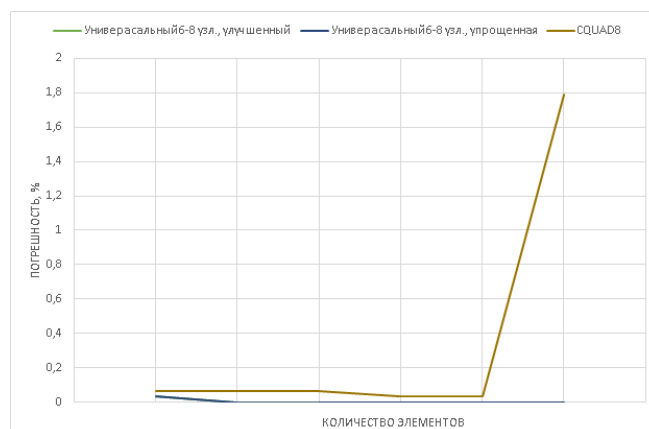


Рисунок 19 – Относительная погрешность численного расчета для восьми узлового четырехугольного элемента при расчете ГМК в виде цилиндра

Процесс решения NX Nastran имеет более быструю сходимость в сравнении с ПК ЛОГОС. Вместе с тем, ПК ЛОГОС отличается отсутствием ошибок решения при чрезмерном уменьшении элементов.

### 3D Модели

Использование тетраэдров первого порядка в ПК ЛОГОС приводит к увеличению жесткости конструкции и обеспечивает сходимость результатов (с аналитическим решением) в случае уменьшения размера КЭ. Это делает их малоприменимыми для задач статической прочности. Тетраэдры второго порядка демонстрируют существенно более высокую эффективность. Наиболее оптимальным с точки зрения сходимости результатов и точности решения является 20-ти узловой гексаэдр. Количество точек интегрирования слабо влияет на итоговый результат, но, следует отметить, что использование схемы с 8 точками интегрирования приводит к незначительному ускорению сходимости. Для 8-узловой гексаэдра выбор аппроксимирующей функции влияет на точность решения. Наилучшие результаты демонстрирует использование функций несовместных форм.

Проведенное сравнение пакетов NX Nastran и ПК ЛОГОС показывает сопоставимость результатов. Однако NX Nastran демонстрирует более высокую скорость сходимости решения. Данное преимущество имеет критическое значение при расчете крупных

моделей на вычислительных системах с ограниченными ресурсами. Следует отметить, что использование тетраэдров первого порядка, как и в ПК ЛОГОС, приводит к существенному завышению жесткости конструкции,

что обуславливает их неприменимость для задач статического прочностного анализа.

Сравнение относительной погрешности численного расчета  $\delta$  с аналитическим решением представлено на рисунках 20–23.

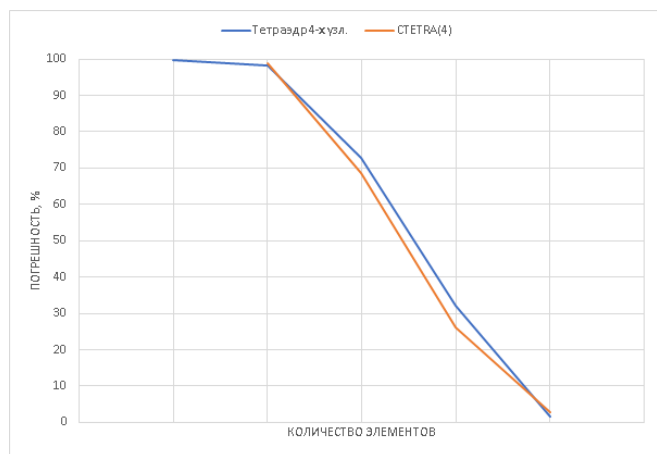
Таблица 9 – Результаты расчетов в ПК ЛОГОС

Раз- мер эле- мента, м	Перемещение (3D элемент ПК ЛОГОС), см									Ана- лити- ческое реше- ние, см
	Тетра- эдр 4-х узл.	Тетра- эдр 10-ти узл.	Гексаэдр 8-ми узловой				Гексаэдр 20-ти узловой			
			Про- стые	Не- совм. упрощ.	Не- совм.	В-бар ста- бил.	8	14	27	
0,1	0,0006	-	0,0007	-	-	-	-	-	-	0,3016
0,05	0,005	0,2584	0,0067	0,2093	0,2097	0,0083	0,2361	0,2051	0,2050	
0,01	0,0824	0,3013	0,1742	0,2964	0,2964	0,2469	0,3013	0,3011	0,3011	
0,005	0,2049	0,3017	0,2617	0,3008	0,3008	0,2858	0,3016	0,3016	0,3016	
0,001	0,2965	0,3017	0,3001	0,3017	0,3017	0,3012	0,3017	0,3017	0,3017	

Таблица 10 – Результаты расчетов в NX Nastran

Размер эле- мента, м	Перемещение (3D элемент NX Nastran), см				Аналитиче- ское реше- ние, см
	CTETRA(4)	CTETRA(10)	CHEXA(8)	CHEXA(20)	
0,1	-	-	0,2147	0,2982	0,3016
0,05	0,0036	0,2663	0,293	0,3015	
0,01	0,0945	0,3016	0,3014	0,3016	
0,005	0,2231	0,3017	0,3016	0,3017	
0,001	0,2933	0,3017	0,3017	0,3017	
0,0005	0,2999	0,3013	0,3013	0,3013	

Примечание – Прочерки в таблицах означают, что построить сетку при данной размере элемента не удалось.





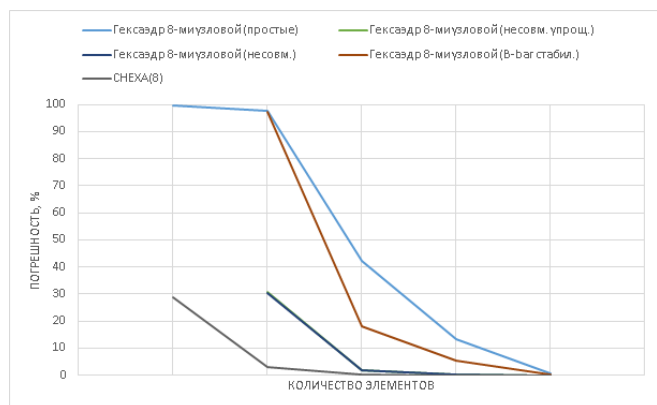


Рисунок 22 – Относительная погрешность численного расчета для восьми узлового гексаэдра

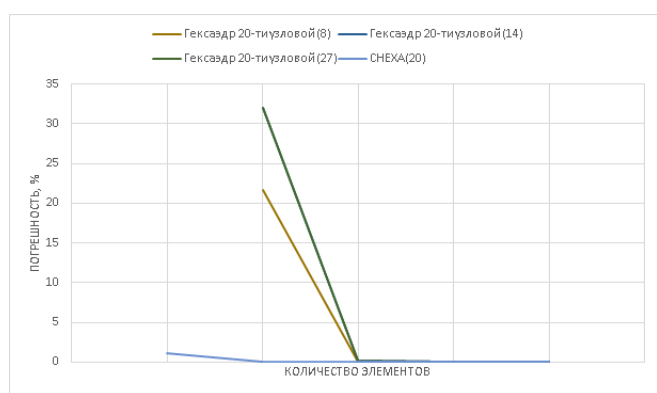


Рисунок 23 – Относительная погрешность численного расчета для двадцати узлового гексаэдра

## Заключение

Исследование точности решения конструкции арочного типа на примере задачи о разрезном кольце позволяет сделать следующие выводы:

1. Результаты расчета перемещений в ПК ЛОГОС демонстрируют высокую точность и хорошую сходимость к аналитическому решению. Преимуществом ПК ЛОГОС перед NX Nastran является большое число различных типов аппроксимаций, что позволяет получить точное решение даже при очень малых размерах элемента, в то время как в NX Nastran уменьшение сетки может привести к росту погрешности вычислений.

слений.

2. В исследовании рассматривалось множество типов аппроксимаций, хотя не все из них следует применять для данной задачи (эти расчеты проведены с целью оценки возможностей ПК ЛОГОС). Справочные материалы ПК ЛОГОС содержат обширную информацию с описанием каждого типа аппроксимаций и рекомендации по использованию применительно к тому или иному классу задач.

3. Стоит отметить и ряд минусов ПК ЛОГОС. Они относятся к интерфейсу препостпроцессора. Алгоритм построения сеток труден в использовании (количество узлов на той или иной грани подбирается опытным путем). Склеивка поверхностей при импорте сложных геометрий, сопряжена с рядом сложностей, преодоление которых требует поиска различных решений построения ГМК.

## Библиография

[1] Метод конечных элементов в механике твердых тел./ Под редакцией А.С. Сахарова, И.Альтенбаха.–Киев.: Вища Школа; Лейпциг: ФЭБ Фахбухферлаг, 1982. – 480 с.

[2] Пакет программ «ЛОГОС» (версия 5). Аттестационный паспорт программы для ЭВМ от 19 декабря 2019 г. № 489. Срок действия до

19 декабря 2029 г. Выдан Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

[3] NX Nastran (версия 10.2). Аттестационный паспорт программы для ЭВМ от 30 мая 2019 г. № 466. Срок действия до 30 мая 2029 г. Выдан Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

[4] Основы численных методов: Учебное пособие/ Юргеленас Ю.В., Гусейн-заде Н.Г. – М.: МАДИ (ГТУ), 2005. – 132 с.

УДК 004.932.2.032.26:004.492.3:630

## **САПР интеллектуальных подсистем мониторинга основных процессов жизненного цикла систем дистанционного зондирования Земли**

**Ботуз Сергей Павлович**

Доктор технических наук, профессор, Институт государственной службы и управления  
РАНХиГС при Президенте Российской Федерации.  
Россия, 119606, Москва, проспект Вернадского, 84  
bsp\_serg@mail.ru

**Цыганова Вероника Сергеевна**

ведущий научный сотрудник,  
АО «Научно-исследовательский и конструкторский институт  
монтажной технологии – Атомстрой».  
Россия, 127410, Алтуфьевское ш., д.43  
kind\_witch@list.ru

### **Аннотация**

Рассмотрены методы и модели САПР основных подсистем интеллектуального (экологического и т.п.) мониторинга основных процессов исследования, разработки и эксплуатации систем дистанционного зондирования Земли.

**Ключевые слова:** интеллектуальные модули, существенно нелинейные (нейроморфные) функции, сетевые агенты лиц, принимающих решения.

## **CAD of intelligent subsystems for monitoring the main processes of the life cycle of Earth remote sensing systems**

**Botuz S.P.**

**Tsyganova V.S.**

### **Abstract**

The article examines the methods and models of CAD systems for the main subsystems of intelligent (ecological, etc.) monitoring of the main processes of research, development and operation of Earth remote sensing systems.

**Keywords:** intelligent modules, essentially nonlinear (neuromorphic) functions, network agents of decision makers.

Основная особенность рассматриваемых в настоящем работе САПР основных подсистем системы дистанционного зондирования Земли (СДЗЗ) – длительный процесс жизненного цикла СДЗЗ, который обусловлен не только длительностью про-

цессов исследования и разработки СДЗЗ, но и эксплуатацией спутниковой аппаратуры систем ДЗЗ в условиях воздействия различного рода дестабилизирующих воздействий. При этом одна из критических задач САПР СДЗЗ состоит в разработке радиаци-





на всех этапах их жизненного цикла.

Цель настоящей работы – развитие методов и моделей САПР аппаратно-программного комплекса (АПК) ИЭСТЗ, приведенных в [2-5], на основе разработки и применения программного комплекса (ПК) наукометрии научно-технической информации (НТИ) ЭСУиК для синтеза СнК подсистем экстремального управления предпринимательством в области интеллектуального (экологического) мониторинг природных ресурсов на основе применения СДЗЗ.

Основные методы и модели подсистем разработанного ПК НТИ ЭСУиК приведены в [3,4] для интерактивного синтеза логических схем автоматов (ЛСА или СнК) на основе моделей семантической платформы изобретений в области навигации беспилотных СДЗЗ, которые предназначены для решения задач, связанных с интеллектуальной поддержкой процессов автоматизированного решения актуальных задач: – синтез и динамическая коррекция (адаптация) персонифицированных ЛСА ограниченной сложности, для поддержки принятия решений (ППР) ЛПР и их сетевых агентов ЭСУиК предпринимательством в области экологический беспилотного мониторинг природных ресурсов на основе СДЗЗ на базе применения поведенческих моделей экстремальной экономики ЭСУ предпринимательством [2].

Процесс интерактивного синтеза операторов языка логических схем автоматов (ЛСА) осуществлен на основе АПК ИЭСТЗ [2], ПК НТИ ЭСУиК [3] и ПК [4,5] – при этом использован минимальный набор операторов языка ЛСА: операторы присваивания –  $A(.)$  и условного перехода –  $P(.)$ . В результате ЛСА ограниченной (минимальной) сложности, например, для сетевого агента ЛПР [2,3] с невысокой самооценкой знаний в области ИТ, для случая, когда ЛПР считает, что его знания в области математического моделирования находятся на «низком» уровне, однако у ЛПР есть «устойчивое» желание решать прикладные задачи в области беспилотных СДЗЗ. Обозначим это состояние ЛПР, как ЛПР03, тогда состояние сетевого агента – Н03, соответственно, при-

мет следующий вид:

$$H^{03} = A_{start} A_1 \downarrow^2 A_2 P_1 \uparrow^1 \downarrow^3 A_3 P_2 \uparrow^2 A_4 \uparrow^3 \downarrow^1 A_5 \quad (1)$$

$$P_3 \uparrow^4 \downarrow^3 \downarrow^4 A_6 P_4 \uparrow^5 A_7 \downarrow^7 A_8 \uparrow^8 \downarrow^5 A_9 P_5 \uparrow^6 A_{10}$$

$$A_{11} \uparrow^7 \downarrow^6 A_{12} A_{13} A_{14} A_{15} A_{16} \uparrow^1 \downarrow^8 A_{stop}$$

где  $A_{start}$  – оператор ввод исходных данных;  $A_1$  – оператор подключения интерактивного (интеллектуального) модуля (ИМ 1.1 – ПК) для формирования основных содержательных понятий и определений (персонифицированных) для ЛПР или его сетевых агентов;  $A_2$  и  $A_9$  – операторы – ИМ 7.4 защиты и сопровождения основных процессов взаимодействия СиО промышленной собственности в сети Internet/Intranet;  $A_3$  – ИМ 1.3 методов и стратегий принятия решений: методы визуализации области допустимых решений в персонифицированной метрике ЛПР;  $A_5$  – ИМ 1.2 синтеза и постановки персонифицированной задачи (задачи минимальной – ограниченной сложности) для ЛПР или его сетевых агентов;  $A_6$  – ИМ 7.2 графоаналитического кодирования/декодирования и визуализации измерительной информации о состоянии ОИС;  $A_7$ ,  $A_{10}$  и  $A_{13}$  – операторы подключения автономных грузочных модулей (ЗМ): ЗМ 1 – моделей идентификации ЛПР в сети Internet/Intranet; ЗМ 2 – разработки способа многоканального измерения, обработки и регистрации физических сигналов в интерактивных эргатических системах программного управления и регулирования и ЗМ 3 – объектно-ориентированные грузочные модули программного комплекса BotLab;  $A_8$  – ИМ 7.1 обработки распределенной измерительной информации о состоянии систем интерактивного управления ОИС в сети Internet/Intranet;  $A_{11}$  – ИМ 6.1 – 6.5 распределенных инструментальных средств интерактивных процессов сопровождения СиО ИС в сети Internet ограниченной (минимальной) сложности;  $A_{12}$  – ИМ 1.2 синтеза и постановки персонифицированной задачи минимальной – ограниченной сложности для ЛПР или его сетевых агентов;  $A_{14}$  – ИМ 2.1 – 2.4 адаптации нейрореподобных (нейроморфных) моделей и алгоритмов экспертизы ОИС/ОПС в сети Internet/Intranet;  $A_{15}$  – ИМ 4.1 – 4.4 системы управления поисковыми

машинами в заданной ПрО беспилотных СДЗЗ;  $A_{16}$  – ИМ 5.1 – 5.4 обработки и визуализации многомерных данных (МД) ограниченной (персонифицированной) сложности;  $A_{stop}$  – оператор завершения (останова) процесса интерактивного синтеза ЛСА сетевого агента ( $H^{03}$ ) для ЛПР03.

При этом  $P_1, P_2, P_3, P_4$  и  $P_5$  – операторы условного перехода представляют нечеткие существенно нелинейные (*нейроморфные*) функции – СНФ { ... } [5] проверки условий соответствия требованиям к уровню знаний и профессиональным навыкам ЛПР или его сетевого агента, включающие следующие параметры и переменные:

$$\{x_{ex}(t_i), x_{sbix}(t_i), x_{sbix}(t_{i-1}), c_j(t_i) \in R^1+\}, \quad (2)$$

где  $x_{ex}(t_i)$ ,  $x_{sbix}(t_i)$  и  $x_{sbix}(t_{i-1})$  – состояние входа и выхода СНФ в данный ( $t_i$ ) и предшествующий ( $t_{i-1}$ ) моменты времени соответственно;  $c_j(t_i) \in R^1+$  для всех  $t_i \in [0, \infty)$ ,  $i=1, 2, \dots$ ; и  $j=1, 2, 3, 4$ ;  $c_1(t_i)$  и  $c_2(t_i)$  – определяют зону неоднозначных оценок (суждений) и область нечувствительности,  $c_3(t_i)$  и  $c_4(t_i)$  – определяют порог насыщения (безразличия) и величину коэффициента пропорциональности. При этом  $c_1(t_i)$  устанавливает область оценок экспертов САПР АПК ИЭСТЗ беспилотных СДЗЗ, когда по одним и тем же исходным данным равновероятно вынесение диаметрально противоположных суждений;  $c_2(t_i)$  – определяет порог сведений, который вынуждает эксперта к отказу принятия решения (вынесения суждения и т.п.);  $c_3(t_i)$  – означает, что если, например, будет вынесено суждение о том или ином признаке ОИС кем-нибудь другим, то результат суждения данного эксперта не изменится в пользу предшествующего суждения;  $c_4(t_i)$  – нейроморфный коэффициент, устанавливаемый сообразно выбранной персонифицированной ЛПР шкале предпочтений [5]. Такие факторы, как затраты, прибыль, время, могут быть оценены в рамках порядковой или интервальной шкал – в рублях, днях или условных единицах, качественные или социальные факторы могут оцениваться по порядковым или номинальным шкалам с учетом предпочтений ЛПР или их сетевых агентов.

*Необходимость и важность формирования эффективного проактивного контроля основными процессами ЖЦ ЭСУ беспилотных радиационно-стойкой спутниковой аппаратуры спутниковых СДЗЗ на уровне синтеза соответствующих упреждающих систем ИЭСТЗ обусловлены современными реалиями экстремальной экономики предпринимательства, например, не только возможностью использования автономных СДЗЗ в противоправных целях, но и социальными трансформациями, которые обусловлены современными возможностями ИИ открытых сетевых IT-технологий и элементами синергетики гибридного интеллекта экстремальных ЭСУ предпринимательством в области беспилотных СДЗЗ экологического мониторинга природных ресурсов. Современные сетевые IT-технологии способны кардинально трансформировать социально-экономические условия синергетики сетевого (цифрового) взаимодействия СиО ИС и соответствующие гибридные интеллектуальные системы управления – экстремальные ЭСУ предпринимательством ГМУ автономными БТС. Существующее на настоящее время множество индикаторов оценки инновационной деятельности (наукометрии НТИ) в условиях функционирования экстремальных ЭСУ предпринимательством отражает не только большое их разнообразие, но и скрытый потенциал возможностей манипуляций фактическими данными для выполнения задач (синтеза) управления вероятностью подведения результатов под желаемые сценарные оценки факторов и условий «перспективного» социально-экономического развития предпринимательством в области экологического мониторинга природных ресурсов. Разработанные подсистемы ПК для интеллектуального (интерактивного) синтеза ЛСА (СНК) предоставляют возможность снизить вероятность выполнения подобных манипуляций не только ЛПР (экспертами и т.п.), но и их сетевыми агентами в области беспилотных СДЗЗ.*

Оценки сетевых агентов в области САПР беспилотных СДЗЗ представляют дополнительный («независимый») контур контроля уровня достоверности (кон-

тур выявления скрытного коррупционного противодействия или интеллектуальный интерфейс неявного контроля, завуалированных форм принятия аффелированных решений), снижая вероятности манипуляций фактическими данными не только в рассмотренной области СДЗЗ, но и в области принятия государственных решений ЭСУиК для обеспечения стратегической безопасности таких критических информационных технологий (КИТ: СДЗЗ экологического мониторинга природных ресурсов), как правило, функционирующих в экстремальных условиях полномасштабных «санкционных угроз» стран Запада против России. При этом предлагаемые методы и модели позволяют повысить КИТ САПР СДЗЗ: снизить уязвимость ЭСУиК и повысить объективность ППР на основных этапах интеллектуального (экологического и т.п.) мониторинга природных ресурсов.

### **Библиография**

- [1] 27-й Национальный форум информационной безопасности «ИНФОФОРУМ-27». Инновационные решения для безопасности России (5 – 6 февраля 2025), Москва, <https://generation-startup.ru/calendar/101602/> (импортонезависимость ИТ-отрасли и вопросы кибербезопасности: дата обращения 10.04.2025).
- [2] Ботуз С.П. Интеллектуальные системы проектного управления: эргатические системы технического зрения. Сб. статей международной конференции-сессии «Государственное управление и развитие России: проектирование будущего. Секция: Smart nations: Тенденции устойчивого развития и реализации прав человека в условиях цифровизации». М.: ИГСУ РАНХиГС. – М. Научн.библиотека, 2022. Том 1, с. 847-861.
- [3] Ботуз С.П. Программный комплекс наукометрии НТИ эргатических систем управления и контроля. RU2023669091. РОСПАТЕНТ. 07.09.2023.
- [4] Ботуз С.П., Крылов В.П., Пронин Т.Ю., Немытова О.А., Летникова М.Н., Догадкин А.В., Назимкин А.Е., Самошкин А.А., Шадрин Д.О. / Программный комплекс интеллектуальной системы интерактивного синтеза семантических моделей поискового проектирования и экспертизы радиационно-стойких электронных средств беспилотных космических аппаратов. RU2015617142. РОСПАТЕНТ. 01.07.2015.
- [5] Ботуз С.П. Программный комплекс формирования СНФ эргатических систем управления и контроля. RU2024666981. РОСПАТЕНТ. 18.07.2024.



УДК 004.932.2.032.26:004.492.3:630

## **Поведенческие модели сложно-функциональных блоков эргатических систем многоагентного ситуационного управления сетевыми субъектами и объектами интеллектуальной / промышленной собственности беспилотных транспортных средств**

**Ботуз Сергей Павлович**

Доктор технических наук, профессор, Институт государственной службы и управления  
РАНХиГС при Президенте Российской Федерации.  
Россия, 119606, Москва, проспект Вернадского, 84  
bsp\_serg@mail.ru

### **Аннотация**

Рассматриваются методы синтеза поведенческих моделей сложно - функциональных блоков (СФ-блоков) систем на кристалле (СнК) человеко-машинных (эргатических) систем многоагентного ситуационного управления (ЭСМСУ) субъектами и объектами интеллектуальной собственности (ОИС). Процессы наблюдения за поведением СФ-блоков в составе СнК поддерживаются агентами ЭСМСУ не только на уровне контроля функций взаимодействия между субъектами ОИС, но и на уровне мониторинга (оценки) физических характеристик (вектора состояния) СнК. При этом применение разработанного аппарата графоаналитического исчисления обеспечивает обработку (фиксацию, сжатие - защиту и отображение) многомерных данных (МД, числовых массивов, дата сетов и т.п.) вектора состояния СнК ЭСМСУ на основе использования подвижно-взаимосвязанной системы координат, у которой в качестве основного графического примитива использованы не точечные объекты, а прямые линии и соответствующие рекурсивные выражения. Синтез приемлемых для зрительного восприятия ЛПР отображений МД на плоскости монитора осуществляется на основе использования графоаналитических объектов (графических вычислительных таблиц, графоаналитических бинарных полей и т.п.) и применения аппарата проективных групп Ли. Разработанные методы позволяют осуществлять синтез поведенческих моделей СФ-блоков эргатических систем многоагентного ситуационного управления сетевыми субъектами и объектами интеллектуальной/промышленной собственности в реальном масштабе времени на всех этапах жизненного цикла СнК ЭСМСУ, при этом реализации СнК могут быть выполнены в виде специализированных микросхем (Application Specific Integrated Circuit, ASIC).

**Ключевые слова:** эргатические системы технического зрения, многоагентный синтез, поведенческие модели, сетевые интеллектуальные AI-агенты.

## **Behavioral models of complex-functional blocks of ergatic systems for multi-agent situational control of network subjects and objects of intellectual/industrial property of unmanned vehicles**

**Botuz S.P.**

**Abstract**

The article considers methods for synthesizing behavioral models of complex-functional blocks (CFBs) of systems-on-chip (SoC) of human-machine (ergatic) systems of multi-agent situational control (MASMC) of intellectual property entities and objects (IP). The processes of observing the behavior of CFBs within the SoC are supported by EMASMC agents not only at the level of control of interaction functions between IP entities, but also at the level of monitoring (assessment) of the physical characteristics (state vector) of the SoC. Moreover, the application of the developed apparatus of graph-analytical calculus ensures the processing (fixation, compression - protection and display) of multidimensional data (MD, numerical arrays, data sets, etc.) of the state vector of the SoC of the MASMC based on the use of a moving-interconnected coordinate system, in which straight lines and corresponding recursive expressions are used as the main graphic primitive rather than point objects. Synthesis of visually perceptible MD displays on a monitor surface by decision makers is achieved through the use of graph-analytical objects (graphic computational tables, graph-analytical binary fields, etc.) and the application of projective Lie groups. The developed methods enable the synthesis of behavioral models of SF blocks of ergatic systems for multi-agent situational management of network entities and intellectual/industrial property assets in real time at all stages of the SoC ESMCS lifecycle. Implementations of the SoC can be implemented as application-specific integrated circuits (ASICs).

**Keywords:** ergatic vision systems, multi-agent synthesis, behavioral models, networked intelligent AI agents.

**Введение и постановка задачи**

В настоящее время Минпромторг подготовил обновленную версию стратегии развития беспилотных авиационных систем (БАС) России на период до 2030 года и перспективу до 2035 [1]. Обсуждение проекта будет проходить до 11 ноября 2025 г. В этой связи рассматриваемые в настоящей работе методы и модели синтеза (автоматизации и т.п.) основных процессов жизненного цикла (ЖЦ – CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life-cycle Support)) проектирования (исследования/моделирования, разработки и патентования) поведенческих моделей сложно-функциональных блоков человеко-машинных (эргатических) систем технического зрения (ЭСТЗ) систем много-агентного ситуационного управления сетевыми субъектами и объектами интеллектуальной/промышленной собственности БАС (и в более расширенном виде – беспилотных транспортных средств – БТС) на основе применения разработанного аппаратно-программного комплекса (АПК) многоагентного синтеза интеллектуальных ЭСТЗ [2,3] – ЭСМСУ ОИС, представляется актуальным.

Основное внимание в работе уделено проектированию высоконадежных ра-

диационно-стойких бортовых/автономных ЭСТЗ БТС (космических аппаратов, систем специального назначения, подвижных беспилотных транспортных средств и систем различного назначения). А именно, ЖЦ проектирования бортовых ЭСТЗ в виде систем на кристалле (СнК – в иностранной литературе – System-on-Chip – подсистем интеллектуальных ЭСТЗ БТС). При этом в работе сконцентрировано основное внимание на существовании целого ряда промежуточных вариантов подсистем ИЭСТЗ, которые можно определить как конфигурируемые системы на кристалле (Configurable System on Chip – CsoC) [3]. А также на том, что СнК – это сверхбольшая интегральная схема (СБИС), содержащая на кристалле различные сложные функциональные модули (СФ - модули/блоки, или, точнее, IP-ядра (Intellectual Property)-ядра или IP Core reuse, они же: Silicon IP, Soft IP – цифровые блоки, не привязанные к определенной технологии. При этом VC (virtual components – виртуальные компоненты) БТС, как правило, представляют функционально обособленные изделия, которые могут найти самостоятельное применение для решения различных прикладных задач на основе синтеза интеллектуальных ЭСТЗ. По сути

СФ-модули представляют готовые вычислительные заготовки, обеспечивающие функциональную и технологическую адаптивность ЭСТЗ для решения различного рода прикладных задач, что в свою очередь позволяет существенно сократить трудозатраты и сроки исследования и разработки архитектуры СнК ИЭСТЗ.

Следовательно, справедливо следующее

**Утверждение 1.** В настоящее время особую значимость приобретают непосредственно интеллектуальные (когнитивные) процессы оценки патентоспособности (экспертные оценки и процедуры: оценки патентной чистоты и т.п.) СФ-модулей на самых ранних стадиях ЖЦ проектирования ЭСТЗ и то, насколько их наличие (или отсутствие) повышает ценность, прозрачность и безопасность в целом всей разработки ЭСТЗ БТС.

**Замечание 1.** Необходимость исследования радиационной стойкости бортовых ЭСТЗ в системах БТС космического применения, являются одним из обязательных видов испытаний ЭКБ СнК ЭСТЗ БТС.

Стандарты испытания бортовой аппаратуры [4] предусматривают выполнение обязательных процедур испытания электронной компонентной базы (ЭКБ), связанных с оценкой радиационно-стойкости

КМОП СБИС, используемой в космических аппаратах. Однако как показывают исследования [5] международного технического комитета и группы исследователей по разработке общей стратегии по борьбе с контрафактом (например, клонирования электронной компонентной базы (ЭКБ) СнК) составляет всего несколько процентов, даже при использовании всех известных методов проверок (а их насчитывается более тридцати).

В этой связи в настоящей работе рассматриваются поисковые методы и модели радиационно-стойкого (РС) проектирования КМОП СБИС бортовых систем технического зрения (СТЗ) на основе применения и развития, разработанных в [2,3,6,7] методов синтеза поведенческих моделей КМОП СБИС СТЗ, основанные на емкостной спектроскопии глубоких центров в полупроводниках [8,9].

## Методы и модели решения

Основное внимание в работе уделено методам и моделям интерактивного синтеза семантических моделей (рис.1, 2) поискового проектирования и экспертизы РС электронных средств СТЗ беспилотных космических аппаратов на основе синтеза сложных функциональных модулей (СФ-модулей/блоков □ СнК). При этом осу-

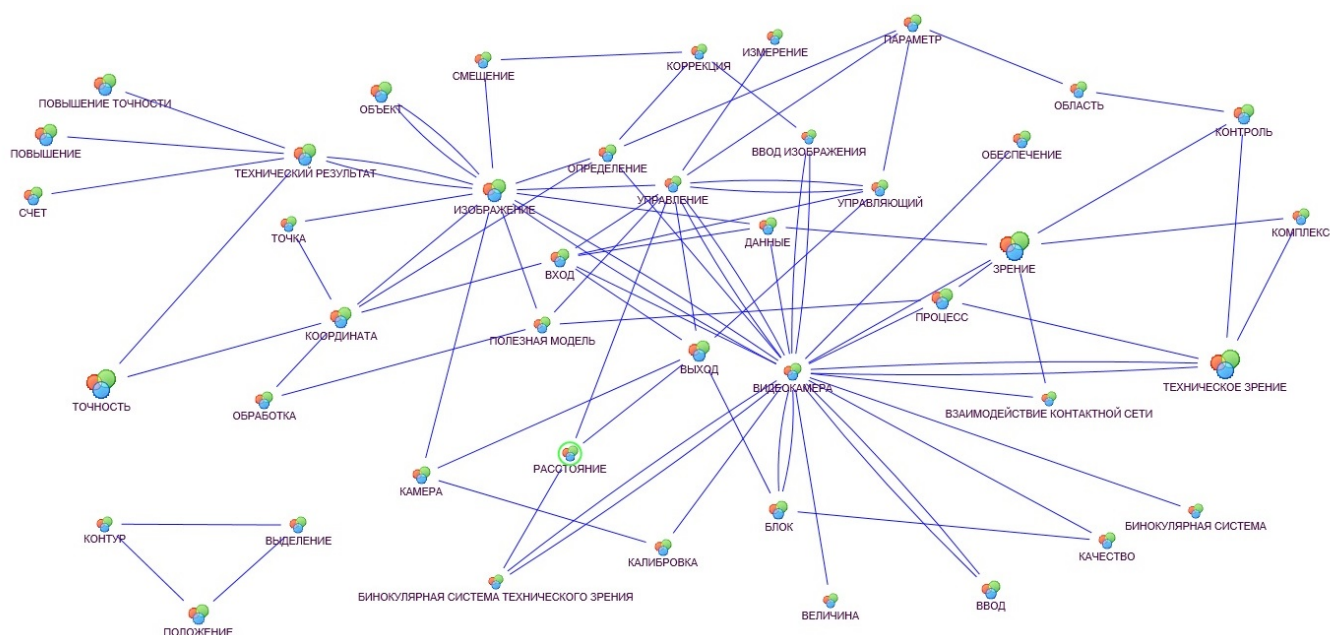


Рисунок 1 – Синтезированная семантическая модель ИСТЗ БТС в русскоязычной БД (презентации семантических моделей можно заказать по эл. почте: bsp\_serg@mail.ru или <https://t.me/Serg2002bot>)



существлен анализ результатов патентных исследований и моделей параметрической идентификации поведенческих моделей КМОП СБИС СТЗ БТС.

В результате доказана справедливость следующего утверждения.

**Утверждение 2.1.** Поведенческие модели КМОП СБИС ИСТЗ БТС и соответствующие подсистемы системы на кристаллах (СнК) СТЗ ограниченной сложности могут быть синтезированы на основе систем нелинейных дифференциальных уравнений следующего вида:

$$\vec{X}(t) = F \left[ \vec{X}(t), \vec{X}(t - \tau^{(X)}(t)), \vec{U}(t), \vec{U}(t - \tau^{(U)}(t)), \vec{\xi}_b(t), t \right], \quad (1)$$

$$\vec{Y}(t) = \Phi \left[ \vec{X}(t), t \right], \quad 0 \leq t_0 \leq t \leq t_k < \infty, \quad (2)$$

$$\vec{X}(t) = \vec{X}_0(t), \quad t_0 - \tau^{(X)}(t) \leq t \leq t_0, \quad \tau^{(X)}(t) \geq 0,$$

$$\vec{U}(t) = \vec{U}^0(t), \quad t_0 - \tau^{(U)}(t) \leq t \leq t_0, \quad \tau^{(U)}(t) \geq 0,$$

$$\vec{X}(t) \in \Omega_X \subset R^n, \quad \vec{U}(t) \in \Omega_U \subset R^m, \quad \vec{\xi}_b(t) \in \Omega_\xi \subset R^r,$$

$$\vec{Y}(t) \in \Omega_Y \subset R^\ell,$$

где  $\vec{X}(t)$ ,  $\vec{U}(t)$ ,  $\vec{Y}(t)$  и  $\vec{\xi}_b(t)$  – векторы координат, соответственно, состояния, управления, выхода и возмущения;  $F(\cdot)$  и  $\Phi(\cdot)$  – матрицы-столбцы, состоящие из  $n$  и  $\ell$  элементов;

$\Omega_X$ ,  $\Omega_U$ ,  $\Omega_Y$  и  $\Omega_\xi$  – замкнутые множества, соответственно, в  $R^n$ ,  $R^m$ ,  $R^\ell$  и  $R^r$  –  $n$ ,  $m$ ,  $\ell$  и  $r$  – мерных пространствах;  $\vec{X}^0(t)$  и  $\vec{U}^0(t)$  – векторы начальных координат состояния и управления, таковы, что удовлетворяют теоремам существования и единственности решений уравнений с запаздывающим аргументом;  $\tau^{(X)}(t)$  и  $\tau^{(U)}(t)$  – нестационарные значения величины запаздывания поведенческих моделей СнК ЭСТЗ по состоянию и управлению соответственно.

Содержательно утверждение 2.1. означает то, что процессы генерации прикладного программного обеспечения поведенческих моделей КМОП СБИС ИСТЗ предоставляется возможность осуществить на основе унифицированной модели (1) и (2), формальные параметры (переменные) которой или векторы координат состояния, управления, выхода и возмущения заменяются на фактические переменные, а параметры указанных матриц – устанавливаются по «умолчанию» или задаются ЛПР (или его AI – агентом).

В частности, справедливо следующее

**Предложение 2.1.** Предоставляется возможность расширить традиционную задачу терминального управления процессами исследования, разработки и патентования таких объектов промышленной собственности и соответствующих техниче-

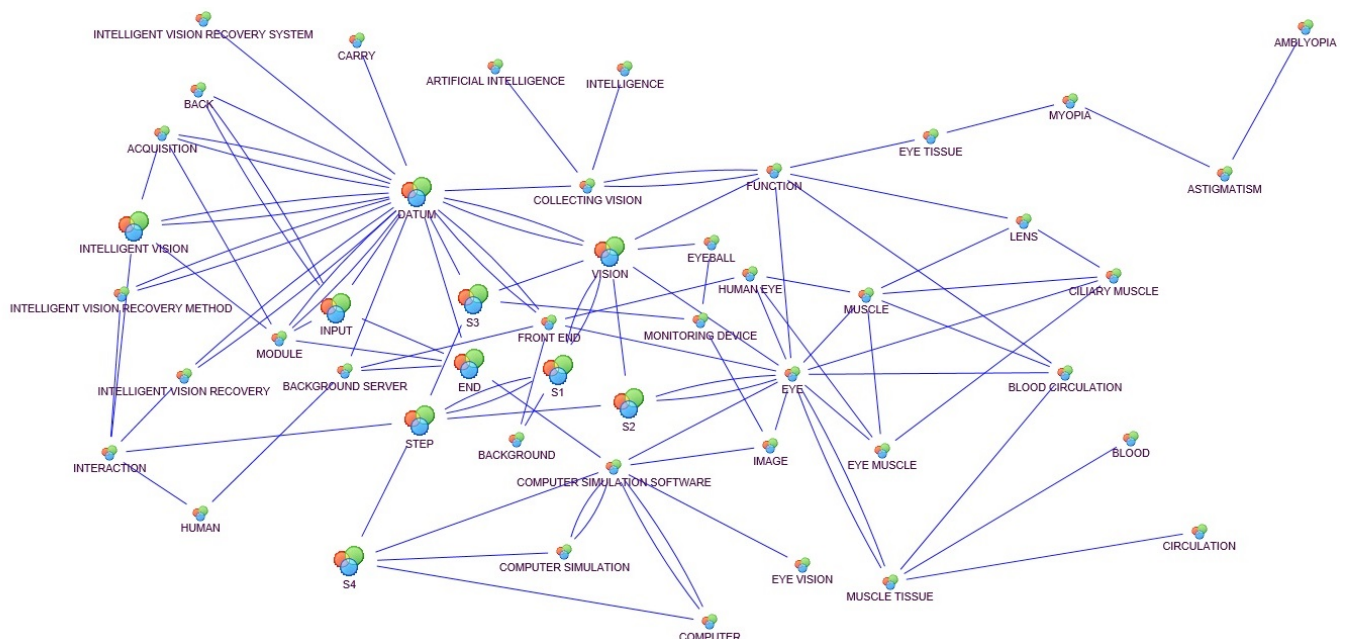


Рисунок 2 – Синтезированная семантическая модель ИСТЗ БТС в англоязычной БД (презентации семантических моделей можно заказать по эл. почте: bsp\_serg@mail.ru или <https://t.me/Serg2002bot>)

ских решений, как изобретения в человеко-машинных (эргатических) ИСТЗ БТС.

А именно, на основе предлагаемой унифицированной модели и [2,3] можно определить процессы принятия решения как некоторые взаимосвязанные действия в заданном наборе состояния выхода

$$\vec{Y}(t_i) = \Phi \left[ \vec{X}(t_i), t_i \right], \quad 0 \leq t_0 \leq t_i \leq t_k < \infty,$$

информационных полей или множестве состояния графоаналитических экранов –  $G_i \equiv \vec{Y}(t_i)$ , где  $i = 1, 2, \dots$ , физические размеры  $G_i$  в заданном координатном базисе, например, в декартовой системе координат по оси абсцисс  $\rightarrow \Delta X_3$ , а по оси ординат  $\rightarrow \Delta Y_3$ , в каждом из которых расположен набор ( $j = 1, 2, \dots, N_j$ ) активных и пассивных опций (или, в общем случае использования обозначений формальных переменных унифицированной модели – возмущающих воздействий  $\vec{\xi}_b(t)$ , характеризующие радиационную стойкость КМОП СБИС СТЗ БТС).

Элементы вектора возмущающих воздействий в общем случае поведенческой модели (1) – (2)  $\vec{\xi}_b(t) = \Phi_b(\vec{X}(t), t) = [\varphi_j(X_j(t), t)]$ ,  $j = \overline{1, r}$ , где скалярные нестационарные нелинейности, характеристики которых удовлетворяют условиям:

$$\begin{cases} \xi_j(t)/X_j(t) = [\varphi_j(X_j(t), t)/X_j(t)] \in [0, k_j], & k_j = \text{const} \text{ нпу } X_j(t) \neq 0, \\ \xi_j(t) = \varphi_j(X_j(t), t) = 0 \text{ нпу } X_j(t) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

При этом справедливо

**Утверждение 2.2.** Синтез надежных и достаточно простых систем формирования поведенческих моделей СнК может быть обеспечено в классе дискретных (релейных, релейно-импульсных, импульсных или цифровых) систем автоматического регулирования и управления, для которых

$$\vec{U}(t) = F_U \left\{ (\vec{a}(t), t) : t \in [t_0, t], t_k > t_0 \geq 0 \right\}, \quad (4)$$

удовлетворяющие следующим ограничениям:

1)  $\vec{U}(t) \in \Omega_U \subset R^m$  при всех  $(t, \vec{a}(t)) \in [t_0, t] \times R^\ell$ , где  $\Omega_U$  – компакт в  $m$ -мерном евклидовом пространстве;

2)  $\vec{U}(t)$  – непрерывно дифференцируемый всюду на  $[t_0, t_k] \times R^\ell$ , за исключением

$t = t^*_k, k = 1, 2, \dots, K, (t_0 \leq t^*_1 \leq t^*_2 \leq \dots \leq t^*_K \leq t_k)$ ,  
на которых

$$3) \begin{cases} U_j(t^-_{i_1}) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} U_j(t^*_{i_1} - \varepsilon) \\ U_j(t^+_{i_1}) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} U_j(t^*_{i_1} + \varepsilon) \end{cases} \quad \varepsilon > 0, \forall j = \overline{1, m}, i_1 = 1, 2, \dots$$

**Утверждение 2.3.** Динамические процессы, происходящие в поведенческих моделях СнК ЭСТЗ БТС не являются процессами марковского типа, так как условная плотность вероятностей

$$P[\vec{X}(t_n)/\vec{X}_0, \vec{X}_1, \dots, \vec{X}(t_{n-1})] \neq P[\vec{X}(t_n)/\vec{X}(t_{n-1})].$$

**Следствие 2.1.** Для определения состояния процесса в будущем, при  $t > t_0$ , недостаточно знания состояния на отрезке  $\theta \in [t_0, t]$ , еще необходима информация о векторных функциях

$\vec{X}(t), \vec{U}(t) \in \vec{\xi}_b(t), \forall t \in [t_0 - \max(\tau^{(X)}(t), \tau^{(U)}(t))]$ .  
Кроме этого, ввиду наличия в поведенческих моделях СнК существенно нелинейных (а в общем, случае, нейроморфных) звеньев с неоднозначными – гистерезисными функциями, и соответственно, вносимого ими не только пространственного запаздывания, но и упреждения, в [2,3] сформулирована постановка задачи, связанная с автоматизированным синтезом адекватных поведенческих моделей и автоматизированным контролем соответствующих условий их регулярности (корректности цифровых моделей) в каждом конкретном случае исследования, разработки, эксплуатации и патентования ЭСТЗ БТС. При этом процедуры экспертизы состояния поведенческих моделей СнК ЭСТЗ БТС необходимо осуществлять в условиях ограничений на ресурсные возможности разного вида (сроки, располагаемая функциональная база, число и квалификация разработчиков и т.п.).

В этой связи условие реализуемости множества

$$J = \{(\vec{x}, \vec{U}, \vec{\xi}_b, \vec{y}, t) : \vec{x} \in \Omega_x \subset R^n; \vec{U} \in \Omega_U \subset R^m; \vec{\xi}_b \in \Omega_{\xi_b} \subset R^r; \vec{y} \in \Omega_y \subset R^l; t \in [t_0, t_k] \subset R^1; i = \overline{1, l}\}, \quad (5)$$

перечисленных выше локальных критериев и требований, предъявляемых в процессе мониторинга состояния поведенческих моделей СнК ЭСТЗ БТС целесообразно записать в следующем виде:

$$G \equiv \left\{ \bigcap_{i=1}^{\ell} J_i(\bar{x}, \bar{U}, \bar{\xi}_b, \bar{y}, t) : J_i(B) \leq \hat{J}_i; \forall i = \overline{1, \ell} \right\} \neq \emptyset, (6)$$

где  $J_i(B)$  – непрерывные скалярные функции, приближенно дифференцируемые не-обходимое число раз по каждой из

$$B = \{ \beta_i(t) : \max_{t \in [t_0, t_k]} \| \sigma_i(t) - (\beta_i^{(1)} - \beta_i(t) \vee (\beta_i^{(2)} - \beta_i^{(1)})) \|_2 \leq \Delta \sigma_i^{a\bar{u}} \}, (7)$$

$$\forall t \in [t_i, t_{i+1}] \subseteq [t_0, t_k] \subset R_+^1; i = \overline{1, (n+m+r+l)}; i_1 = 1, 2, \dots;$$

где  $\beta_i^{(1)} = \inf \beta_i(t)$   $\beta_i^{(2)} = \sup \beta_i(t)$   $\beta_i^{(1)} \neq \beta_i^{(2)}$ ;

$$\sigma(t) \in \Xi \equiv \{ \bar{x} \in \Omega_x \subset R^n; \bar{U} \in \Omega_U \subset R^m; \bar{\xi}_b \in \Omega_{\xi} \subset R^r; \bar{y} \in \Omega_y \subset R^l; t \in [t_0, t_k] \subset R_+^1 \},$$

$\Lambda$   
 $J_i$  – граничное значение соответствующего критерия.

В результате справедливо следующее

**Предложение 2.2.** Эффективность основных процедур мониторинга поведенческих моделей СнК в реальных условиях их проектирования и эксплуатации существенно зависит от способов фиксации вариантного обоснования принимаемых проектных решений на самых ранних этапах ЖЦ проектирования СнК ЭСТЗ БТС, которые, с одной стороны, должны учитывать возможности современных вычислительных сред (ВС), а с другой – эвристические способности ЛПР в ЭСМСУ ОИС.

**Следствие 2.2.** В качестве методической основы для синтеза поведенческих моделей СнК ЭСТЗ целесообразно использования основных положений принципа минимальной (точнее, персонифицированной или ситуационной) сложности (ПМС) [11, 12, 13] на основе учета реальных (ситуационных и т.п.) ограничений (6) и реальных возможностей ЛПР.

**Следствие 2.3.** Поведенческие модели процедур принятия решений (ППР) следует формировать таким образом, чтобы:

– во-первых, ППР отвечали бы естественному процессу самообучения ЛПР или его AI-агентов ЭСМСУ ОИС, в ходе которого одновременно с формированием стереотипа ЛПР или на основе учета приобретенных ЛПР ассоциаций (например, на основе опыта известных аналогичных разработок, описанных в научно-технической и патент-

ной литературе и др.), осуществляется проблемное ориентирование ЛПР, позволяющее ему справиться с неопределенностью ситуации того или иного этапа ЖЦ поведенческих моделей СнК ЭСМСУ ОИС БТС;

– во-вторых, ППР учитывали бы располагаемые ресурсы конкретных условий не только разработки технически оптимальных СнК ЭСТЗ (рис. 3), но и реальные условиях эксплуатации ИЭСТЗ БТС.

**Следствие 2.4.** В процессе соблюдения основных процедур патентования СнК ИЭСТЗ БТС решение, удовлетворяющее критериям (условиям) охраноспособности, часто не подчиняется аксиомам транзитивности предпочтений, например, если  $S_i(U) > S_j(U)$  и  $S_k(U) > S_i(U)$ , то  $S_k(U) > S_j(U)$  для всех  $S_p, S_r, S_k$ , принадлежащих конечному множеству  $S = \{S_p, \dots, S_n\}$ .

Разработчик СнК ЭСТЗ БТС, как правило, находится в условиях, так называемых, жизненных проблем, которые ему поставляют массу нетранзитивных предпочтений, то есть –  $S_k(U) < S_j(U)$ .

В подобных ситуациях, как правило, происходит нарушение аксиом теории Неймана – Моргенштейна, а именно, аксиом о транзитивности предпочтений [12].

Применение различных вариантов лексикографической стратегии также вызывает нетранзитивность предпочтений. Ее особенностью является то, что ЛПР сначала упорядочивает измерения (или характеристики) исходов по степени значимости, выбирая затем тот из исходов, который предпочтительнее для него с точки зрения важнейшей характеристики. Если по этой характеристике исходы уже не различимы, то сравниваются их ценности по следующему измерению и т.д. Эта «разумная» стратегия часто приводит к нетранзитивности предпочтений относительно исходов выбора, что естественно в подобных сложно формализуемых ситуациях. Особенно в реальных условиях эксплуатации ИЭСТЗ БТС. Тем не менее, было бы ошибкой считать это нормой для всех других ситуаций, так как нетранзитивность может быть и результатом непоследовательного поведения ЛПР или совершения ЛПР (или его сетевых AI-агентом) различных ошибок. Поэтому, в



одних случаях нетранзитивность предпочтений – свидетельство нерационального поведенческой модели ЛПР или его сетевых AI-агентов, а в других – нормальное явление.

В этой связи в [12,13] рассмотрены основные варианты теории полезности (Саймона), которые основаны на иной трактовке аксиомы транзитивности, в частности, на понятии стохастической транзитивности.

Определены уровни притязаний и когнитивные возможности ЛПР в процессе экспертизы поведенческих моделей СНК ЭСМСУ ОИС на основе применения бинарных отношений в моделях формирования функции выбора  $C(\cdot)$ .

Рассмотрена общая ситуация, когда каждому варианту  $x \in \Omega$  ставится вектор критериальной оценки  $\vec{J}(x) \in R^n$ , а процесс выбора обобщает понятие экстремизационного правила для одного критерия, при этом

$$C(X) = \{y \in X \mid \exists x \in X: (\forall i = 1, \dots, i_0, \dots, n; J_i(x) \geq J_i(y) \& \exists i_0: J_{i_0}(x) > J_{i_0}(y))\} \quad (7)$$

Правило (7) вместе с вектором  $\vec{J}(x) \in R^n$  представляют механизм многокритериального паретовского выбора, согласно которому возможные решения следует искать среди неуплучшаемых альтернатив.

Для синтеза поведенческих моделей СНК ЭСМСУ ОИС БТС предлагается менее жесткая стратегия выбора – правило Слей-

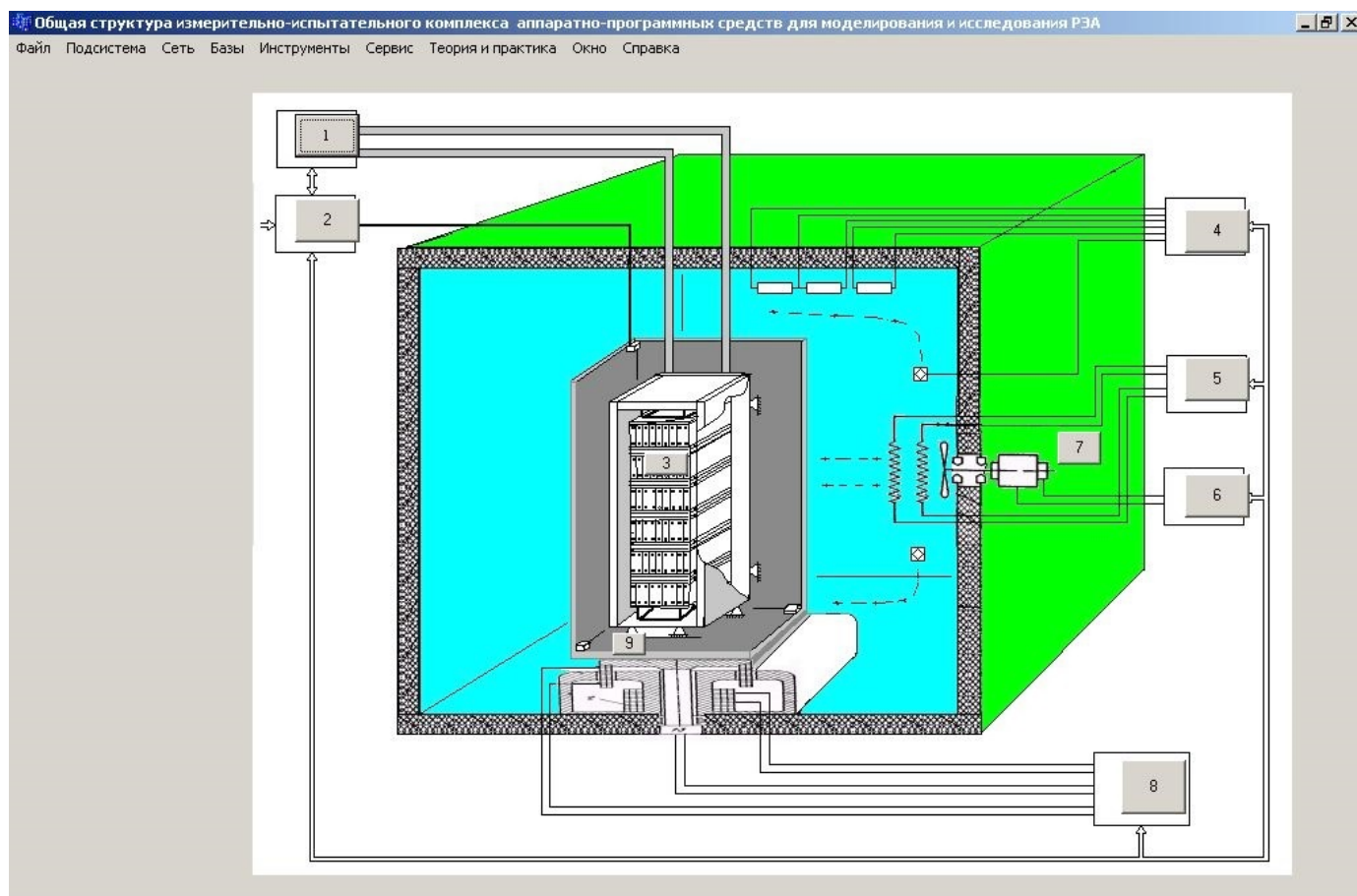


Рисунок 3 – Вид главного окна интерфейса пользователя программно-аппаратного комплекса испытания РЭА (СНК) ИЭСТЗ БТС, который содержит следующие загрузочные модули подсистем: охлаждения (1); – многоканальной обработки и визуализации многомерных данных (2); – моделей несущих конструкций РЭА ЭСТЗ (3); измерения, регистрации, контроля и генерации тепловых, электромагнитных и радиационных режимов в испытательной камере РЭА ЭСТЗ (4) и (5); – регулирования теплообмена (6); – регулируемых асинхронных двигателей (АД) (7); – формирования механических воздействий, вибрации, ударов и других дестабилизирующих воздействий механической природы (8); – моделей подвижной опоры РЭА ЭСТЗ (9) (презентацию ПК можно заказать по эл. почте: bsp\_serg@mail.ru или <https://t.me/Serg2002bot>)

тера (или слабое правило Парето), которое на основе использования формализма нечетких (нейроморфных) отношений ( $\tilde{G}$ ) или СНФ принимает следующий вид:

$$C(X) = \{y \in X \mid \exists x \in X: (\forall i = 1, \dots, i_o, \dots, n; J_i(x) \tilde{G} J_i(y))\} \quad (8)$$

В результате справедливо

**Предложение 2.3.** В процессе проверки соответствий функционирования аппаратуры БТС в условиях, например, космической радиации – целесообразно формирование поведенческой модели ЭКБ ЭСТЗ БТС и синтез соответствующих обобщенных моделей ( $L_i(T)$ ) взаимодействия ЭКБ СНК ЭСТЗ с окружающей средой  $v(T) = \{\vec{V}_i(\cdot), \vec{V}_p(\cdot)\} \in R^3$ , где  $T = \{t \in \Theta \mid H\}$ ,  $t$  – время,  $\Theta$  – отклоняющийся аргумент  $\theta \in [-\max(\tau^{(x)}(t) - \tau^{(y)}(t)), \max(\tau^{(x)}(t) - \tau^{(y)}(t))]$ ,  $\max(\tau^{(x)}(t), \tau^{(y)}(t)) \geq 0$ ;  $H$  – энтропия;  $\vec{V}_i(\cdot)$  и  $\vec{V}_p(\cdot)$  вектор состояния внешнего состояния окружения  $L_i(T)$   $i$ -й СНК и её подсреды;  $\vec{L}_p(\cdot)$  вектор состояния внутренних элементов  $L_i(T)$   $i$ -й СНК, обеспечивая возможность формирования графоаналитических бинарных полей (ГАБП – модулей) или паспортов состояния ЭКБ ЭСТЗ БТС [1].

При этом ГАБП – модули, синтезированные на основе обработки данных о радиационном поведении ЭКБ, могут быть использованы не только для аутентификации подлинности ЭКБ ЭСТЗ, но и для оценки радиационной стойкости подсистем ЭСТЗ или в целом ЭСМСУ ОИС и их оценки уязвимости сетевых AI-агентов [14,15,16].

Следовательно, справедливо следующее утверждение.

**Утверждение 2.4.** ГАБП – модули подсистем ВЭСТЗ являются дополнительными существенными (отличительными) признаками патентоспособного технического решения (ТЗ) – формулы изобретения, которые могут быть представлены, например, в виде процедуры синтеза ГАБП распределения амплитуд ионизационных откликов и радиационной деградации параметров ЭКБ СНК ЭСТЗ БТС по мере накопления поглощенной дозы радиации.

**Следствие 2.5.** ГАБП – модуль подсистем ЭСТЗ является одной из уникальных составляющих поведенческих моделей

ЭКБ ЭСТЗ или в целом ЭСМСУ ОИС БТС, который отвечает условиям охраноспособности (патентоспособности).

В этой связи необходим синтез ГАБП на основе обработки многомерных числовых массивов [12] (или в современной трактовке – дата сетов – ДС), получаемых в процессе анализа поведенческих моделей ЭКБ на всех этапах жизненного цикла СНК ЭСТЗ БТС.

Для этого согласно [11,12] использован подход, в соответствии с которым структура многомерных числовых данных (МД/ДС) для анализа поведенческих моделей СНК ЭСТЗ БТС представлена в виде иерархически упорядоченных (взаимосвязанных распределенных) списков. При этом, учитывая надежностные характеристики используемого комплекса технических средств, организация информационной БД о рассматриваемых вариантах (режимах работы или функционирования) СНК ЭСТЗ БТС осуществляется в соответствии со следующими составляющими МД: исходные (начальные), текущие (получаемые в процессе исследования) и защитные (минимальный объем МД, позволяющий восстановить результаты исследований состояния поведенческих моделей СНК ЭСТЗ БТС в любой  $t_i \in [t_{or}, t_k]$ ).

В соответствии с исходной и текущей информацией для заданных значений (6), определяющих область допустимых решений  $\forall \beta_i(t) \in B$ , применяя принцип сжимающих отображений, осуществляется биективное (взаимно-однозначное) отображение многомерных зависимостей  $\hat{J}_i$  от  $\beta_i^{(1)}(\beta_i^{(2)})$  на  $R^2$  (например, на экране монитора) в виде графоаналитических бинарных полей (таблиц и т.п.), в форме адекватной восприятию конкретному ЛПР (например, в проблемно-ориентированном пространстве конкретной разработки СНК ЭСТЗ БТС). Процесс перехода от МД из  $R^{k+1}$  в  $R^2$  осуществляется на основе применения конструктивных реализаций подвижно-взаимосвязанной системы координат [2,12] следующим образом.

Согласно полученным рекурсивным выражениям интерполяционной формулы гиперповерхности МД в  $R^{k+1}$ :

$$f_{k+1}(\beta_i, i = \overline{1, k}; P_k) = 0, \quad (9)$$

где  $P_k \equiv P_k(\beta_k; J_j^{(p)}, i, j = 1, 2; p = 1, 2, 3, \dots, 2^{k-2})$ , разбиваются на  $N_0$  подпространств  $R^4$  или  $R^5$ .

Соответственно  $f_3(\beta_1, \beta_2, \beta_3, P_3) = 0$  или  $f_4(\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, P_4) = 0$ ,

где  $P_3 \equiv P_3(\beta_3; J_j^{(p)}, j = 1, 2; p = p_1, p_1 + 1), p = 1, 3, 5, \dots; N_0 = 2^{k-3};$

$P_4 \equiv P_4(\beta_4; J_j^{(p)}, j = 1, 2; p = p_1, p_1 + 1, p_1 + 2, p_1 + 3), p_1 = 1, 5, 9, \dots; N_0 = 2^{k-4}.$

Информация каждого из полученных подпространств с помощью канонических форм Коши биективно отображается на плоскости монитора (на/в  $R^2$ ) в виде графоаналитических объектов (графических вычислительных таблиц, графоаналитических бинарных полей данных и т.п. ГАБП). Синтез в  $R^2$  приемлемого графоаналитического отображения МД осуществляется ЛПР в динамике исследования ИЭСТЗ БТС на основе применения аппарата проективных групп Софуса Ли (см. табл.1).

При этом синтез (преобразование, настройка – визуализация) ГАБП, в основном, осуществляют путем коллинеации [12]. Так как второй метод преобразования плоскости – коррелятивный можно заменить последовательным выполнением полярного преобразования относительно единичной окружности и некоторого коллинеарного преобразования.

Таким образом, в рассматриваемом случае необходимо первоначально рассматривать бинарные поля –

$$(\beta_i, \beta_{i+1}) \equiv \{ \xi_\theta(\beta_i^{(\theta)}, \beta_{i+1}^{(\gamma)}), \eta_\theta(\beta_i^{(\theta)}, \beta_{i+1}^{(\gamma)}); \theta, \gamma = 1, 2 \}, \quad (10)$$

заклЮчить в четырехугольники –

$$Q_{1i}(\xi_1, \eta_1) Q_{2i}(\xi_2, \eta_2) Q_{3i}(\xi_3, \eta_3) Q_{4i}(\xi_4, \eta_4) \quad (11)$$

и на основе коллинеарных преобразований, которые представляются формулами:

$$\xi'_j = \frac{a_{11}\xi_j + b_{11}\eta_j + c_{11}}{a_{13}\xi_j + b_{13}\eta_j - c_{13}}, \quad \eta'_j = \frac{a_{12}\xi_j + b_{12}\eta_j + c_{12}}{a_{13}\xi_j + b_{13}\eta_j - c_{13}}, \quad j = \overline{1, 4}, \quad (12)$$

где  $(\xi_j, \eta_j), (\xi'_j, \eta'_j)$  – соответственно координаты исходного бинарного поля  $(\beta_j, \beta_{j+1})$  и соответствующие координаты искомого поля  $(\beta_j, \beta_{j+1})$ ;

Таблица 1 - Основные группы синтеза ГАБП поведенческих моделей ЭСМСУ ОИС БТС

Группа преобразований	Ограничения на коэффициенты $\forall i = \overline{1, 4}, \forall t \in [t_0, t_k] \subset R_+$
$G_p$ – проективная	$\begin{pmatrix} a_{11}(t) & b_{11}(t) & c_{11}(t) \\ a_{12}(t) & b_{12}(t) & c_{12}(t) \\ a_{13}(t) & b_{13}(t) & c_{13}(t) \end{pmatrix} \neq 0$
$G_p^\perp$ – ортогональная	$\begin{pmatrix} a_{11}(t) & b_{11}(t) & c_{11}(t) \\ a_{12}(t) & b_{12}(t) & c_{12}(t) \\ a_{13}(t) & b_{13}(t) & c_{13}(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
$G_a^\perp$ – ортогональные аффинные преобразования	$a_{13}(t) = b_{13}(t) = 0, c_{13}(t) = 1, c_{11}(t) = c_{12}(t) = 0, a_{11}(t) = \pm \cos \theta, b_{11}(t) = \pm \sin \theta$ ( $\text{sign}(\cos \theta) = \text{sign}(\sin \theta)$ ), $a_{12}(t) = -\sin \theta, b_{12}(t) = \cos \theta$
$G_\theta$ – повороты и вращения	$a_{11}(t) = \cos \theta, b_{11}(t) = \sin \theta, a_{12}(t) = -\sin \theta, b_{12}(t) = \cos \theta, a_{13}(t) = b_{13}(t) = b_{13}(t) = c_{12}(t) = 0, c_{13}(t) = 1$
$G_{k,\theta}^c$ – комбинации метрических преобразований	$a_{11}(t) = k(t) \cos \theta, b_{11}(t) = k(t) \sin \theta, a_{12}(t) = -k(t) \sin \theta, b_{12}(t) = k(t) \cos \theta, a_{13}(t) = b_{13}(t) = 0, c_{13}(t) = 1$
$G_{k,\theta}^\varepsilon$ – евклидовы подобия	$a_{11}(t) = k(t) \cos \theta, b_{11}(t) = k(t) \sin \theta, a_{12}(t) = -k(t) \sin \theta, b_{12}(t) = k(t) \cos \theta, c_{11}(t) = c_{12}(t) = a_{13}(t) = b_{13}(t), c_{13}(t) = 1$
$G_s^\varepsilon$ – симметрия (отображения)	$a_{11}(t) = \pm 1, b_{12}(t) = \pm 1, a_{12}(t) = a_{13}(t) = b_{11}(t) = b_{13}(t) = c_{11}(t) = c_{12}(t) = 0, c_{13}(t) = 1$
$G_m^\varepsilon$ – изменение масштаба	$a_{12}(t) = a_{13}(t) = b_{11}(t) = b_{13}(t) = c_{11}(t) = c_{12}(t) = 0, c_{13}(t) = 1, a_{11}(t) \neq 0, b_{12}(t) \neq 0$
$G_m^c$ – смещение и изменение масштаба	$b_{11}(t) = a_{12}(t) = a_{13}(t) = b_{13}(t) = 0, c_{13}(t) = 1, a_{11}(t) \neq 0, b_{12}(t) \neq 0$



$G_{m,p}^c$ – смещения подобия	$b_{i1}(t)=a_{i2}(t)=a_{i3}(t)=b_{i3}(t)=0,$ $c_{i3}(t)=1, a_{i1}(t)=b_{i2}(t) \neq 0$
$G_m$ – подобия	$a_{i2}(t)=a_{i3}(t)=b_{i1}(t)=b_{i3}(t)=$ $=c_{i1}(t)=c_{i2}(t)=0, c_{i3}(t)=1,$ $a_{i1}(t)=b_{i2}(t) \neq 0$
$G_S$ – смещения	$a_{i1}(t)=b_{i2}(t)=c_{i3}(t)=1,$ $b_{i1}(t)=a_{i2}(t)=a_{i3}(t)=b_{i3}(t)=0$
$G_a^c$ – центроаффинные преобразования	$c_{i1}(t)=c_{i2}(t)=a_{i3}(t)=b_{i3}(t)=0,$ $c_{i3}(t)=1, \det \begin{pmatrix} a_{i1}(t) & b_{i1}(t) \\ a_{i2}(t) & b_{i2}(t) \end{pmatrix} \neq 0$

$a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, b_{i1}, b_{i2}, b_{i3}, c_{i1}, c_{i2}, c_{i3}$  – коэффициенты коллинеарного преобразования, удовлетворяющие единственному условию [12]:

$$\begin{vmatrix} a_{i1} & b_{i1} & c_{i1} \\ a_{i2} & b_{i2} & c_{i2} \\ a_{i3} & b_{i2} & c_{i3} \end{vmatrix} \neq 0, \quad \forall i = \overline{1,4}, \quad (13)$$

преобразовать исходное поле  $(\beta_i, \beta_{i+1})$  в искомое поле  $(\beta_i, \beta_{i+1})$  в соответствии с заданными координатами  $Q_{i1}(\xi_1, \eta_1), Q_{i2}(\xi_2, \eta_2), Q_{i3}(\xi_3, \eta_3), Q_{i4}(\xi_4, \eta_4)$ .

Следовательно, синтез (пересчет) всех бинарных полей (ГАБП)  $(\beta_i, \beta_{i+1})$  в  $(\beta_i, \beta_{i+1})$  поведенческих моделей ЭСМСУ ОИС БТС можно представить следующей последовательностью выполнения этапов, объединенных в цикл по  $i$ , а именно: для  $i=1$  с шагом 1 до  $\ell$  (где  $\ell$  – число пересчитываемых ГАБП ЭСМСУ ОИС бинарных полей) выполнить: – ввести  $Q_v, Q'_v, v=\overline{1,4}$ ; – вычислить  $a_k, b_k, c_k, k=\overline{1,3}$ ; – пересчитать в соответствии с уравнением (12) и вычисленными коэффициентами  $a_k, b_k, c_k$  координатные точки  $(\beta_i, \beta_{i+1})$  из системы координат  $\eta O \xi$  и  $\eta' O' \xi'$ .

При этом в таблицу 1 сведены основные группы геометрических преобразований, используемые в процессе синтеза графических отображений бинарных полей (11) в процессе функционирования ЭСМСУ ОИС БТС. Таким образом, каждому проек-

тивному преобразованию  $g$  вида (12) или его подмножеству можно сопоставить матрицу  $\mathbf{A}(g(t))$  размерности  $3 \times 3, \forall t \in [t_0, t_k] \subset R_+^1$ . При этом произведению (суперпозиции) двух проективных преобразований или его подмножеств  $g_1$  и  $g_2$  соответствует матрица  $\mathbf{A}(g_1)\mathbf{A}(g_2)$ .

Каждая из подгрупп  $g_1, g_2 \in G_p$  (см. таблицу 1) состоит из преобразований (12) с теми или иными ограничениями на коэффициенты матрицы  $\mathbf{A}(g(t))$ .

Основные группы геометрических преобразований, приведенные в таблице 1, действуют в некотором множестве изображений ( $\mathbf{M}$ ) искомым образом многомерных данных. Кроме этого, принято считать [12], что группа действует в множестве  $\mathbf{M}$ , если каждому элементу  $m \in \mathbf{M}$  и каждому элементу группы  $g \in G_p$  соответствует новый элемент  $\mathbf{M}$ , обозначаемый обычно  $gm$ , и при этом выполнены следующие условия:

1. Для любых  $g_1, g_2 \in G_p$  и любого  $m \in \mathbf{M}$   $(g_1 g_2)m = g_1(g_2 m)$ .

2. Если  $e$  – единица  $\in G_p, m \in \mathbf{M}$ , то  $em = m$ . Элемент  $gm$  называется результатом применения  $g$  к  $m \in \mathbf{M}$ .

Условие 1 означает, что реализация произведения элементов группы равносильна применению второго элемента группы к результату действия первого элемента. Условие 2 означает, что применение единичного элемента группы не меняет элементов  $\mathbf{M}$  в процессе функционирования ЭСМСУ ОИС.

## Заключение

Рассмотренные в настоящей работе методы и модели доведены до программных и конструктивных реализаций. При этом показано, что на основе применения предлагаемых разработок представляется возможным осуществлять моделирование и исследование многомерных параметрических зависимостей на плоскости, а также осуществлять фиксацию исследуемых вариантов систем управления различной физической природы в виде проблемно-ориентированных графоаналитических объектов – бинарных вычислительных таблиц.

Основное преимущество предлагаемых методов и моделей синтеза поведен-

ческих моделей СнК ЭСТЗ БТС состоит в гибком сочетании эвристических способностей ЛПР на основе использования визуальных интерпретаций ГАБП в процессе оптимизации сложных систем программного управления прямыми (ситуационными и т.п.) поисковыми методами, кроме этого предоставлена возможность осуществлять фиксацию процедур принятия решений на всех этапах жизненного цикла СнК ЭСТЗ БТС в виде графоаналитических вычислительных таблиц, каждая из которых представляет уникальную визуальную составляющую поведенческих моделей сложно-функциональных блоков эргатических систем многоагентного управления сетевыми субъектами и объектами интеллектуальной собственности (ОИС) ЭКБ ЭСТЗ БТС и в целом: правовой защитой и сопровождением соответствующих сетевых AI-агентов

[14,15,16], обеспечивающих сетевую защиту и сопровождение соответствующих не только объектов интеллектуальной и промышленной собственности (ОИС/ОПС), но и непосредственно процессы (динамику) сетевого взаимодействия субъектов и ОИС/ОПС.

В результате в работе рассмотрены основные методы и модели синтеза поведенческих моделей сложно-функциональных блоков (СФ-блоков) систем на кристалле (СнК) человеко-машинных (эргатических) систем многоагентного ситуационного управления (ЭСМСУ) субъектами и объектами интеллектуальной/промышленной собственности (ОИС/ОПС). Процессы наблюдения за поведением СФ-блоков в составе СнК могут поддерживаться сетевыми AI-агентами ЭСМСУ не только на уровне контроля функций взаимодействия между

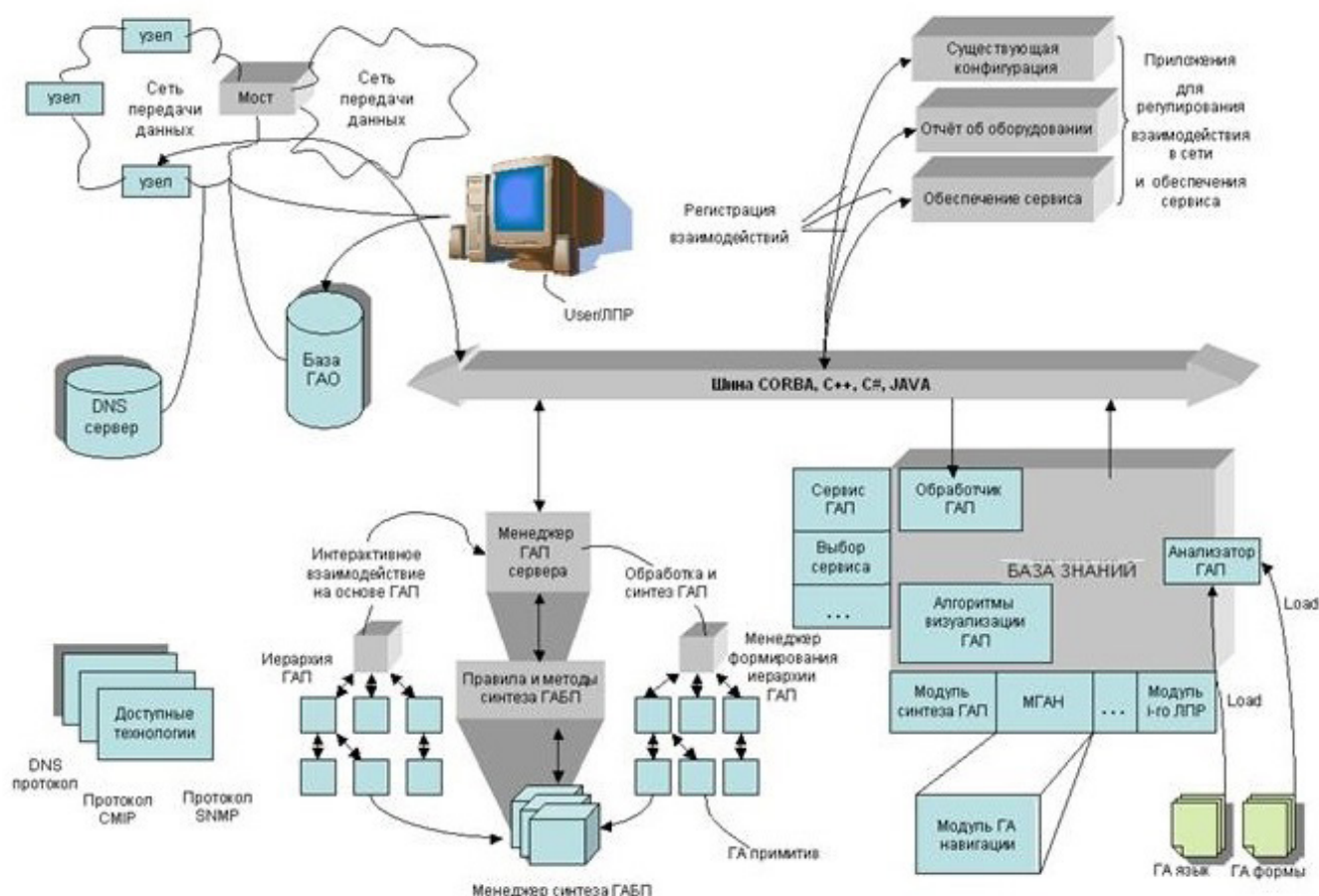


Рисунок 4 – Фрагмент (скрин) экрана презентации АПК поддержки и защиты поведенческих моделей взаимодействия субъектов и объектов ИС/ПС на основе синтеза персонифицированных ГАБП ЛПР или их сетевых AI-гентов, в процессе сетевого формирования патентоспособных технических решений в области автономных – беспилотных транспортных средств и систем

субъектами и объектами ИС, но и на уровне мониторинга (оценки) физических характеристик (вектора состояния) СнК. При этом применение разработанного аппарата графоаналитического исчисления ГАБП обеспечивает обработку (фиксацию, сжатие и отображение) многомерных данных (МД, числовых массивов и т.п.) вектора состояния СнК ЭМСУ ОИС/ОПС на основе использования подвижно-взаимосвязанной системы координат, у которой в качестве основного графического примитива использованы не точечные объекты, а основные объекты проективной геометрии – прямые линии и соответствующие рекурсивные выражения и функции.

Синтез приемлемых для зрительного восприятия ЛПР отображений МД на плоскости монитора осуществляется на основе использования графоаналитических объектов (графических вычислительных таблиц, графоаналитических бинарных полей и т.п.) и применения аппарата проективных групп Ли.

Разработанные методы позволяют осуществлять синтез поведенческих моделей СФ-блоков эргатических систем многоагент-

ного ситуационного управления сетевыми субъектами и объектами интеллектуальной собственности в реальном масштабе времени на всех этапах жизненного цикла СнК ЭМСУ ОИС, при этом реализации СнК могут быть выполнены в виде специализированных микросхем (Application Specific Integrated Circuit, ASIC), удовлетворяющие требованиям (условиям) патентоспособности.

В заключении приведены ссылки на презентации разработанных загрузочных моделей – Botlab.

Раздел № 1 – Введение в «Интеллектуальные интерактивные методы и модели сетевого сопровождения и защиты основных сетевых взаимодействий субъектов и объектов интеллектуальной собственности». [https://my.mail.ru/mail/bsp\\_serg/video/\\_myvideo/296.html](https://my.mail.ru/mail/bsp_serg/video/_myvideo/296.html)

Раздел № 2 – Основные методы и модели синтеза патентоспособных технических решений в области автономных – беспилотных транспортных средств и систем [https://my.mail.ru/mail/bsp\\_serg/video/\\_myvideo/295.html](https://my.mail.ru/mail/bsp_serg/video/_myvideo/295.html)

Раздел № 3 – Основные подсистемы

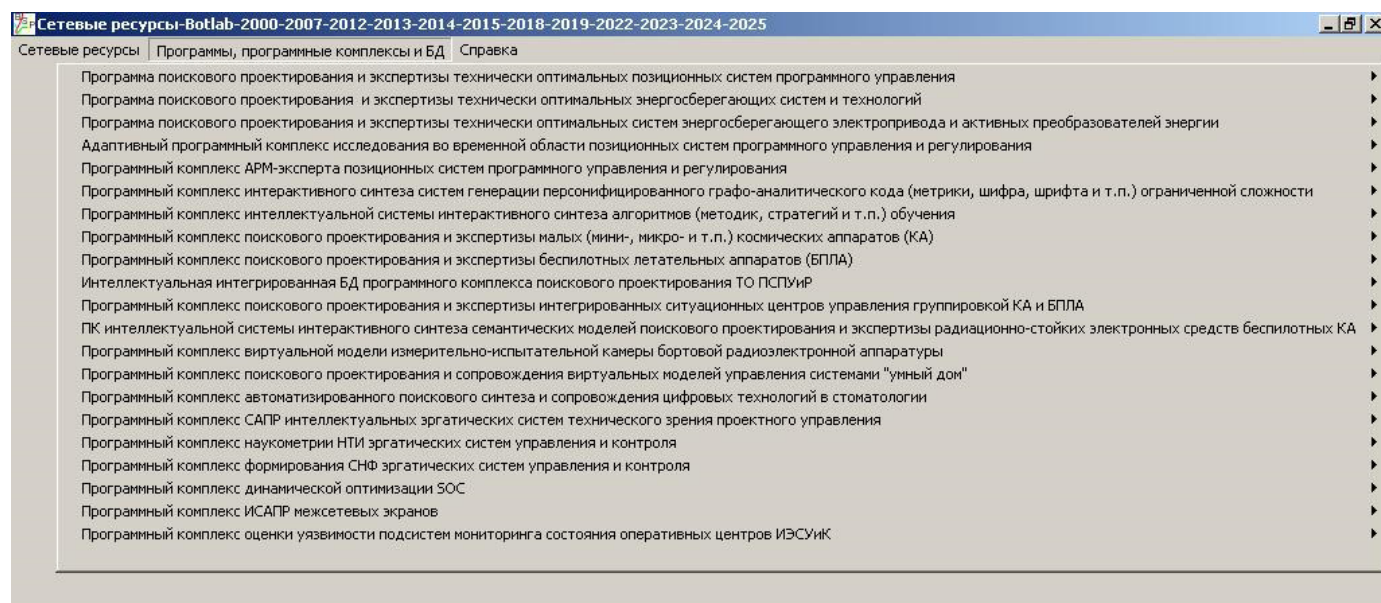


Рисунок 5 – Фрагмент (скрин) экрана презентации ПК примеров поддержки поведенческих моделей взаимодействия субъектов и объектов ИС/ПС на основе загрузки разработанных ПК и соответствующих сетевых AI-агентов (прототипов и аналогов), на основе анализа функционирования которых и существующих технических решений, ЛПР предоставляется возможность синтезировать патентоспособные решения в области автономных – интеллектуальных систем управления, измерения и контроля состояния систем управления, измерения и контроля различного назначения



программного комплекса синтеза патентоспособных технических решений в области динамической оптимизации средств сетевой защиты взаимодействий субъектов и объектов промышленной собственности.

[https://my.mail.ru/mail/bsp\\_serg/video/\\_myvideo/293.html](https://my.mail.ru/mail/bsp_serg/video/_myvideo/293.html)

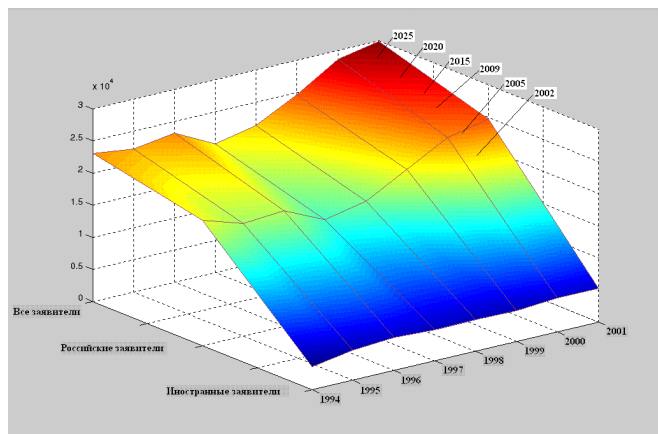


Рисунок 6 – Фрагмент (скрин) экрана презентации процесса визуализации объёма притязаний (оценки правовой защиты) отечественных патентовладельцев (заявителей, авторов и др.), начиная с 1994г. по июнь 2025г. на основе анализа открытых патентных источников описаний технических решений в области БТС. Описание динамической модели обработки и визуализации можно заказать по эл. почте: [bsp\\_serg@mail.ru](mailto:bsp_serg@mail.ru) или по <https://t.me/Serg2002bot>.

Презентацию 4-го дополненного (расширенного и исправленного) издания кн.: Ботуз С.П. «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНТЕРАКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ УДАЛЕННЫМ ДОСТУПОМ», с приложением вышеперечисленных ПК, можно заказать по эл. почте: [bsp\\_serg@mail.ru](mailto:bsp_serg@mail.ru) или по <https://t.me/Serg2002bot>.

На основе изложенных в настоящей работе сведений, ПК и материалов книги (4-го издания учебного пособия «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНТЕРАКТИВНЫЕ ...») сформированы различные варианты конкретных стратегий применения нейросетевых AI-агентов, разработанных программных комплексов (ПК) SOC, ИСАПР и ИЭСУиК [14, 15, 16] и сопутствующих не только маркетинговых рекомендаций, но и:

ПК SOC [14] – оригинальных (охраноспособных – патентоспособных) технических решений для автоматизации основных процессов динамической (графоаналитической предикто-корректорной) оптимизации SOC (Security Operations Center – оперативных центров безопасности) эргатических систем управления и контроля (ЭСУиК) для достижения заданного (требуемого) уровня показателей эффективности SOC и соответствующих объектов промышленной собственности (изобретений и полезных моделей – ИЗ/ПМ) мониторинга состояния SOC ЭСУиК. Основные функции ПК SOC: идентификация, синтез и экспертная оценка поведенческих моделей логических схем (ПМЛС) SOC ЭСУиК, на основе сетевых технологий мониторинга состояния SOC ограниченной (минимальной) сложности (ОМС) и упреждающая идентификация состояния ПМЛС субъектов и объектов SOC ЭСУиК; синтез ПМЛС; персонификация и параметрическая визуализация циклов SOC ОМС, интеллектуальное управление сетевыми субъектами и объектами SOC; синтез стратегий обучения экспертов SOC и сопровождение ИЗ/ПМ в области SOC ЭСУиК беспилотных транспортных средств.

ПК ИСАПР [15] – оригинальных (охраноспособных – патентоспособных) технических решений для интерактивного синтеза интеллектуальных систем автоматизированного проектирования (ИСАПР) технически оптимальных решений (ТоР) когнитивных межсетевых экранов (МсЭ) оперативных центров безопасности (ОЦБ) эргатических систем управления и контроля (ЭСУиК) для достижения заданного (требуемого) уровня показателей эффективности МсЭ ОЦБ ЭСУиК. Основные функции ПК ИСАПР: идентификация, синтез и экспертная оценка поведенческих моделей логических схем (ПМЛС) МсЭ ОЦБ ЭСУиК, на основе применения когнитивных сетевых технологий мониторинга состояния ОЦБ ограниченной (минимальной) сложности (ОМС) и упреждающая идентификация состояния ПМЛС субъектов и объектов МсЭ ОЦБ ЭСУиК; синтез ПМЛС МсЭ; персонификация и параметрическая визуализация состояния МсЭ ОМС; интеллектуальное

(проактивное) управление сетевыми субъектами и объектами ОЦБ ЭСУиК; синтез стратегий обучения экспертов или их сетевых агентов МсЭ ОЦБ; сопровождение ТоР в области МсЭ ОЦБ ЭСУиК беспилотных транспортных средств.

ПК ИЭСУиК [16] – оригинальных (охраноспособных – патентоспособных) технических решений для комплексной оценки уязвимости (надежности, отказоустойчивости и т.п.) основных подсистем мониторинга состояния оперативных центров безопасности (ОЦБ) интеллектуальных эргатических (человеко-машинных) систем управления и контроля (ИЭСУиК). Основные функции ПК ИЭСУиК: идентификация, синтез и экспертная оценка уязвимости поведенческих моделей логических схем (ПМЛС) основных подсистем ОЦБ ЭСУиК, на основе применения графоаналитических сетевых технологий мониторинга состояния ОЦБ ограниченной (минимальной) сложности (ОМС) и упреждающая идентификация состояния ПМЛС субъектов и объектов основных подсистем ОЦБ ЭСУиК; синтез ПМЛС ОЦБ ЭСУиК; формирование стратегий ОМС обучения экспертов (лиц, принимающих решения и их сетевых агентов) ОЦБ ЭСУиК; сопровождение основных подсистем ОЦБ ЭСУиК ЭСУиК беспилотных транспортных средств.

## Библиография

- [1] Проект обновленной версии стратегии развития беспилотных авиационных систем (БАС) России на период до 2030 года и перспективу до 2035. Минпромторг предложил стратегию развития беспилотной авиации до 2035. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/8159704?ysclid=mhd8z4mhyv952625967> (дата обращения 30.10.2025).
- [2] Ботуз С.П. Методы и модели цифровой платформы проектирования и сопровождения процессов защиты и сопровождения субъектов и объектов сетевых нематериальных активов / Труды Четырнадцатой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2021), ИПУ РАН, 2021, с.276-286.
- [3] Ботуз С.П. Аппаратно-программный комплекс многоагентного синтеза патентоспособных эргатических систем технического зрения / Секция 2: Методы и инструментальные средства управления инвестиционными проектами и программами / Труды Тринадцатой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2020), ИПУ РАН, 2020, с. 286-297.
- [4] Адамов Ю.Ф. Проектирование систем на кристалле [Электронный ресурс] / Ю.Ф. Адамов. Режим доступа: <http://os.x-pdf.ru/20raznoe/497624-1-proektirovanie-sistem-kristalle-moskva-oglavlenie-oglavlenie-sov.php> (дата обращения: 10.03.2021).
- [5] ASTM F 978-02: Standard test method for characterizing semiconductor deep levels by transient capacitance techniques // Annual Book of ASTM Standards. 2002. Vol. 10.05. P. 489-496.
- [6] AS6171-2018: Test Methods Standard; General Requirements, Suspect/Counterfeit, Electrical, Electronic, and Electromechanical Parts [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/557367151> (дата обращения: 10.03.2021).
- [7] Ботуз С.П., Крылов В.П. Методы и модели радиационно-стойкого проектирования бортовых систем технического зрения / Научно-техн. конф. «Техническое зрение в системах управления – 2021», сб.тез. ИКИ РАН, ИПМ РАН, ГосНИИАС. – М.: ИКИ РАН, 2021, с. 25 – 26.
- [8] Ботуз С.П., Крылов В.П., Пронин Т.Ю. и др. Программный комплекс интеллектуальной системы интерактивного синтеза семантических моделей поискового проектирования и экспертизы радиационно-стойких электронных средств беспилотных космических аппаратов / Ботуз С.П., Крылов В.П., Пронин Т.Ю., Немытова О.А., Летникова М.Н., Догадкин А.В., Назимкин А.Е., Самошкин А.А., Шадрин Д.О. / РОСПАТЕНТ. Свидетельство № 2015617142 от 01.07.2015.
- [9] Крылов В.П., Богачев А.М. Релаксация глубоких центров в транзисторах и интегральных микросхемах / Известия высших учебных заведений. Электроника.

2020. Т. 25. № 6. С. 568-572.

[10] Берман Л.С., Лебедев А.А. Емкостная спектроскопия глубоких центров в полупроводниках. – Л.: Наука, 1981. 176 с.

[11] Солодовников В.В., Бирюков В.Ф., Тумаркин В.И. Принцип сложности в теории управления (о проектировании технически оптимальных систем и проблеме корректности). – М.: Наука, 1977. 377с.

[12] Ботуз С.П. Автоматизация исследования, разработки и патентования позиционных систем программного управления. – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 316с.

[13] Ботуз С.П., Новиков Д.А. Идентификация объектов и субъектов интеллектуальной собственности в сети Internet / Труды II междунар. научн. конф. «Идентификация систем и задачи управления» (SICPRO '03)

28–31 января 2003г. – М.: ИПУ РАН, 2003, – С. 2033 – 2041.

[14] Ботуз С.П. Программный комплекс динамической оптимизации SOC. / РОСПАТЕНТ. Свидетельство № 2025616551 от 18.03.2025. Номер и дата поступления заявки: 2025614524 28.02.2025.

[15] Ботуз С.П. Программный комплекс ИСАПР межсетевых экранов. / РОСПАТЕНТ. Свидетельство № 2025616912 от 21.03.2025. Номер и дата поступления заявки: 2025615249 12.03.2025.

[16] Ботуз С.П. Программный комплекс оценки уязвимости подсистем мониторинга состояния оперативных центров ИЭСуиК. / РОСПАТЕНТ. Свидетельство № 2025618361 от 03.04.2025. Номер и дата поступления заявки: 2025616896 25.03.2025.





## НОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

### Новый уровень дополнительного профессионального образования для специалистов радиоэлектронной промышленности России

Текущий этап развития России и его глобальный контекст предъявляют особые требования к отечественной радиоэлектронной промышленности, разрабатываемым и производимым ею изделиям электронной техники, предназначенным как для гражданских нужд, так и для целей повышения обороноспособности страны. Неслучайно совещание Совета безопасности с участием Президента России Владимира Путина, прошедшее 24 марта 2023 года, было посвящено вопросам развития именно этой отрасли.

Новая Инженерная Школа при создании в 2009 году выбрала в качестве миссии содействие росту глобальной технологической конкурентоспособности и безопасности России путем повышения квалификации разработчиков и конструкторов радиоэлектронного оборудования, а также технологов производств изделий электроники. За прошедшие годы обучение в наших классах прошли несколько тысяч слушателей из более, чем 300 предприятий.

**Новая Инженерная Школа реализует эту миссию, организуя краткосрочные курсы повышения квалификации (16–24 академических часа) по следующим направлениям:**

- ✓ Технологии электромагнитной совместимости;
- ✓ Технологии проектирования и производства электроники;
- ✓ Обеспечение надежности и стойкости радиоэлектронных средств;
- ✓ Космическое радиоаппаратостроение;
- ✓ Стратегическое развитие.

Новая Инженерная Школа – признанный лидер по подготовке кадров в области обеспечения электромагнитной совместимости электронной техники. Кроме проведения курсов повышения квалификации, мы инициировали и 15 лет поддерживаем издание книжной серии «Библиотека ЭМС», а также издаем журнал «Технологии ЭМС» (входит в Перечень рецензируемых научных изданий, утвержденный Высшей аттестационной комиссией).

Основоположниками научной и образовательной деятельности Новой Инженерной Школы являются известнейшие эксперты, профессора и доктора наук – Л.Н.Кечиев (МИЭМ), А.М.Медведев (МАИ), В.И.Бутин (МИФИ). Все преподаватели школы имеют подтвержденный научный, практический и педагогический опыт.

**За годы работы сформировались конкурентные преимущества Новой Инженерной Школы:**

- ✓ Специализация на актуальных научно-технических вопросах разработки электронной техники;
- ✓ Фокус на содействии в решении конкретных профессиональных задач, стоящих перед слушателями;
- ✓ Гибкость форматов организации курсов (офлайн и онлайн, в нашем учебном центре и на предприятии) в зависимости от потребностей организаций-заказчиков и слушателей;
- ✓ Консультативный характер занятий, обеспечивающий не только диалог с преподавателем, но и обмен мнениями между слушателями.

Новая Инженерная Школа проводит курсы повышения квалификации на основе бессрочной лицензии на образовательную деятельность, выданной Департаментом науки и образования города Москвы. Занятия проводятся в собственном учебном центре в Москве в районе м. Ботанический сад.

Сайт: [www.nesch.ru](http://www.nesch.ru)

Телефон: +7 499 504 16 18

E-mail: [info@nesch.ru](mailto:info@nesch.ru)

**КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

**Профессиональное развитие инженеров, технологов,  
разработчиков и конструкторов производственных предприятий  
машиностроения и приборостроения**

**Курсы по направлению «Технологии  
электромагнитной совместимости»**

1. Обеспечение ЭМС изделий современной техники
2. Проектирование печатных плат быстродействующих цифровых систем
3. Экранирование технических средств и экранирующие системы
4. Схемотехнические методы обеспечения ЭМС
5. Разработка высокоскоростных устройств и систем передачи данных
6. Мощный электромагнитный импульс: воздействия на электронные средства и методы защиты
7. Сертификация и испытания по ЭМС
8. Создание испытательной лаборатории ЭМС
9. Практический семинар «Испытания ЭМС»
10. Методы и средства измерений в области ЭМС
11. Методы обеспечения межсистемной ЭМС
12. Защита электронных устройств от воздействия статического электричества
13. Основы обеспечения ЭМС космических аппаратов
14. Сертификация железнодорожной продукции по требованиям ЭМС

**Курсы по направлению  
«Технологии электроники»**

1. Основы электроники
2. Основы аналого-цифровой схемотехники
3. Источники питания
4. Основы устройства ЭКБ
5. Основы технологии производства ЭКБ
6. Приборы СВЧ диапазона. Устройство, средства и методы измерения
7. Прикладная акустика

**Курсы по направлению  
«Стойкость и надежность РЭС»**

1. Обеспечение надежности электронных средств при проектировании
2. Обеспечение радиационной стойкости изделий электронной техники
3. Проектирование комплектов ЗИП
4. Методы автоматизированного моделирования РЭС на механические воздействия
5. Методы автоматизированного моделирования РЭС на тепловые воздействия
6. Методы создания карт рабочих режимов электрорадиоизделий по результатам комплексного моделирования физических процессов в РЭС

**Курсы по направлению  
«Космическое радиоаппаратостроение»**

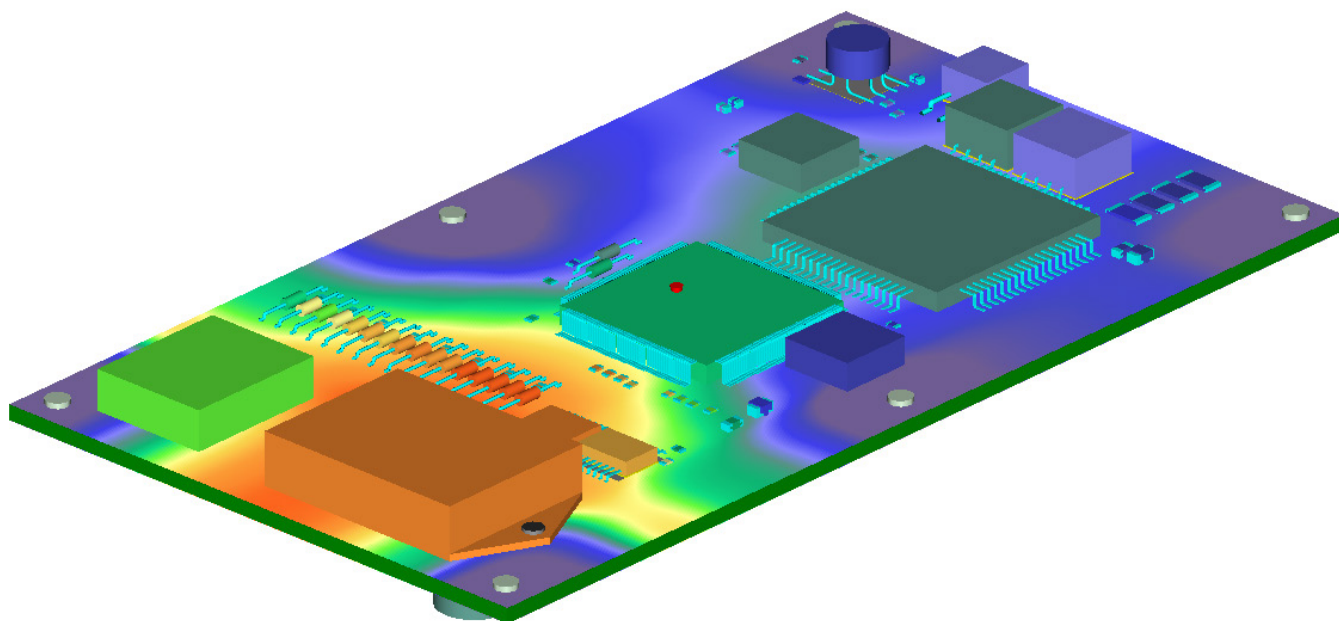
1. Фиксированная спутниковая связь. Принципы проектирования, построение систем и средств
2. Основы современного системного проектирования бортовых радиокомплексов спутниковой связи
3. Технологии спутниковой связи. Рассмотрение и решение типовых задач (практический курс)

**Курсы по направлению  
«Стратегическое развитие»**

1. Разработка стратегии компании, находящейся в стадии трансформации

## **АСОНИКА – наиважнейший инструмент в политике Президента РФ В.В. Путина по достижению технологического суверенитета России в области электроники**

[als@asonika-online.ru](mailto:als@asonika-online.ru)



27.04.2023 на совещании по вопросам развития беспилотной авиации **Владимир Путин** призвал шире внедрять созданные с применением российского программного обеспечения цифровые платформы, которые позволят радикально упростить, ускорить **использование цифровых двойников вместо натуральных испытаний**.

Научный коллектив ООО «НИИ «АСОНИКА», который непрерывно реализует эту задачу уже 44 года, начиная с 1979 года, предлагает российской промышленности готовый и апробированный инструмент для использования цифровых двойников электроники вместо натуральных испытаний согласно [ГОСТ Р 70201-2022 \[1\]](#), а также обучение этому инструменту и услуги по проведению с помощью этого инструмента виртуальных испытаний электроники на внешние воздействия и надёжность:

**1. Автоматизированная система обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА.**

**2. Ускоренное обучение проведению виртуальных испытаний электроники с помощью системы АСОНИКА.**

**3. Платные расчёты (виртуальные испытания) с помощью системы АСОНИКА по заказам предприятий.**

**Рассмотрим более подробно.**



**1. Автоматизированная система обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА** ([www.asonika-online.ru](http://www.asonika-online.ru)) – это единственная уцелевшая со времён СССР система автоматизированного проектирования и виртуальных испытаний электроники, которая сейчас активно развивается и не имеет аналогов как в России, так и за рубежом. АСОНИКА позволяет прогнозировать и предотвращать потенциальные дефекты и отказы электроники, обеспечивать её высокие показатели надёжности в условиях воздействия внешних дестабилизирующих факторов на этапе автоматизированного проектирования при одновременном значительном снижении временных и стоимостных показателей за счёт существенного сокращения количества натурных испытаний.

#### **Рекомендации при выборе подсистем системы АСОНИКА.**

В настоящее время требованиям **национальных стандартов [1 – 30]** соответствует только система АСОНИКА, которая предназначена для анализа и обеспечения стойкости электронной аппаратуры (ЭА) и электронной компонентной базы (ЭКБ) к комплексным тепловым, механическим, электромагнитным воздействиям, усталостной прочности к тепломеханическим воздействиям, создания карт рабочих режимов ЭКБ, анализа показателей надёжности ЭА и создания цифровых двойников ЭА и ЭРИ.

АСОНИКА аттестована Министерством обороны РФ и рекомендуется руководящими документами Министерства обороны РФ для применения в процессе проектирования ЭА и замены испытаний на ранних этапах проектирования (до изготовления опытного образца): <https://asonika-online.ru/certificates/>

АСОНИКА – победитель конкурсного отбора конкурентоспособных отечественных решений, преимущественно на базе «сквозных» цифровых технологий, рекомендуемых к тиражированию в субъектах Российской Федерации, в номинации «Цифровое проектирование и моделирование» по заключению Аналитического Центра при Правительстве РФ в 2020 г.: <https://asonika-online.ru/news/435/>

В соответствии с Приказом Минкомсвязи России № 455 от 22.09.2016 сведения о программном обеспечении АСОНИКА включены в единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. Ссылка на официальном сайте Минкомсвязи России: [https://reestr.digital.gov.ru/reestr/303239/?sphrase\\_id=702856](https://reestr.digital.gov.ru/reestr/303239/?sphrase_id=702856)

В соответствии с **ГОСТ Р 60.0.7.3-2020 [25], ГОСТ Р 70201-2022 [1], ГОСТ Р 70293-2022 [5]** конечной целью виртуальных испытаний является обеспечение требуемых показателей надёжности электронных шкафов, блоков и узлов ЭА в условиях внешних дестабилизирующих воздействий на основе комплексной модели надёжности.

Исходные данные для расчёта надёжности автоматически передаются из карт рабочих режимов (КРР) ЭКБ в соответствии с **ГОСТ Р 70293-2022 [5], ГОСТ Р 70292-2022 [4]** и **ГОСТ Р 71829-2024 [22]**.

Температуры и ускорения ЭРИ автоматически передаются в КРР ЭКБ по результатам моделирования физических процессов в ЭА в соответствии с **ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24]** и **ГОСТ Р 70293-2022 [5]**.

Таким образом, согласно **ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24]** и **ГОСТ Р 70293-2022 [5]**, анализ показателей надёжности включает в себя:

1. Обеспечение стойкости ЭА к внешним воздействиям.
2. Создание КРР ЭКБ.
3. Обеспечение показателей надёжности ЭА с учетом реальных режимов работы ЭКБ.

В расчётах используется база данных ЭКБ и материалов по геометрическим, физико-механическим, усталостным, теплофизическим, электрическим и надёжностным параметрам, соответствующая **ГОСТ Р 60.0.7.5-2020 [27], ГОСТ Р 71794-2024 [20]**.

АСОНИКА имеет в своём составе подсистемы, позволяющие решать следующие задачи:

**1. Обеспечение стойкости электроники к тепловым и механическим воздействиям:**

**Минимальный набор:**

**АСОНИКА-М-3D** – шкафы, блоки, ЭКБ – импорт конструкций шкафов, блоков, ЭКБ из CAD-систем в стандартных форматах STEP, IGES;

*Соответствует ГОСТ Р 70911-2023 [8], ГОСТ Р 70912-2023 [9], ГОСТ Р 70913-2023 [10], ГОСТ Р 70914-2023 [11], ГОСТ Р 70915-2023 [12], ГОСТ Р 70975-2023 [13], ГОСТ Р 71130-2023 [14], ГОСТ Р 71131-2023 [15], ГОСТ Р 71132-2023 [16], ГОСТ Р 71133-2023 [17], ГОСТ Р 71134-2023 [18], ГОСТ Р 71135-2023 [19], ГОСТ Р 71795-2024 [21], ГОСТ Р 71836-2024 [23], ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24], ПНСТ 537-2021 [28], ПНСТ 536-2021 [29], ПНСТ 535-2021 [30].*

**АСОНИКА-ТМ** – печатные узлы – импорт из САПР печатных плат в стандартном формате IDF;

*Соответствует ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24].*

**АСОНИКА-БД** – база данных параметров ЭКБ и материалов, необходимых для моделирования.

*Соответствует ГОСТ Р 60.0.7.5-2020 [27], ГОСТ Р 71794-2024 [20].*

**Дополнительно:**

**АСОНИКА-Т:** тепловой расчёт произвольной конструкции, 3D-модель которой ещё отсутствует. В подсистему входит специализированный графический интерфейс, который позволяет ускоренно создавать тепловую модель.

*Соответствует ГОСТ Р 70913-2023 [10], ГОСТ Р 70915-2023 [12], ГОСТ Р 71131-2023 [15], ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24], ПНСТ 537-2021 [28], ПНСТ 535-2021 [30].*

**АСОНИКА-УСТ:** проводится расчёт усталостной прочности ЭКБ, установленной на печатной плате, при механических и тепловых воздействиях. При этом импортируется уже созданная в АСОНИКА-ТМ конструкция печатного узла.

*Соответствует ГОСТ Р 71836-2024 [23], ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24].*

**АСОНИКА-В:** расчёт и оптимизация системы виброизоляции. В подсистему входит специализированный графический интерфейс, который позволяет ускоренно создавать модель конструкции на виброизоляторах.

*Соответствует ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24], ПНСТ 537-2021 [28], ПНСТ 536-2021 [29].*

**АСОНИКА-М:** расчёт типовой конструкции блока, 3D-модель которой ещё отсутствует, на механические и тепловые воздействия. В подсистему входит специализированный графический интерфейс, который позволяет ускоренно создавать тепловую и механическую модели.

*Соответствует ГОСТ Р 70911-2023 [8], ГОСТ Р 70912-2023 [9], ГОСТ Р 70913-2023 [10], ГОСТ Р 70914-2023 [11], ГОСТ Р 70915-2023 [12], ГОСТ Р 70975-2023 [13], ГОСТ Р 71132-2023 [16], ГОСТ Р 71133-2023 [17], ГОСТ Р 71836-2024 [23], ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24], ПНСТ 537-2021 [28], ПНСТ 536-2021 [29].*

**АСОНИКА-М-ШКАФ:** расчёт типовой конструкции шкафа, 3D-модель которой ещё отсутствует, на механические и тепловые воздействия. В подсистему входит специализированный графический интерфейс, который позволяет ускоренно создавать тепловую и механическую модели.

*Соответствует ГОСТ Р 70911-2023 [8], ГОСТ Р 70912-2023 [9], ГОСТ Р 70913-2023 [10], ГОСТ Р 70914-2023 [11], ГОСТ Р 70915-2023 [12], ГОСТ Р 70975-2023 [13], ГОСТ Р 71132-2023 [16], ГОСТ Р 71133-2023 [17], ГОСТ Р 71836-2024 [23], ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24], ПНСТ 537-2021 [28], ПНСТ 536-2021 [29].*

**АСОНИКА-ИД:** подсистема идентификации физико-механических параметров моделей ЭА и ЭКБ.

**2. Обеспечение стойкости ЭА к электромагнитным воздействиям»:**

**АСОНИКА-ЭМС** – шкафы, блоки, ЭКБ – импорт конструкций шкафов, блоков, ЭКБ из CAD-систем в стандартных форматах STEP, IGES.

*Соответствует ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24], ГОСТ Р 60.0.7.4-2020 [26].*

**3. Создание карт рабочих режимов ЭКБ:**

**АСОНИКА-Р:** исходные данные импортируются из АСОНИКА-БД и АСОНИКА-ТМ.

*Соответствует ГОСТ Р 70292-2022 [4], ГОСТ Р 71829-2024 [22], ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24].*

**4. Обеспечение показателей надёжности ЭА с учетом реальных режимов работы ЭКБ:**

**АСОНИКА-Б:** исходные данные импортируются из АСОНИКА-БД и АСОНИКА-Р.

*Соответствует ГОСТ Р 70293-2022 [3], ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24], ГОСТ Р 60.0.7.3-2020 [25].*

**5. Создание цифрового двойника электроники:**

**АСОНИКА-ЦДЭ:** исходные данные импортируются из всех подсистем системы АСОНИКА.

*Соответствует ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24].*

**2. Ускоренное обучение** проведению виртуальных испытаний электроники с помощью системы АСОНИКА на базе первого и единственного в России **Центра компетенций «АСОНИКА»** в области моделирования и виртуальных испытаний электронной компонентной базы и электронной аппаратуры на внешние воздействия (<http://asonika-online.ru/centr-kompetencij-asonika/>), созданного в г. Владимире в 2018 году, как структурное подразделение ООО «НИИ «АСОНИКА».

**3. Платные расчёты (виртуальные испытания)** по заказам предприятий:

*Согласно ГОСТ Р 70201-2022 [1], ГОСТ Р 70911-2023 [8], ГОСТ Р 70912-2023 [9], ГОСТ Р 70914-2023 [11], ГОСТ Р 70975-2023 [13], ГОСТ Р 71130-2023 [14], ГОСТ Р 71132-2023 [16], ГОСТ Р 71133-2023 [17], ГОСТ Р 71134-2023 [18], ГОСТ Р 71135-2023 [19], ГОСТ Р 71795-2024 [21], ГОСТ Р 71836-2024 [23], ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24], ПНСТ 537-2021 [28], ПНСТ 536-2021 [29]:*

- определение собственных частот;
- на отсутствие резонансных частот в заданном диапазоне частот;
- на воздействие статических нагрузок (гравитации, давления, распределения температур);
- на виброустойчивость и вибропрочность воздействием синусоидальной или случайной широкополосной вибрации;
- на ударную устойчивость и ударную прочность при воздействии одиночного механического удара;
- на ударную устойчивость и ударную прочность при воздействии многократного механического удара;
- на воздействие линейного ускорения;
- на воздействие акустического шума;
- на воздействие синусоидальной вибрации с повышенной амплитудой ускорения (в критических режимах, в том числе невозпроизводимых при натурных испытаниях);
- на воздействие случайной широкополосной вибрации с повышенной спектральной плотностью ускорения (в критических режимах, в том числе невозпроизводимых при натур-



ных испытаниях);

**Согласно ГОСТ Р 70201-2022 [1], ГОСТ Р 70913-2023 [10], ГОСТ Р 70915-2023 [12], ГОСТ Р 71131-2023 [15], ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24], ПНСТ 537-2021 [28], ПНСТ 535-2021 [30]:**

- на воздействие повышенной рабочей температуры среды;
- на воздействие повышенной предельной температуры среды;
- на воздействие пониженной рабочей температуры среды;
- на воздействие пониженной предельной температуры среды;
- на воздействие изменения температуры среды;

**Согласно ГОСТ Р 70201-2022 [1], ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24], ГОСТ Р 60.0.7.4-2020 [26]:**

- Испытание на электромагнитную совместимость (ЭМС);

**Согласно ГОСТ Р 70201-2022 [1], ГОСТ Р 70293-2022 [3], ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24], ГОСТ Р 60.0.7.3-2020 [25]:**

- Испытание на надёжность с учетом тепловых и механических воздействий.

По результатам виртуальных испытаний в системе АСОНИКА создаются карты рабочих режимов ЭКБ согласно **ГОСТ Р 70292-2022 [4]** и **ГОСТ Р 71829-2024 [22]**, а также создаётся электронная модель изделия согласно **ГОСТ Р 60.0.7.2-2020 [24]**.

#### **Перечень используемых национальных стандартов:**

**Разработаны ООО «НИИ «АСОНИКА» в рамках ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники»:**

**1. ГОСТ Р 70201-2022** Системы автоматизированного проектирования электроники. Оптимальное сочетание натуральных и виртуальных испытаний электроники на надежность и внешние воздействующие факторы. Требования и порядок проведения при выполнении технического задания на НИОКР (Утвержден 07 июля 2022 г. Приказ № 579-ст Введен в действие с 01.08.22)

**2. ГОСТ Р 70290-2022** Системы автоматизированного проектирования электроники. Термины и определения (Утвержден 18 августа 2022 г. Приказ № 782-ст Введен в действие с 01.10.22)

**3. ГОСТ Р 70291-2022** Системы автоматизированного проектирования электроники. Состав и структура системы автоматизированного проектирования электронной аппаратуры (Утвержден 18 августа 2022 г. Приказ № 783-ст Введен в действие с 01.10.22)

**4. ГОСТ Р 70292-2022** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема автоматизированного создания карт рабочих режимов электронной компонентной базы (Утвержден 18 августа 2022 г. Приказ № 784-ст Введен в действие с 01.10.22)

**5. ГОСТ Р 70293-2022** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема автоматизированного анализа показателей надежности электронной аппаратуры (Утвержден 18 августа 2022 г. Приказ № 785-ст Введен в действие с 01.10.22)

**6. ГОСТ Р 70607-2022** Системы автоматизированного проектирования электроники. Состав и структура системы автоматизированного проектирования печатных узлов (Утвержден 27 декабря 2022 г. Приказ № 1673-ст Введен в действие с 01.02.23)

**7. ГОСТ Р 70608-2022** Системы автоматизированного проектирования электроники. Состав и структура системы автоматизированного проектирования электронной компонентной базы (Утвержден 27 декабря 2022 г. Приказ № 1674-ст Введен в действие с 01.02.23)

**8. ГОСТ Р 70911-2023** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие одиночного механического удара (Утвержден 06 сентября 2023 г. Приказ № 809-ст Введен в действие с 01.10.23)

**9. ГОСТ Р 70912-2023** Системы автоматизированного проектирования электроники.

Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие акустического шума (Утвержден 06 сентября 2023 г. Приказ № 810-ст Введен в действие с 01.10.23)

**10. ГОСТ Р 70913-2023** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на стационарные тепловые воздействия (Утвержден 06 сентября 2023 г. Приказ № 811-ст Введен в действие с 01.10.23)

**11. ГОСТ Р 70914-2023** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие случайной вибрации (Утвержден 06 сентября 2023 г. Приказ № 812-ст Введен в действие с 01.10.23)

**12. ГОСТ Р 70915-2023** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на нестационарные тепловые воздействия (Утвержден 06 сентября 2023 г. Приказ № 813-ст Введен в действие с 01.10.23)

**13. ГОСТ Р 70975-2023** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие синусоидальной вибрации (Утвержден 05 октября 2023 г. Приказ № 1073-ст Введен в действие с 16.10.23)

**14. ГОСТ Р 71130-2023** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной компонентной базы на воздействие акустического шума (Утвержден 30 ноября 2023 г. Приказ № 1504-ст Введен в действие с 01.01.24)

**15. ГОСТ Р 71131-2023** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной компонентной базы на стационарные тепловые воздействия (Утвержден 30 ноября 2023 г. Приказ № 1505-ст Введен в действие с 01.01.24)

**16. ГОСТ Р 71132-2023** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие статических нагрузок (Утвержден 30 ноября 2023 г. Приказ № 1506-ст Введен в действие с 01.01.24)

**17. ГОСТ Р 71133-2023** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной аппаратуры на воздействие линейного ускорения (Утвержден 30 ноября 2023 г. Приказ № 1507-ст Введен в действие с 01.01.24)

**18. ГОСТ Р 71134-2023** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной компонентной базы на воздействие случайной вибрации (Утвержден 30 ноября 2023 г. Приказ № 1508-ст Введен в действие с 10.12.23)

**19. ГОСТ Р 71135-2023** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной компонентной базы на воздействие многократного механического удара (Утвержден 30 ноября 2023 г. Приказ № 1509-ст Введен в действие с 01.01.24)

**20. ГОСТ Р 71794-2024** Системы автоматизированного проектирования электроники. База данных параметров электронной компонентной базы и материалов. Общие положения (Утвержден 14 ноября 2024 г. Приказ № 1667-ст Введен в действие с 01.01.25)

**21. ГОСТ Р 71795-2024** Системы автоматизированного проектирования электроники. Подсистема виртуальных испытаний электронной компонентной базы на воздействие одиночного механического удара (Утвержден 14 ноября 2024 г. Приказ № 1668-ст Введен в действие с 01.01.25)

**22. ГОСТ Р 71829-2024** Методы создания карт рабочих режимов электронной компонентной базы на основе математического моделирования и виртуализации испытаний электронной компонентной базы и электронной аппаратуры на внешние воздействующие факторы при проектировании (Утвержден 27 ноября 2024 г. Приказ № 1781-ст Введен в действие с 01.01.25)

с 01.12.24)

**23. ГОСТ Р 71836-2024** Методы математического моделирования и виртуализации испытаний электронной компонентной базы и электронной аппаратуры на механические воздействия при проектировании (Утвержден 28 ноября 2024 г. Приказ № 1788-ст Введен в действие с 01.12.24)

**Разработаны ООО «НИИ «АСОНИКА» в рамках ТК 141 «Робототехника»:**

**24. ГОСТ Р 60.0.7.2-2020** Роботы и робототехнические устройства. Технология математического моделирования и виртуализации испытаний базовых элементов робототехнических комплексов на внешние воздействующие факторы на всех этапах жизненного цикла (Утвержден 28 декабря 2020 г. Приказ № 1401-ст Введен в действие с 01.03.21)

**25. ГОСТ Р 60.0.7.3-2020** Роботы и робототехнические устройства. Метод математического моделирования показателей надежности и виртуализации испытаний на надежность базовых элементов робототехнических комплексов при проектировании (Утвержден 28 декабря 2020 г. Приказ № 1402-ст Введен в действие с 01.03.21)

**26. ГОСТ Р 60.0.7.4-2020** Роботы и робототехнические устройства. Методы математического моделирования и виртуализации испытаний базовых элементов робототехнических комплексов на электромагнитные воздействия при проектировании (Утвержден 28 декабря 2020 г. Приказ № 1403-ст Введен в действие с 01.03.21)

**27. ГОСТ Р 60.0.7.5-2020** Роботы и робототехнические устройства. Методы построения баз данных электрорадиоизделий и конструкционных материалов для математического моделирования и виртуализации испытаний базовых элементов робототехнических комплексов на внешние воздействующие факторы на всех этапах жизненного цикла (Утвержден 28 декабря 2020 г. Приказ № 1404-ст Введен в действие с 01.03.21)

**Разработаны ООО «НИИ «АСОНИКА» в рамках ТК 194 «Кибер-физические системы»:**

**28. ПНСТ 537-2021** Умное производство. Технология математического моделирования и виртуализации испытаний изделий на внешние воздействующие факторы на всех этапах жизненного цикла. Общие требования (Утвержден 9 февраля 2021 г. Приказ № 21-пнст Введен в действие с 01.07.21)

**29. ПНСТ 536-2021** Умное производство. Методы математического моделирования и виртуализации испытаний изделий на механические воздействия при проектировании. Общие требования (Утвержден 9 февраля 2021 г. Приказ № 20-пнст Введен в действие с 01.07.21)

**30. ПНСТ 535-2021** Умное производство. Методы математического моделирования и виртуализации испытаний изделий на тепловые воздействия при проектировании. Общие требования (Утвержден 9 февраля 2021 г. Приказ № 19-пнст Введен в действие с 01.07.21)





– Выход следующего номера журнала «САПР электроники» будет осуществлён по мере появления новых реальных результатов в области отечественных САПР электроники.

– Статьи принимаются постоянно.

– Материалы статей в свободной форме направляются по электронной почте [SAPRelektroniki@mail.ru](mailto:SAPRelektroniki@mail.ru)

## ПОДПИСКА

Желающие регулярно получать на свою электронную почту уведомления о выходе очередного номера журнала направляют простое письмо по электронной почте [SAPRelektroniki@mail.ru](mailto:SAPRelektroniki@mail.ru)

Тема письма: Подписка

В тексте письма: Хочу подписаться на журнал «САПР электроники».

Ф.И.О., место работы и должность, электронная почта.

Все номера журнала находятся в свободном доступе на официальном сайте журнала:  
<https://asonika-online.ru/journal/>

Там же размещена более подробная информация о журнале