

Как КНР развивает элементную базу и РЭА в космосе

Андрей Кашкаров

В статье приводится обзор последних достижений китайской аэрокосмической промышленности, а также сравниваются возможности по обеспечению технологического суверенитета в развитии космических программ на примерах некоторых стран.

10 июля наш корреспондент связался с китайским коллегой Цю Юньлуном для сообщения читателям «Современной электроники» интересной информации. В результате неофициального обсуждения темы развития китайских технологий удалось выяснить, что планы Китая в отношении спутникового Интернета поистине не знают границ, а это не может не оказать влияния на мировой интернет-рынок. Пока КНР с условно огромным населением, «спрятанным» компактно на условно небольшой территории и растущей более полувека без сбоев и стагнации экономикой является ключевым рынком для интернет-компаний всего мира, включая российские. Серьёзная конкуренция для известных спутниковых платформ Starlink и OneWeb – уже факт.

Если говорить конкретно, то пуски китайских ракет с выводом спутников в космическое пространство идут с большой интенсивностью постоян-

но, даже когда мы этим не интересуемся. Эти пуски происходят значительно чаще, чем в России, где спутниковое оборудование в космосе обновляется в лучшем случае 5–6 раз в год. Налицо форсированное развитие масштабной программы по усовершенствованию платформы спутниковой связи и наблюдения с кодовым обозначением GW, включающей 12 992 спутника, принадлежащих корпорации China Satellite Network Group Co [5]. График запуска этих спутников держится в секрете, но периодичность запусков ракет-носителей не скроешь – она вполне очевидна.

Так, выходы новых спутников на космические орбиты успешно состоялись 31 марта, 16 апреля, 17 мая, 20 июня и 9 июля в центре запуска спутников Цзюцюань на северо-западе Поднебесной, на краю пустыни Бадын-Джаран в низовьях реки Хэйхэ. Космодромы в КНР вообще представляют собой базы как наземного (меньшинство), так и шахтного исполнения. Тот же наземный космодром Цзюцюань известен тем, что 16 апреля способствовал запуску с ракетой-носителем Long March-4B («Чанчжэн-4В») новейшего метеорологического спутника Fengyun-3 07. Это был 471-й полёт ракет-носителей серии «Чанчжэн» [3].

На протяжении нескольких лет периодичность запусков «мирных» ракет с двух космодромов КНР находится на уровне примерно одного раза в месяц. В основном на орбиту выводятся непилотируемые космические объекты обеспечения высокоскоростной технологии спутникового Интернета, однако есть и спутники военно-разведывательного назначения. Как правило, в качестве носителей используются ракеты базовой модели «Чанчжэн-2С» с модификацией Long March 2С и другие. Эта серия хорошо зарекомендовала себя на практике, и два дня назад состоялся

478-й запуск таких ракет. Иллюстрация первых секунд запуска ракеты-носителя представлена на рис. 1.

Что касается космодрома Тайюань в провинции Шаньси на севере Китая, он связан с ракетами шахтного базирования, которые до сих пор в США и Китае стоят на вооружении (в России МБР шахтного базирования, как и БЖРК – боевой железнодорожный ракетный комплекс, – расформированы почти 20 лет назад, хотя есть планы по их восстановлению) [2]. С помощью шахтных китайских ракет-носителей типа «Чанчжэн-6» отправляют на космическую орбиту экспериментальные спутники типа Shiyan-25. Неофициальное название в переводе на русский – «Демонстратор космических интернет-технологий». Для «Чанчжэн-6» это был 11-й успешный запуск. А в целом на заданную орбиту спутники доставляют ракеты относительно нового поколения, работающие на смеси керосина и жидкого кислорода, причём «Чанчжэн-6» является уже 477-й разработкой из серии ракет-носителей с говорящим названием «Великий поход». Куда они идут, одному провидению известно, но идут быстро.

Китайской академией космических технологий (China Academy of Space Technology) запланировано много разных экспериментов с технологиями наблюдения Земли для решения современных экологических проблем, таких как климатический кризис или, к примеру, дистанционное зондирование, обнаружение и диагностика целей, картографирование и сельскохозяйственные приложения, съёмка земельных ресурсов, городское планирование, предотвращение и смягчение последствий стихийных бедствий и то, о чём не говорят открыто. Очевидно, что речь идёт о мощных радиолокационных системах, основанных на технологиях с применением новейшей РЭА. Это то, чего недоставало России вчера и недостаёт сегодня.

Китайская компания BeiDou начала предоставлять полномасштабные глобальные услуги 31 июля 2020 года, с тех пор за три года на орбиту выведено 56 спутников. Это к слову о разви-

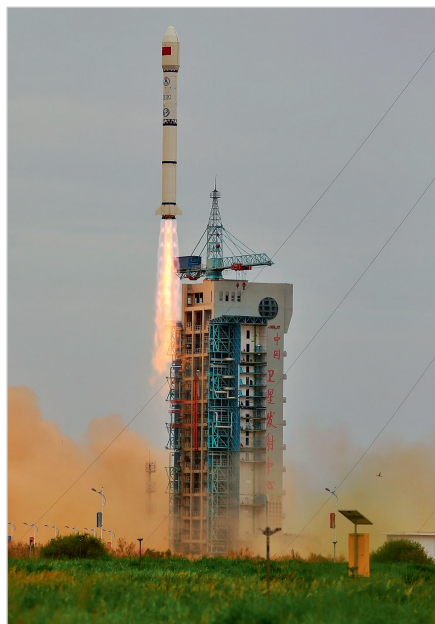


Рис. 1. Иллюстрация первых секунд запуска ракеты-носителя Long March 2С

тии отрасли в КНР. Космодром Сичан в провинции Сычуань на юго-западе Китая 17 мая отметил тем, что способствовал запуску 56-го по счету геосинхронного спутника китайской навигационной спутниковой системы BeiDou (BDS) в подсистеме BDS-3. В июне в КНР состоялась 13-я Конференция по спутниковой навигации, из пресс-релиза которой можно узнать о планах «китайских товарищей» отправлять от 1 до 3 резервных спутников BDS в год для повышения стабильности и функционала группировки. Навигационной спутниковой системой BeiDou оснащён и пилотируемый космический корабль «Шэньчжоу-16», притом что китайская космическая станция (CSS) относительно недавно вступила в долгосрочную эксплуатацию, и уже есть значительные результаты.

Люди и грузы

Пока в провинции Цзянси на востоке Китая, одном из основных рисопродуцирующих районов страны, фермеры только вступают в сезон сбора урожая, с космодрома Цзюцюань стартовал пилотируемый космический корабль «Шэньчжоу-16» на ракете «Великий поход-2F» с тремя тайконавтами (как их называют китайские партнёры) на борту: Цзин Хайпэн (командир миссии), инженером и пилотом Чжу Янчжу и вторым инженером – экспертом по полезной нагрузке Гуй Хайчао. Миссия рассчитана на 5 месяцев жизни на CSS с возвращением на Землю. Для этого пилотируемого космического корабля «Шэньчжоу-16» уже сделано более 100 технических улучшений и обновлений.

Есть новости и для доставки в космос грузов относительно большего веса. Ракета-носитель «Чанчжэн-7» (седьмой успешный запуск Long March 7-Y7 с первого полета в 2016 году) с космодрома Вэньчан отправила грузовой корабль «Тяньчжоу-6» (Tianzhou-6) на действующую китайскую космическую станцию на орбите около 400 км над Землей. Это условно низкая околоземная орбита и версия грузового космического корабля с увеличенной (на 0,5 т) грузоподъемностью [5].

Главные шаги по модернизации космических кораблей – средств доставки грузов в космос касаются совершенствования энергетических систем с помощью новейших разработок РЭА особого класса надёжности, в том чис-

ле с защитой корпусов РЭА от детонаций (вибраций), деформаций, рентгеновского и иного радиационного излучения (в том числе лазерного спектра), а также повышения общей надежности и безопасности для человека.

Индекс надёжности ракеты «Чанчжэн-2F Y-16» достиг 0,9896, что является самым высоким показателем на сегодняшний день. Космический корабль «Шэньчжоу-17» является средством повышенной готовности: готов к отправке в космос в случае возникновения чрезвычайной ситуации и находится «на постоянном дежурстве»; для приведения его систем в полную готовность необходимо всего 30 секунд.

О других китайских современных разработках, перспективах и некоторых характеристиках ракет-носителей можно прочитать в [6, 8].

Турция, Кения и другие

Пример уменьшения зависимости собственных разработок от комплектующих и производства в других странах демонстрирует в том числе Турция и Кения. 15 апреля 2023 года Турция (правда, с космодрома Калифорнии, США) при участии компании Space X с помощью ракеты-носителя Falcon 9 запустила первый спутник наблюдения Земли с высоким разрешением IMECE, полностью разработанный и изготовленный в Турции. В команде разработчиков Совета по научным и технологическим исследованиям Турции (TUBITAK) чуть более 200 человек, работы по созданию спутникового оборудования весом в 700 кг в Турции велись 5 лет. Электронная оптическая камера с возможностью охвата поля съёмки в 16 км², солнечные панели, элементы РЭА и даже программное обеспечение – всё на 90% производится внутри страны. Спутник предназначен для вращения вокруг планеты Земля на высоте более 680 км. Таким образом, уменьшить зависимость спутниковых технологий от зарубежных источников вполне реально, и этот пример может заинтересовать производителей РЭА в России.

Исследование космоса даже в Африке подтверждается тем, что на рынок спутников 14 апреля почти самостоятельно вышла и Кения со спутником «Тайфа-1» (Taifa-1). С языка суахили название переводится как «нация». В числе разработчиков Космического агентства Кении 9 инженеров, а старт ракеты полной тяги SpaceX Falcon-9

состоялся с космодрома 4E (SLC-4E) на базе космических сил Ванденберг, США. Спутник стоимостью \$372 тыс. разработан также с помощью болгарской аэрокосмической компании Endurosat, и позволяет захватывать и передавать в реальном времени изображения, которые помогут реагировать на климатические катаклизмы.

Кстати, Египет стал первой африканской страной, отправившей спутник в космос в 1998 году, а затем в 2018 году Кения запустила первый экспериментальный наноспутник с Международной космической станции. По данным Space in Africa (Нигерия), отслеживающей ход космических программ на континенте, на сегодня уже 15 африканских стран произвели 50 спутников разного назначения для работы в космосе. Правда, все они были запущены со станции, находящейся в космосе, а не с Земли – до 14 апреля 2023 года, когда спутник Кении доставили на орбиту именно с Земли. Совершенно понятно, что Кения теперь строит на своей территории и собственный космодром.

Почему Китай?

Посмотрим на топ-5 стран и кратко проанализируем, как развиваются их космические программы. Для этого надо договориться о смыслах и выбрать критерии: на что ориентироваться в сравнении и в какой временной промежуток. Если исследовать простым анализом трёхлетний период и говорить в качестве критериев об общем количестве запусков, количестве запущенных в космос объектов: спутников, зондов, посадочных модулей, космических кораблей с экипажем и др. и бюджете, выделяемом правительством, КНР показывает выдающиеся результаты, и выше мы постарались их представить и обосновать. Однако даже Франция вкладывает миллиарды в производство космических кораблей «Ариан» для запуска Европейским космическим агентством. Как следует из графика, представленного на рис. 2, лидируют по-прежнему США, за ними – КНР [1, 7].

В определённом ракурсе заслуживают внимания Космические силы США (USSF) – это подразделение вооружённых сил под эгидой военного ведомства. Их деятельность – защита интересов государства в космическом пространстве: разведка, противоспутниковая деятельность и др. В частно-

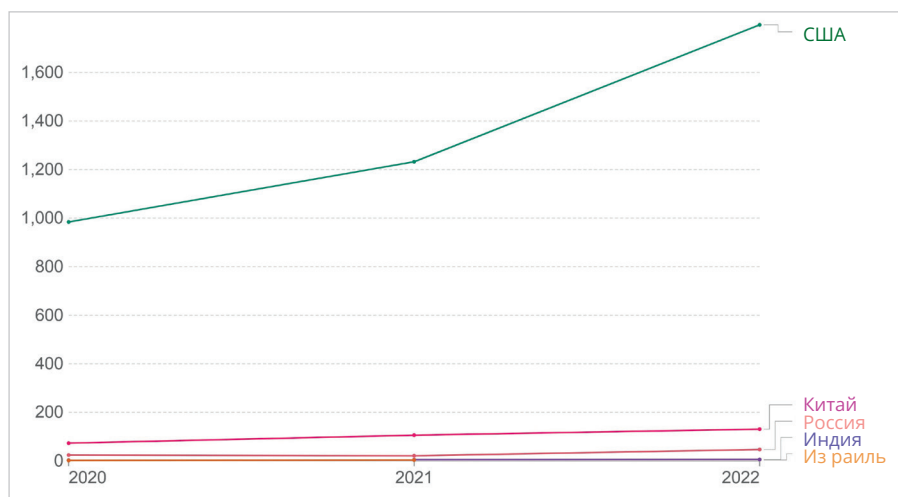


Рис. 2. Ежегодное количество объектов, запускаемых в космос

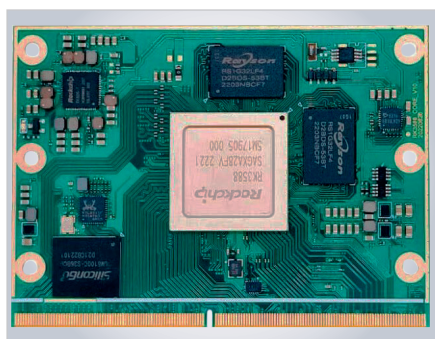


Рис. 3. Иллюстрация одноплатного компьютера, применяемого в космических аппаратах производства КНР

сти, США, обладая передовыми спутниковыми технологиями на основе надёжной РЭА, имеют огромную группировку спутников в космосе и могут поставлять информацию заинтересованным странам. США фактически осуществляет больше всего удачных пусков ракет-носителей, но там и бюджет программы космических исследований NASA \$24 млрд, а также ещё больший бюджет USSF. Поэтому удобнее пока сравнивать Россию и Китай. У российских специалистов космической отрасли с 2020 по 2022 год случилось всего 58 запусков космических объектов и 92 выведенных на орбиту спутника при бюджете в \$3,4 млрд. В планах отечественных кураторов отрасли отказ от МКС и поход по китайскому пути с созданием собственной модульно-блочной орбитальной станции с говорящим названием, конечно же, РОС. Такая концепция утверждена президентом России 12 апреля 2023 года, а первые результаты ожидаются при благоприятных обстоятельствах не ранее 2030 года.

За тот же период (2020–2022) КНР произвела 149 успешных запусков с

310 выведенными в космос объектами. Бюджет исследований ровно в 2 раза меньше американского – \$12 млрд, при этом важна эффективность и динамика развития программ: в 2021 году КНР произвела 52 пуска, против 48 у США [3]. Такими темпами надо ждать в краткосрочной перспективе выхода «китайских товарищей» на первое место.

Из истории известно, как китайцы в 1966 году запустили ракету Т7-А с двумя мышами на борту, а спустя несколько месяцев, 14 и 28 июля 1966 года, – двух собак Сяо Бао и Шаньшань (в ответ на Белку и Стрелку).

В начале 90-х годов, после распада СССР, украинское предприятие «Южмаш» помогло организовать выпуск ракетных двигателей на основе советских РД-120, а в 1993 году в стране создано Национальное управление по исследованию космического пространства на базе Министерства обороны; так дан старт космической программе. CNSA (Китайское национальное космическое управление) и CASC (Китайская космическая корпорация) совместно развивают с тех пор космическую отрасль. В 2003 году появилась программа пилотируемых полетов «Шэньчжоу» (Проект 921), и за две декады лет (потрясающие в динамике результаты с учётом истории развития во времени космической отрасли) КНР превзошла достижения СССР. Притом что космический корабль «Шэньчжоу-5» – конструктивная копия советского «Союза» с тремя модулями: отсек с приборами, спускаемый аппарат и «бытовка».

Сегодня китайские разработчики активно используют одноплатные компьютеры крайне малого форм-

фактора, в основе которых многоядерные процессоры RK3588, Cortex-A76, Cortex-A55. К примеру, микроконтроллеры Renesas RA6M4 Cortex-M33 с нейронными процессорами принятия решений Syntiant NDP120, комбинированным модулем Renesas (ранее Dialog Semi) DA16600 с 6-осевым инерциальным измерительным блоком (IMU) типа ICM42671. Микроконтроллер Renesas RA6M4 Arm Cortex-M33 с довольно специфическим относительно системы датчиков назначением, рабочей частотой 200 МГц имеет память 1 Мбайт, ускоритель машинного обучения Syntiant NDP120 Neural Engine на базе Syntiant Core 2 Deep Neural Network, Arm Cortex M0 и HiFi 3 DSP, а также хранилище данных 16 Мбит SPI NOR Flash. Имеет разъём расширения – 2x28-контактный межплатный разъём для платы ввода-вывода. Работа с платой осуществляется посредством Renesas e2 Studio IDE и встроенного микроконтроллера отладчика E2OV на плате ввода-вывода. Внешний вид одноплатного компьютера представлен на рис. 3.

Навигационный спутник XPNAV-1 (2016 г.) реализует инновационный на тот момент принцип измерения на основе рентгеновского излучения пульсаров с целью точного определения расположения космического корабля в зависимости от сигналов космических объектов. Об этой системе принципа коллиматорного детектирования много спорят, однако он продолжает совершенствоваться, а программу не сворачивают. С учётом того, что китайские товарищи ничего не делают просто так, об этом стоит задуматься. Принцип коллиматорного детектирования представлен иллюстрацией на рис. 4.

И это только некоторые особенности китайского космического чуда. Для спутника использовали новейшие технологии в области электроники, защищённую от агрессивных воздействий компонентную базу промышленного уровня. Под руководством главного конструктора аппарата Сюэ Лидзюнь и под эгидой предприятия изготовителя Шэньчжэньской аэрокосмической компании «Дунфанхун» цикл изготовления занял всего 10 месяцев, что объясняется применением «короткого цикла» проектирования, производства и испытания спутника [4].

Спутник ориентирован по трём осям. Система ориентации позволяет пози-

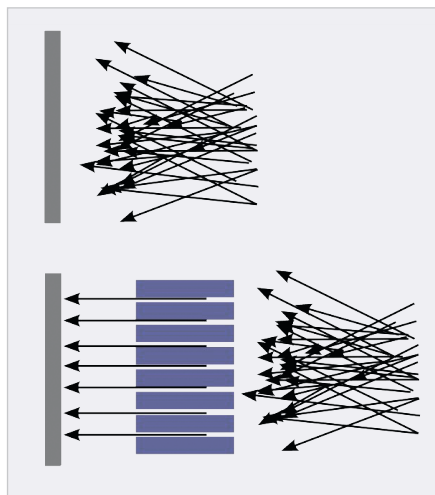


Рис. 4. Иллюстрация принципа коллиматорного детектирования

ционировать приборы с точностью до двух угловых минут и удерживать их в такой ориентации до полутора часов. Система питания спутника, рассчитанного на 1 год эксплуатации, основана на солнечной батарее, состоящей из двух секций. Конструкция аппарата представляет собой параллелепипед массой 243 кг, где установлены 2 рентгеновских детектора. Первый – НТРС (High Time Resolution Photon Counter) коллиматорного типа ограничивает поле зрения всего двумя градусами. Разрешение по времени 100 нс, диапазон энергетического воздействия (мощности) от 1 до 10 кэВ. Второй детектор – ТSXS (Time-Resolved Soft X-Ray Spectrometer) с фокусирующей системой косоугольного падения с рентгеновскими зеркалами диаметром 17 см обеспечивает разрешение по времени 1,5 мкс в диапазоне энергетического воздействия от 0,5 до 10 кэВ [9]. Главная цель эксперимента, оправдывающая метод позиционирования, достигнута, о чём можно прочитать в [9].

Прогнозы завтрашнего дня

Китайцы активно реализуют и «лунную программу», планируют к 2030 году переместить тайконавтов на Луну, делать это регулярно и доставлять их обратно на Землю. Китайские разработчики РЭА и ученые достигли результатов и в других направлениях, связанных с космосом. Исследователями Национальной астрономической обсерватории Академии наук Китая внедрена инновационная схема статистических измерений как метод выявления природы образования объектов галактик Вселенной. Используя одномерное измерение спектра мощности



Рис. 5. Транспортный корабль нового поколения (Россия)

зонда и сигнала 21 см длины волны, радиотелескоп Square Kilometer Array сможет одновременно выявить новые свойства образований, небесных тел и даже галактик во Вселенной. Всё это, безусловно, требует уточнения, однако даже анонс заслуживает внимания: как шаг к пониманию процессов эволюции Вселенной, следовательно, и валидных прогнозов будущего.

К слову, «Чанчжэн-6» – двухступенчатая ракета-носитель на жидком топливе (жидкий кислород и керосин), предназначенная в основном для запусков на околоземные и солнечно-синхронные орбиты. В анонсах прошлого года её испытания ожидалось не ранее декабря 2023 года, однако она введена в действие с явным опережением графика, и даже за первые полгода условно планового периода уже осуществлено несколько успешных запусков. В КНР, кроме прочего, предлагают мировому сообществу, в частности России, совместное использование китайских ракет: будущее сотрудничество позиционируется как «новая недорогая модель с высоким функционалом и спросом». Таким образом, речь идёт о дальнейшем развитии и бизнесе, в том числе в космосе. Но тут важно вспомнить недавний европейский и иной международный опыт. Если геополитические отношения между странами ухудшаются, то многие возможности сотрудничества будут снова закрыты, и придётся думать об импортозамещении. Поэтому, конечно же, лучше развивать собственное конкурентоспособное производство и предлагать в аренду другим. Однако, как показывают события последних лет, КНР значительно быстрее осваивает космическую область и связанный с ней рынок оборудования на основе современной и стойкой к условно агрессивному воздействию элементной базы.

А пока Россия с помощью «Сахалинской энергии» (совладельцы – «Газпром», Mitsui и Mitsubishi), а также «Ямал СПГ» («НОВАТЭК», TotalEnergies, китайские CNPC и SRF) в КНР «гонит» только дерево и газ, по итогам января выйдя на первое место среди иных стран. Поставки газа по магистрали «Сила Сибири» превысили 2 млрд куб. м газа, сообщила 20 марта китайская таможня. Только в январе 2023 года КНР импортировала 5,210 млн тонн СПГ, что на 7% больше, чем в январе 2022 г. (4,864 млн т). Весь 2022 год покупки снижались по отношению к тем же месяцам прошлого года: средняя динамика – минус 22%, в интервале от 7% до 35%. Однако с конца прошлого года сотрудничеству придан новый импульс. Хорошо бы ещё ощутить его в космической сфере и в целом в улучшении взаимосвязей и технологий производства РЭА.

Выводы

Определённые достижения в Отечестве тоже есть, не без этого. Анонсированный ещё в 2014 году и показанный на выставке перспективный транспортный корабль нового поколения, разработанный специалистами «Энергии» от Роскосмоса, – универсальный пилотируемый многоэтажный космический модуль с экипажем до 4 человек – может стать элементом лунно-посадочного экспедиционного комплекса для высадки на Луну (рис. 5).

Однако скоро наступит 2024 год. За 10 лет мы пока не имеем соответствующих не выставочных, а действительно космических результатов, то есть фактов реализации программы. В то время как в КНР согласно представленному обзору и с учётом развития технологий они есть. На примере динамичного развития космической отрасли КНР мы показали, что сегодня сложилась уникальная ситуация

для отечественного производства РЭА и развития в том числе космической отрасли: с российского рынка ушли крупнейшие интеграторы и вендоры автоматизированных решений для управления производством. Решаются вопросы с совершенствованием технологий и комплексным управлением логистикой в FMCG, нефтехимической отрасли крупного машиностроения и высокотехнологичном секторе ВПК, включая Роскосмос. На каком завтра мы будем месте в условном рейтинге цивилизованных и технологично-развитых стран, покажет время.

Литература

1. Ежегодное количество объектов, запускаемых в космос // URL: <https://ourworldindata.org/grapher/yearly-number-of-objects-launched-into-outer-space?time=2020..latest&country=USA~RUS~CHN~IND~ISR>.

2. *Кашкаров А.П.* Ядерный щит России. М.: Солон-Пресс. 2016. 124 с.
3. Кто сейчас самый сильный в космосе, или Космическая гонка // URL: <https://habr.com/ru/companies/first/articles/742678/>.
4. *Лисов И.* Китай осваивает навигацию по пульсарам // Новости космонавтики: журнал. ФГУП ЦНИИмаш. 2017. Январь (т. 27, № 1 (408)). С. 33–37.
5. 2023: Китай вывел на орбиту спутник для испытаний интернет-технологий // URL: <https://www.tadviser.ru/a/745045>.
6. CGTN: Китай запустил новый метеорологический спутник на ракете Long March-4B // URL: <https://news.cgtn.com/news/2023-04-16/China-launches-new-meteorological-satellite-atop-Long-March-4B-rocket-1j2MiV9XZNM/index.html>.

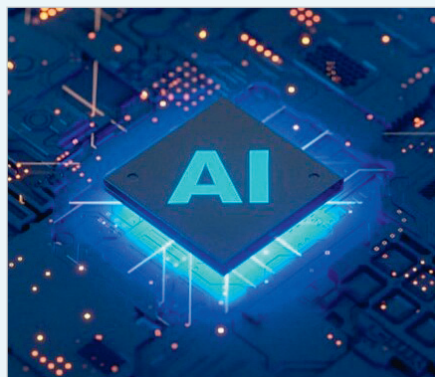
7. Global Orbital Rocket Launch Statistics. Общее количество успешных запусков в космосе за 2023 год // URL: <https://www.rocketlaunch.live/stats/2023>.
8. Sharing Rockets: China opens first auction for Long March «carpooling» // URL: <https://news.cgtn.com/news/2023-07-10/China-bids-first-auction-of-Long-March-carpooling-launch-opportunity-1jXuzrjCnu/index.html>.
9. *Xinyuan Zhang, Ping Shuai, Liangwei Huang, Shaolong Chen, Lihong Xu.* Mission Overview and Initial Observation Results of the X-Ray Pulsar Navigation-I Satellite (англ.) // International Journal of Aerospace Engineering. 2017. 7 July (vol. 2017). 

НОВОСТИ МИРА

В США опубликован исполнительный указ о безопасном ИИ

Белый дом опубликовал в понедельник исполнительный указ о безопасных, защищённых и надёжных технологиях искусственного интеллекта (ИИ).

В документе декларируется цель обеспечить лидерство Соединённых Штатов в области управления рисками, связанными с ИИ-технологиями. Учитываются результаты переговоров американской администрации с ведущими разработчиками в данной области.



В общей сложности указ определяет восемь мер, которые необходимо предпринять в данной сфере:

- создать новые стандарты ИИ-безопасности (в частности, потребовать от разработчиков наиболее производительных ИИ-систем передавать данные о результатах испытаний на безопасность и другую важную информацию о подобных системах правительству);
- сохранить тайну личной жизни американцев (президент США призвал Конгресс принять законопроект о конфи-

денциальности данных для защиты всех американцев и особенно детей);

- продвигать равенство и гражданские права (бороться с дискриминацией со стороны алгоритмов);
- защищать потребителей, пациентов и студентов (продвигать ответственное применение ИИ-технологий);
- поддерживать рабочих (подготовить отчёт о потенциальном воздействии ИИ на рынок труда);
- продвигать инновации и конкуренцию (задействовать имеющиеся полномочия для расширения возможностей высококвалифицированных иммигрантов и иностранцев с опытом работы в критически важных сферах учиться, находиться и трудиться в Соединённых Штатах);
- способствовать лидерству США за границей (ускорить развитие и внедрение жизненно необходимых ИИ-стандартов с иностранными партнёрами);
- обеспечить ответственное и эффективное применение ИИ правительством (издать руководства для агентств по использованию ИИ).

В мае, напомним, администрация США провела встречу с разработчиками ИИ-систем и призвала их к осторожности.

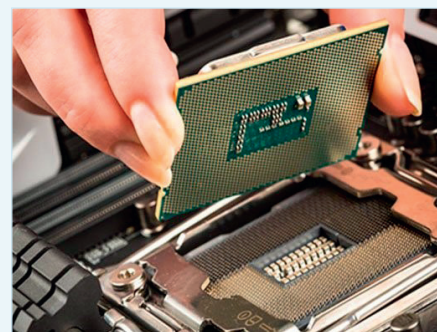
industry-hunter.com

«Ростех» планирует создать процессор «Эльбрус-Б» на 60-нм техпроцессе

Как уточняется, в рамках проекта с названием «Эльбрус-Б» предполагается разработка нового процессора с высокопроизводительными вычислитель-

ными ядрами, который смогут выпускать российские предприятия, не имеющие передовых в этой отрасли технологий. Речь о техпроцессе 60-нм и выше, а стоимость данного проекта докладчиками оценивается примерно в 30 млрд рублей со сроками исполнения в течение трёх лет.

Здесь необходимо отметить, что 60-нанометровые чипы в мире начали выпускать ещё в середине 2000-х годов: американская Intel в 2005 году освоила технологические нормы 65-нм, на которые полностью перешла в 2006-м, а на сегодняшний день лидером в этой области является тайваньский контрактный производитель полупроводников TSMC, который уже внедрил на своих фабриках 3-нм техпроцесс и массово выпускает данные чипы для Apple.



Также отмечается, что программа по созданию 60-нанометрового отечественного процессора с именем «Эльбрус-Б» является личным предложением Бабаяна-младшего и никак не связана с компанией МЦСТ, которая и ведёт разработку процессоров семейства «Эльбрус».

techcult.ru