

**Центр макроэкономического анализа и краткосрочного
прогнозирования**

Тел.: 8-499-129-17-22, факс: 8-499-129-09-22, e-mail: mail@forecast.ru

Мониторинг и анализ технологического развития России и мира.

№ 33, 1 кв. 2023 г.



Май 2023

В данной работе используются результаты проекта ТЗ-148, выполняемого в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2023 г.

Содержание

1. Технологические тренды в России
 - I. Технологический радар России
 - II. Мониторинг технологического развития в России

2. Технологические тренды в мире
 - I. Мировой технологический радар
 - II. Мониторинг технологического развития в мире

3. Тема номера: «Сверхтяжёлые ракеты-носители»

1. Технологические тренды в России

1.1.1. Технологический радар России



1.2.1. Мониторинг технологического развития в России: энергетика

Атомная энергетика

- На энергоблоке № 2 Ростовской АЭС (ГК «Росатом») начался второй цикл эксплуатации тепловыделяющих элементов топлива нового поколения безопасности ATF (Advanced Technology Fuel - ядерное топливо, устойчивое к нештатным ситуациям на АЭС, так называемое «толерантное» топливо). Предполагается, что даже в случае потери теплоносителя и нарушения отвода тепла в активной зоне реактора топливо ATF должно в течение достаточно длительного времени сохранять целостность и, таким образом, либо полностью исключить, либо значительно замедлить развитие пароциркониевой реакции, способной привести к разрушению реактора. Внедрение противоаварийного топлива должно обеспечить вывод безопасности и надежности атомной энергетики на качественно новый уровень.
- Специалисты ВНИИНМ им. А.А. Бочвара (ГК «Росатом») разработали технологию производства двухслойной тонкостенной трубы для топливных элементов (ТВЭЛОВ) с уран-плутониевым СНУП-топливом, которая превосходит монолитные изделия по коррозионной стойкости и жаропрочности. Такие трубы могут быть использованы в качестве оболочек ТВЭЛОВ реактора со свинцовым теплоносителем типа БРЕСТ, а также в качестве материала ячеек дистанционирующей решетки в активной зоне таких реакторных установок. Это будет способствовать повышению глубины выгорания СНУП-топлива и росту экономической эффективности реакторов.

Тепловая энергетика

- ГК «Ростех» изготовила и передала для ТЭС «Ударная» в Краснодарском крае первую серийную газовую турбину большой мощности ГТД-110М. Это первая «большая» отечественная турбина, которая вышла на стадию серийного производства.

1.2.2. Мониторинг технологического развития в России: авиация и космонавтика

Космические технологии

- В Самарском национальном исследовательском университете им. Королёва разработали систему управления космическим кораблем с помощью солнечного паруса со специальными участками с изменяемой отражательной способностью. Такая система позволит космическому кораблю и разогнаться, и маневрировать с помощью такого паруса. Это должно обеспечить экономию топлива за счет минимального задействования ресурсов основных двигателей. Согласно расчетам, космический корабль с солнечным парусом площадью 200 м² может достичь Марса примерно за 250 суток.
- ГК «Роскосмос» сообщила об успешном испытании ракетного двигателя СПД-70М, в котором используется инертный газ криптон. В основном для электроплазменных двигателей используется другой газ, ксенон. Криптон в 5-10 раз дешевле ксенона. Двигатель СПД-70М, работающий на криптоне, предполагается использовать в космических аппаратах проекта «Сфера» (космическая система связи, интернета и дистанционного зондирования Земли).

Авиационная техника

- Институт авиационного приборостроения «Навигатор» сообщил об успешном проведении наземных и лётных испытаний первой в России системы предупреждения столкновения в воздухе, предназначенной для установки на гражданские воздушные суда. Система предупреждает самолёты, подавая сигнал автопилоту для уклонения от столкновения. У нее имеется возможность наблюдения за воздушной обстановкой как в пассивном режиме, так и с помощью активной антенны, которая передает информацию другим самолётам о своём местонахождении. Установка такой системы на российские самолеты позволит отказаться от импортных аналогов.

1.2.3. Мониторинг технологического развития в России: транспорт

Электротранспорт

- Ученые ИТМО и компания «Яблочков» создали первую в России систему беспроводной зарядки электротранспорта (от электромобиля до электробуса). Принцип действия системы основан на методе магнитной резонансной связи передатчика и приёмника. Опытный образец обеспечивает передачу мощности 11 кВт на расстояние до 300 мм с эффективностью 95%. Система поддерживает международный стандарт беспроводной зарядки электромобилей SAE J2954, может устанавливаться в местах, неудобных для использования проводов и коннекторов (остановки общественного транспорта, паркинги и т.д.).
- Инжиниринговая компания «Априорные решения машин» (АРМ, г. Москва, резидент «Сколково») разработала первый отечественный электродвигатель с тяговыми характеристиками, подходящими для тракторной и складской техники. Мощность двигателя составляет 6,5 кВт, при этом планируется разработка линейки двигателей мощностью от 3,9 до 15 кВт. В основе разработки - вентильно-индукторный двигатель, который считается одним из самых надежных и бюджетных. Новый электродвигатель позволит заместить импортные аналоги: текущий уровень локализации составляет 95%, но в перспективе планируется 100%. Он может применяться в промышленных и сельскохозяйственных тракторах, а также в электропогрузчиках и другой складской технике, в малой коммунальной технике, электроквадроциклах, промышленных электротележках.

1.2.4. Мониторинг технологического развития в России: роботы и беспилотники

БПЛА

- В России (в открытых источниках не указывается предприятие-разработчик) создан транспортный беспилотник самолетного типа ТрАМП (транспортная авиационная многофункциональная платформа). ТрАМП способен перебросить до 250 килограммов груза на расстояние свыше 600 км. Особенность машины - грузовой отсек объемом 2650 л, который позволяет загружать на борт габаритный груз, а также беспосадочно сбрасывать его с парашютом в заданную точку. Крейсерская скорость аппарата составляет 195 км/ч, потолок — 3 км. Дрон может использоваться для выполнения опасных для пилотируемых воздушных судов задач, а также для мониторинга обширных площадей, в сельском хозяйстве и т.д.
- НИИ многопроцессорных вычислительных систем Южного федерального университета разработал модульную видеосистему раннего обнаружения и идентификации БПЛА. Для работы системы используются обычные и тепловизионные камеры. При этом специальные алгоритмы обрабатывают полученные с них изображения, улучшая качество, выделяя контрастные объекты и искомые цели. Система может использоваться для охраны АЭС, промышленных объектов и критически значимой инфраструктуры.

Роботы

- В Центре компетенций НТИ по направлению «Технологии компонентов робототехники и мехатроники» на базе Университета Иннополис создана система «Аватар», которая предназначена для дистанционного управления промышленными роботами. Экзоскелет, подключенный к роботизированному манипулятору через компьютер, выполняет роль пульта дистанционного управления промышленным роботом. Сейчас передача данных между «Аватаром» и роботом происходит по Wi-Fi, но в будущем система будет работать на любом удалении робота от оператора. Это, в частности, позволит дистанционно управлять роботами на опасных объектах.

1.2.5. Мониторинг технологического развития в России: ИКТ

Квантовые технологии

- Учёные МФТИ запустили первую в России квантовую нейросеть. Разработчики создали работающий алгоритм квантового обучения в цепочке сверхпроводящих кубитов, применив к цепочке из четырех кубитов алгоритм глубокого машинного обучения. Это позволило добиться распознавания рукописного текста, а также решить три различные задачи классификации: определение четности, обнаружение меток рака молочной железы и определение марки вина. Разработка показала, что квантовые вычислители (точнее, симуляторы) вполне способны создавать обучаемые нейросети и выполнять соответствующие алгоритмы, что создает основу для дальнейшего прогресса в сфере машинного обучения.

Искусственный интеллект

- Компания Sitemma запустила аналог чат-бота ChatGPT на русском языке. На данный момент модель искусственного интеллекта SitemmaGPT доступна для тестирования корпоративными пользователями, так как изначально предназначена для интеграции в рабочие процессы коммерческих и государственных структур. SitemmaGPT работает на российских серверах и адаптирована для представителей бизнеса и пользователей из России. Модель может анализировать большие объёмы данных, общаться с клиентами в виде виртуального помощника, создавать персонализированную систему рекомендаций, автоматически обрабатывать заказы и входящие звонки, отвечать на электронные письма, а также работать с пользователями в социальных сетях.
- «Русская медиагруппа» запустила онлайн-станцию Neuro Flow, контент для которой был создан нейросетью Mubert. При запуске проекта нейросеть сгенерировала около 200 треков в стиле танцевальный хаус и продолжает создавать новые треки, исходя из предпочтений слушателей. Сообщается, что инвестиции в проект составили менее 10 млн руб.

1.2.5. Мониторинг технологического развития в России: ИКТ

Оптические системы

- Ученые Казанского федерального университета (КФУ) разработали наноразмерные оптические температурные сенсоры на основе наночастиц ионов неодима (Nd^{3+}), иттербия (Yb^{3+}) и фторида азота (YF_3). Особенность таких сенсоров – различные сигналы их люминесценции в зависимости от температуры. Таким образом, сенсоры представляют собой тонкий инструмент измерения температуры, позволяющий, например, контролировать температуру в локальной области человеческого организма. Это позволяет использовать такие сенсоры в проведении гипертермии (нагревания) опухолей при лечении онкологических заболеваний, где требуется бесконтактный контроль температуры.

Информационная безопасность

- Холдинг «Росэлектроника» (ГК«Ростех») разработал новый способ защиты передаваемой информации путём искажения формы радиосигнала. По словам разработчиков, технология разбивает данные на фрагменты заранее установленной длины и обрабатывает с использованием функции искажений таким образом, который не позволяет понять, что перехваченные фрагменты сигнала были отправлены с одного и того же устройства. Также она снижает эффективность определения средств радиосвязи и других излучающих радиотехнических систем. Технология поможет сократить риск перехвата и распознавания конфиденциальных данных. Кроме того, в условиях военных действий она позволяет снизить риск огневого поражения противником подразделений связи.

1.2.6. Мониторинг технологического развития в России: новые материалы и нанотехнологии

Новые материалы

- Пермское предприятие «Силур» запустило установку для производства графеновых нанопластин (ГНП) мощностью 100 кг в месяц (установка спроектирована московской компанией «Русграфен»). ГНП представляют собой плоские микрочастицы толщиной от нескольких единиц до десятков слоев атомов углерода. Их электрические, термические и механические характеристики лишь незначительно уступают физическим свойствам однослойного графена, а по химической стойкости (инертности) - не уступают вовсе. ГНП могут использоваться в производстве новых типов аккумуляторов, тепло- и электропроводящих красок, полимеров и чернил.
- Чепецкий механический завод (ГК «Росатом») освоил технологию изготовления порошковой инъекционной проволоки с наполнителем из ферротитана марки ФТи70. Инъекционная проволока представляет собой тонкостенную протяженную стальную трубку с наполнителем из порошка ферротитана. Применяется для внепечной обработки стали, улучшения механических и коррозионных свойств сплавов. Применение ферротитана в виде проволоки, в отличие от кускового, дает возможность ввести его в глубь расплава без взаимодействия со шлаком и газовой атмосферой. Это позволяет получать стабильный и высокий коэффициент усвоения титана, обеспечивает получение его концентрации в узко заданных пределах, способствует снижению химической неоднородности легируемой стали и уменьшению объемов непроизводственных потерь ферротитана.

1.2.7. Мониторинг технологического развития в России: медицина и биотехнологии

Биотехнологии

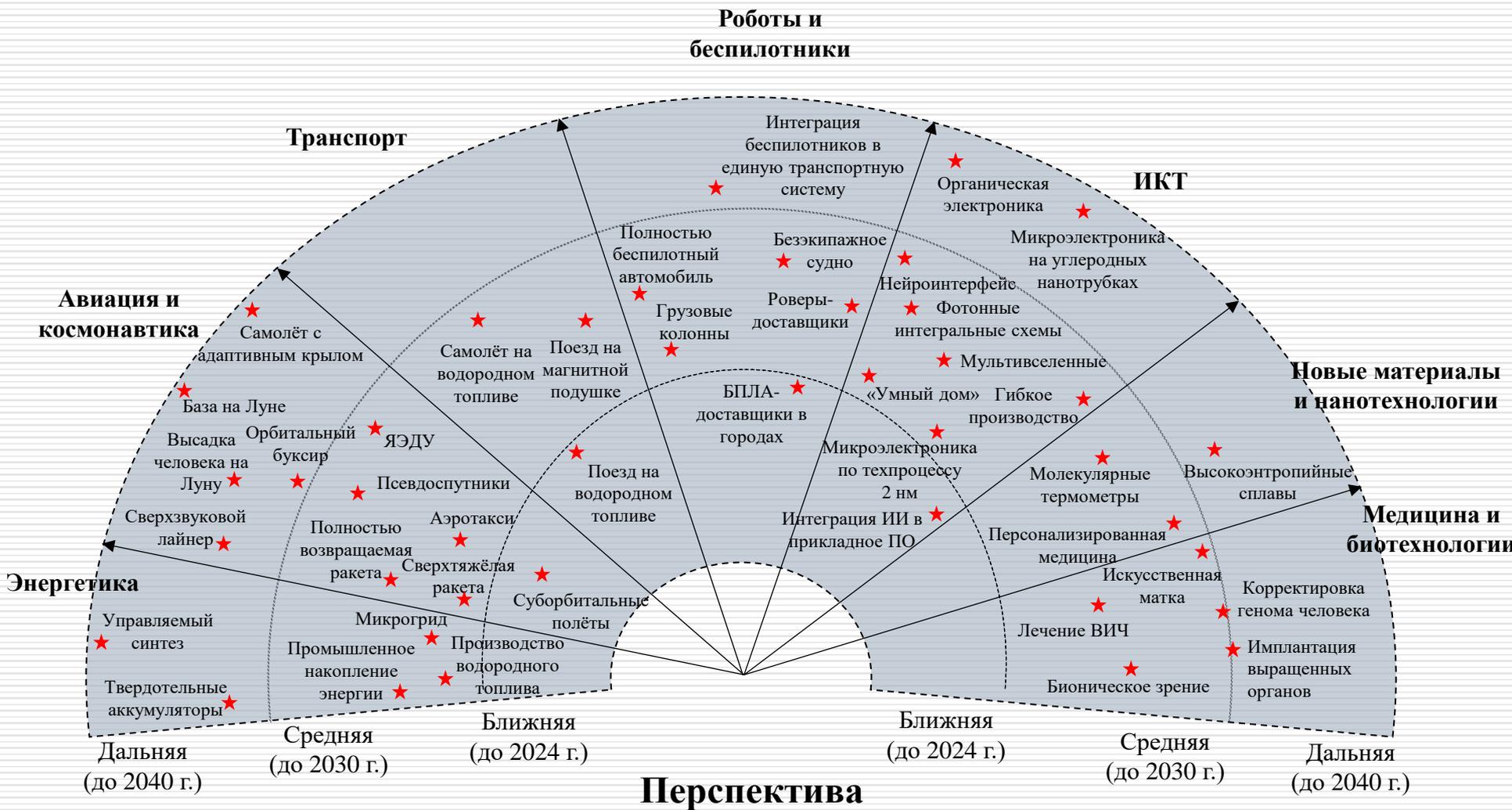
- Специалисты Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарева разработали препарат, который сможет бороться с некоторыми видами раковых опухолей. В основе лекарства - наночастицы, содержащие экстракт борщевика Сосновского. Методика лечения предполагает внутривенное введение препарата в виде липосомального раствора, что позволяет передать наночастицы через кровоток. После этого опухоль облучают ультрафиолетом. Биологически активные соединения, содержащиеся в борщевике — фуранокумарины — способны вызывать повышение чувствительности к воздействию ультрафиолетового света и необратимо связываться с ДНК опухолевых клеток. В результате такие клетки теряют возможность делиться и, как следствие, гибнут путем самоуничтожения (апоптоза). По словам разработчиков, препарат действует адресно, что снижает побочные эффекты и негативное влияние на здоровые клетки. На первых этапах технология позволит лечить базелиомы и меланомы, а также рак кишечника и мочевого пузыря.

Медицинские технологии

- Учёные Томского государственного университета (ТГУ) вместе с НИИ психического здоровья Томского национального исследовательского медцентра (ТНИМЦ) разработали новый метод обнаружения у человека депрессии. На ранней стадии депрессии уровни холестерина, гуанина, серотонина, фенилаланина и других соединений – «биомаркеров» - меняются определённым образом, образуя характерные сочетания. Разработанная технология основана на анализе (с помощью нейросети) таких «биомаркеров» и их сочетаний в слюне или крови, который позволяет выявлять и классифицировать депрессию.

2. Технологические тренды в мире

2.1.1. Мировой технологический радар



2.2.1. Мониторинг технологического развития в мире: энергетика

Аккумуляторы

- В НПЦ Национальной академии наук Беларуси по материаловедению разработали натрий-графеновую тяговую батарею для электротранспорта. В настоящее время по параметрам она примерно соответствует литиевым аналогам. Однако предполагается, что такая батарея сможет обеспечить мощность и емкость в три раза больше, чем у аналогичных тяговых батарей с применением лития. Кроме прочего, это позволит снизить зависимость от этого редкого и дорогого материала.

Источники энергии

- Австралийские ученые обнаружили фермент, который преобразует в электричество водород, содержащийся непосредственно в воздухе. Фермент под названием Нис удалось добыть из почвенной бактерии *Mycobacterium smegmatis*. При этом фермент не подвержен влиянию кислорода, выдерживает как нагрев до 80 °С, так и охлаждение. Технология создает перспективу создания батареи, которая будет способна заряжаться буквально из воздуха. Это может быть особенно эффективным для питания имплантов или портативной электроники.

Атомная энергетика

- Комиссия по ядерному регулированию США сертифицировала первую в стране конструкцию малого модульного атомного реактора мощностью 50 МВт, разработанного компанией NuScale. Модульный характер конструкции позволяет собирать реакторы конвейерным способом, а несколько реакторов могут быть объединены в кластер. Кроме того, компактность реактора в сочетании с системой пассивной защиты расширяет возможности размещения таких энергетических установок.

2.2.2. Мониторинг технологического развития в мире: авиация и космонавтика

Космические двигатели

- Компания SpaceX (США) впервые провела статическое огневое испытание всех 33 двигателей Raptor 2 ракеты Starship. При этом работал 31 двигатель из 33 (один отключили ещё до запуска, один, симметричный, отключился самостоятельно), однако этого достаточно для выхода ракеты на орбиту. Это одно из последних испытаний при подготовке ракеты к первому орбитальному полету. Starship – разрабатываемая многоразовая двухступенчатая сверхтяжелая ракета-носитель, предназначенная для решения широкого спектра задач, от полетов на низкую околоземную орбиту до полетов на Луну и Марс (в апреле первый полет закончился взрывом ракеты).

Космические спутники

- Компания BAE Systems (США) представила и успешно испытала новый стелс-самолет MAGMA, в корпусе которого отсутствуют подвижные части. Обычно для управления воздушным судном используются механические средства (подъемники, рули, элероны), при работе которых увеличивается эффективная площадь рассеяния (тем самым - радиолокационная заметность) летательного аппарата. В новой модели задачи механических систем выполняют системы перенаправления воздуха из двигателей и воздуховодов. Благодаря первому процессу воздух из двигателя (в то время, как самолет движется на сверхзвуковой скорости) давит на заднюю кромку крыла; во втором случае для аналогичных целей используется воздуховод. Сочетание этих двух процессов позволяет обеспечить управление самолетом. Такая конструкция позволяет снизить аэродинамическое сопротивление и заметность воздушного судна. Эти особенности создают возможности для разработки на базе данной конструкции БПЛА, в том числе военного назначения.

2.2.3. Мониторинг технологического развития в мире: транспорт

Беспилотники

- Компания Saildrone (США) представила беспилотное судно для прибрежного наблюдения — Saildrone Voyager. 10-метровый беспилотный аппарат разработан для картографирования побережья океана и дна, а также сбора разведывательных данных для правоохранительных органов, обеспечения безопасности на море, борьбы с распространением наркотиков, обеспечения безопасности гаваней, а также наблюдения за незаконным рыболовством. Датчики настраиваются в зависимости от конкретной области применения. Например, картографический набор включает многолучевой гидролокатор, соответствующий требованиям ИНО (International Hydrographic Organization) и способный сканировать на глубине до 300 м. Судно имеет 6-метровое крыло-парус и приводится в движение в основном ветром и оснащено фотогальваническими элементами для питания бортовой электроники. В качестве вспомогательного элемента, на случай безветренной погоды, имеется электродвигатель мощностью 4 кВт. Автономность дрона превышает 3 месяца.

Городской транспорт

- Американские компании Blade Air Mobility (сфера деятельности - городской воздушный транспорт) и BETA Technologies (производитель электрических самолётов и аэрокосмической техники) объявили об успешных испытаниях первого электрического воздушного такси с вертикальным взлётом и посадкой (eVTOL) в Нью-Йорке. Воздушное такси ALIA-250 EVA имеет пассажирскую и грузовую версии и приводится в действие распределённой электрической силовой установкой с прямым приводом с дальностью полёта около 460 км и временем зарядки 50 минут. Развитие воздушного такси представляется одним из средств разгрузить дорожные сети в мегаполисах.

2.2.4. Мониторинг технологического развития в мире: роботы и беспилотники

БПЛА

- Китай ввёл в эксплуатацию первое в мире беспилотное научно-исследовательское судно Zhu Hai Yun с возможностью дистанционного управления. Судно длиной 88,5 м и шириной 14 м с проектным водоизмещением около 2100 тонн будет проводить морские научные исследования и другие наблюдения. Оно оборудовано местом для взлёта и посадки беспилотных летательных аппаратов, которые могут использоваться для выполнения различных задач, включая морскую съёмку и картографирование, наблюдение, осмотр и отбор проб.

Роботы

- Компания Boston Dynamics (США) представила свежую демонстрацию возможностей своего робота-гуманоида Atlas, известного умением бегать и прыгать по сложной местности. Теперь робот получил руки, которые ещё больше приближают его способности к человеческим. Так, он может поднимать и бросать различные предметы.
- Группа учёных из нескольких научных институтов Китая совместно с американскими коллегами из Университета Карнеги-Меллона создала робота, способного переходить из твёрдого состояния в жидкое и обратно. В основе технологии - магнитоактивная материя (МРТМ, в данном случае - магнитные неодим-железо-борные микрочастицы, интегрированные в галлий), способная менять состояние из твёрдого в жидкое и обратно под воздействием магнитного поля. Под воздействием магнитных полей с заданными характеристиками робот теряет форму и плавится без специального источника тепла. Такой робот может использоваться для доставки лекарств в организм человека или работы в труднодоступных местах.

2.2.5. Мониторинг технологического развития в мире: ИКТ

Искусственный интеллект

- Компания Microsoft (США) представила искусственный интеллект VALL-E, который способен имитировать любой человеческий голос на основе примера длительностью всего 3 секунды. При этом голос имитируется с сохранением как тембра, так и эмоциональной окраски оригинала. В отличие от других методов преобразования текста, которые зачастую синтезируют речь, манипулируя формами сигналов, разработка Microsoft в основном анализирует непосредственно речь человека, разбивает ее на отдельные «токены» и использует обучающие данные, чтобы сопоставить свои «знания» о том, как этот же голос будет звучать в других фразах.
- Корпорация Google (США) представила генеративную нейросеть MusicLM, которая способна создавать музыку по текстовому описанию и по изображениям. Новинка обучена на 280 тыс. часов музыки и может создавать треки в любых жанрах. К примеру, ей можно задать трек, который может вызвать «ощущение пребывания в космосе» или «основной саундтрек аркадной игры».
- Команда разработчиков из Google Research (США) и Еврейского университета в Иерусалиме (Израиль) представила Dreamix — новую генеративную нейросеть, которая может создавать и редактировать видео по текстовым описаниям и картинкам. Среди возможностей новой системы - создание видео по текстовому описанию, на основе другого видео (добавляет, меняет или убирает элементы), на основе фото (анимация фото) или серии изображений. На данный момент система генерирует только ролики с низким качеством, а персонажи смазываются. Однако в перспективе она может стать заменой традиционным видеоредакторам.

2.2.6. Мониторинг технологического развития в мире: новые материалы и нанотехнологии

Новые материалы

- Ученые Манчестерского университета (Великобритания) разработали бетон на основе, предположительно, марсианского грунта. Материал под названием StarCrete изготавливается с использованием картофельного крахмала в качестве связующего элемента материала, имитирующего марсианскую пыль. Получившийся бетон показал прочность на сжатие 72 МПа, что более чем в два раза превышает прочность обычного бетона (32 МПа). Более того, StarCrete из лунной пыли оказался еще прочнее (прочность на сжатие 91 Мпа). Такой материал может позволить создавать объекты баз на Луне и Марсе с использованием местных материалов, что избавит от необходимости доставки многих тонн строительных конструкций и материалов с Земли.

3D-печать

- Компания Rosotics (США) разработала, построила и испытала новый тип металлического 3D-принтера. Он работает на основе индукции: катушка генерирует электромагнитное поле, нагревая ферромагнитный металл. Такой подход позволяет отказаться от нагревания с помощью лазеров и расходовать меньше энергии: в зависимости от метода экономия составляет от 30-50% до 10 раз. Кроме того, получаемые изделия не требуют последующей обработки теплом, то есть не ограничены размерами специальной печи. Таким образом, технология может заметно снизить стоимость 3D-печати, а также снять ограничения размера изготавливаемых изделий.

2.2.7. Мониторинг технологического развития в мире: медицина и биотехнологии

Нейрофизиология

- Учёные из Стэнфорда (США) установили рекорд работы речевого интерфейса мозг-компьютер (Brain-Computer Interface, BCI), достигнув показателя декодирования речи из мозга парализованного человека со скоростью 62 слова в минуту. Это в 3,4 раза быстрее прошлого рекорда. Система, которая записывает пиковую активность от массивов внутрикортикальных микроэлектродов, позволила участнику исследования, который больше не может говорить внятно из-за бокового амиотрофического склероза, использовать словарь из 50 слов при уровне ошибок в 9,1% и словарь из 125 000 слов, но уже при уровне ошибок в 23,8%. Разработка может улучшить возможности людей с проблемами речи и артикуляции.
- Учёные из университетов Линчёпинга, Лунда и Гетеборга (Швеция) создали особый гель, который позволяет запустить процесс создания электродов в живых организмах без необходимости имплантировать их. Пока технология опробована на рыбках данио-рерио и медицинских пиявках. После инъекции геля электроды сформировались в мозге, сердце и хвостовых плавниках рыб, а также вокруг сгустков нервной ткани. Такая технология может помочь решить непростую проблему вживления чипов в биологические ткани, а в перспективе - создавать интегральные схемы в организме человека, что поможет, в частности, лечению неврологических заболеваний.

Медицинский робот

- Ученые из Университета Тель-Авива (Израиль) разработали гибридного микроробота диаметром около 10 микрон, способного производить манипуляции (захватывать, перемещать) с отдельными клетками организма. Эффективность повышается использованием двух механизмов управления - электрического и магнитного. Разработка может использоваться для клеточной медицины, а также в операциях по генному редактированию.

тема номера:

3. Сверхтяжёлые ракеты-носители

3.1. Описание технологии

- Сверхтяжёлая ракета-носитель — класс ракет-носителей (РН), способных выводить на низкую опорную орбиту (НОО) свыше 50 т полезной нагрузки (ПН).
- При прочих равных условиях, чем РН более тяжёлого класса, тем ниже стоимость вывода 1 кг ПН.
- Чем тяжелее класс РН, тем легче сделать её возвращаемой. Это объясняется тем, что оборудование для обеспечения посадки ступени или всей РН занимает меньшую долю от ПН и в меньшей степени приводит к снижению экономической эффективности системы. Например, РН Falcon Heavy может выводить на орбиту от 30 до 64 т в зависимости от того, выполнены ли её ступени в возвращаемой или в расходуемой конфигурации. РН Starship Super Heavy может выводить 100-150 т ПН в возвращаемой конфигурации и 250 т в расходуемой. В то же время, Starship Super Heavy имеет стартовую массу 5000 т и в возвращаемой конфигурации выводит 100-150 т на НОО, что сопоставимо с грузоподъёмностью РН Сатурн-5 (140 т на НОО), которая имела стартовую массу около 3000 т. Поэтому, первые полностью возвращаемые РН разрабатываются сверхтяжелого класса.
- Сверхтяжёлая РН способна выводить на орбиту ПН, которую не могут вывести за один раз более лёгкие носители.
- Использование тяжёлых и сверхтяжёлых РН для вывода на орбиту большого количества космических аппаратов за один запуск сопряжено с необходимостью использовать разгонный блок для вывода каждого аппарата на его орбиту. Таким образом, чем тяжелее носитель, тем, при прочих равных условиях, выше потребность в разведении полезной нагрузки по целевым орбитам, тем больше доля разгонного блока в ПН и ниже эффективность комплекса в целом.

3.2. Первое поколение сверхтяжёлых РН

Можно выделить три поколения сверхтяжёлых ракет-носителей

1. Сатурн-5 (США), Н-1, УР-700 (проект), УР-900 (проект), Р-56 (проект, все - СССР)
 2. Space Shuttle (США), Энергия (СССР)
 3. Falcon Heavy, SLS, Starship (США), Чанчжэн-9 (КНР)
- ❑ Первое поколение было создано в 1960-х годах в рамках «Лунной гонки» между СССР и США и представляло собой одноразовые РН с несколькими ступенями.
 - ❑ РН **Сатурн-5** была способна выводить на НОО около 140 т, что обеспечило высадку человека на Луну и запуск долговременной орбитальной станции (ДОС) «Скайлэб» («Skylab»).
 - ❑ Сатурн-5 имел три ступени, из которых первая использовала в качестве горючего керосин, а две другие – водород. В качестве окислителя применялся кислород.
 - ❑ Всего с 1967 по 1973 гг. было осуществлено 13 запусков, из которых все признаны успешными, включая полёты на Луну в рамках программы Аполлон и запуски ДОС «Скайлэб».
 - ❑ Несмотря на успешное функционирование, проект был закрыт из-за высокой стоимости и отсутствия адекватной ПН.
 - ❑ РН **Н-1** должна была выводить 90 или 100 т на НОО в зависимости от модификации.
 - ❑ Первые три ступени предназначались для выведения на околоземную орбиту, ещё две ступени – для полёта на Луну и возвращения на Землю. На всех пяти ступенях использовались кислород-керосиновые двигатели.
 - ❑ На первой ступени устанавливалось 30 двигателей НК-33, что было рекордом до появления РН Starship. Все 4 запуска оказались неудачными из-за сбоев в работе первой ступени. Одной из основных причин неудачи были проблемы с управлением 30 двигателями.

В конечном итоге, основной причиной сворачивания проектов первого поколения можно назвать высокую стоимость при отсутствии адекватной ПН.

3.3. Второе поколение

- ❑ Второе поколение сверхтяжёлых РН было представлено комплексами Space Shuttle и Энергия-Буран.
- ❑ В отличие от первого поколения была предпринята попытка сделать систему частично многоразовой.
- ❑ На **Space Shuttle** твердотопливные разгонные блоки приземлялись в океан на парашютах и после ремонта и перезарядки использовались повторно до 15(!) раз. Пилотируемый корабль Shuttle после приземления на аэродром ремонтировался и использовался повторно. Из крупных элементов системы сгорал в атмосфере только массивный топливный бак, к которому крепился пилотируемый корабль.
- ❑ В ходе разработки и эксплуатации системы была отработана техника входа пилотируемого аппарата самолётного типа в верхние слои атмосферы и его посадка на аэродром. Стоит отметить, что чем крупнее спускаемый аппарат, тем сильнее ударная волна от столкновения с воздухом, тем дальше от поверхности корпуса расположена плазма, тем ниже требования к теплозащите аппарата. Имея опыт эксплуатации спускаемого аппарата крупного размера можно решать более сложные задачи при разработке более компактного аппарата самолётного типа.
- ❑ Несмотря на то, что Space Shuttle был частично возвращаемым, его эксплуатация оказалась критически дорогой – стоимость выведения 1 кг ПН составляла 13-17 тыс. долл. за 1 кг ПН. Это обусловлено высокими затратами на техобслуживание сложной системы и высокими затратами на подготовку повторного полёта.
- ❑ Пилотируемые миссии, для которых была адаптирована система, пользовались ограниченным спросом, а стоимость выведения грузов оказалась неконкурентоспособной по сравнению с более простыми одноразовыми системами.

3.3. Второе поколение

РН Энергия

- ❑ РН **Энергия** была универсальной сверхтяжёлой РН, способной выводить в космос различные виды ПН.
- ❑ Нулевая ступень была представлена четырьмя ускорителями с керосин-кислородными двигателями. Установленные на них четырёхкамерные двигатели РД-170 стали самыми мощными жидкостными реактивными двигателями из когда-либо созданных человеком. РД-170 был аттестован для 10-кратного использования.
- ❑ Первая (центральная) ступень была представлена четырьмя водород-кислородными двигателями РД-0120.
- ❑ РН Энергия была запущена два раза, после чего проект был закрыт из-за распада Советского Союза. 1-й пуск оказался частично удачным (аппарат военного назначения «Скиф» упал из-за отказа в бортовом оборудовании, 2-й пуск - вывод МТКС «Буран» - полностью удачным.

3.4. Третье поколение

- Третье поколение сверхтяжёлых РН активно проектируется в настоящее время.
- Предпринимается попытка создания полностью многоразового носителя с целью сокращения стоимости вывода на орбиту 1 кг ПН и уменьшения времени между запусками РН.
- **Falcon Heavy** компании SpaceX (США) конструктивно состоит из трёх доработанных и соединённых между собой РН Falcon-9, из которых центральная является первой ступенью, а две другие – боковыми ускорителями или «нулевой ступенью». На всех ступенях используются керосино-кислородные двигатели. Высокая унификация с эксплуатируемой РН Falcon-9 позволила существенно ускорить разработку и обеспечить высокую надёжность Falcon Heavy. За счёт серийного производства унифицированных деталей можно существенно сократить себестоимость Falcon Heavy.
- Боковые ускорители Falcon Heavy могут возвращаться на тот же космодром, с которого была запущена Falcon Heavy. Первая ступень может приземлиться на платформу в океане, но, вероятно, из-за высокой аварийности таких посадок (две из трёх попыток закончились неудачей) последние два запуска осуществлялись с невозвращаемой первой ступенью, что позволяет значительно повысить грузоподъёмность.
- Первый запуск Falcon Heavy состоялся 6 февраля 2018 года. По состоянию на 23 апреля 2023 года состоялось 5 запусков, из которых все были успешными.
- Последние три запуска Falcon Heavy выводила на орбиту спутники Министерства обороны и Космических сил США, что позволяет предположить недостаточный объём коммерческой ПН для ракеты столь тяжёлого класса.

3.4. Третье поколение

Starship Super Heavy

- ❑ Starship Super Heavy компании SpaceX (США) разрабатывается для выведения от 100 до 250 т ПН в зависимости от того, используется ли ракета в многоразовой или расходуемой версии.
- ❑ Первая ступень РН оснащена 20 маршевыми и 13 рулевыми двигателями Raptor 2, работающими на метане и кислороде. Вторая ступень оснащена 3 маршевыми и 3 рулевыми двигателями той же модели.
- ❑ Основным достижением должна стать возвращаемая вторая ступень РН, что, как ожидается, должно радикально сократить стоимость вывода 1 кг ПН.
- ❑ По состоянию на 25 апреля 2023 года из 10 тестовых суборбитальных пусков успешными были 6.

Space Launch System

- ❑ РН Space Launch System разрабатываемая Boeing, предназначена для выведения на НОО 95-130 т ПН.
- ❑ В качестве нулевой ступени используются ускорители, ранее применявшиеся на Space Shuttle, но в одноразовой версии. Первая ступень оснащена 4 водородно-кислородными двигателями RS-25D/E, который так же раньше применялся на Space Shuttle. Во второй ступени установлен водород-кислородный двигатель RL-10B-2 – модификация двигателя, ранее применявшегося на РН Сатурн-1.
- ❑ РН Space Launch System является одноразовой, что представляет собой интересный пример конкуренции с многоразовыми носителями от SpaceX.

Чанчжэн-9

- ❑ Китайская Чанчжэн-9 находится на этапе проектирования. Предполагается, что она сможет выводить до 130 т ПН на НОО.

3.5. Перспективы сверхтяжёлых РН

- ❑ Основным препятствием развития сверхтяжёлых РН является ограниченное количество адекватной ПН. В настоящее время не так много космических аппаратов, которые не могут быть выведены на орбиту ракетами среднего и тяжёлого класса. Можно обратить внимание, что компания SpaceX при разворачивании спутниковой группировки Starlink использует РН Falcon-9, хотя стоимость вывода за 1 кг ПН ниже у Falcon Heavy.
- ❑ Потенциально сверхтяжёлые РН могут понадобиться для следующих задач
- ❑ (А) разворачивание крупных промышленных объектов в космосе (космическая энергетика или вынос в космос производственных мощностей, сопряжённых с высокими экологическими рисками, либо требующих невесомости),
- ❑ (Б) создание заправочной инфраструктуры в космосе, когда сверхтяжёлая РН используется в качестве доставщика топлива на орбиту, которое затем будет использоваться другими космическими аппаратами,
- ❑ (В) освоение дальнего космоса непосредственно запускаемыми аппаратами или с дозаправкой в космосе,
- ❑ (Г) разворачивание на околоземной орбите специальных объектов военного назначения.
- ❑ Потенциально, первые полностью возвращаемые РН могут относиться к сверхтяжёлему классу, что позволит существенно снизить стоимость вывода на орбиту ПН. Например, разработчики Starship Super Heavy говорят о сокращении стоимости на два порядка.
- ❑ В конечном итоге, разработка дешёвых (за 1 кг ПН) надёжных сверхтяжёлых РН является важным этапом развития космической инфраструктуры, вокруг которой будут выстраиваться разнообразные коммерческие проекты.

Использованные сокращения

- БПЛА – беспилотный летательный аппарат;
- ВИЧ – вирус иммунодефицита человека;
- ГК – государственная корпорация;
- ГНП - графеновые нанопластины
- ИИ – искусственный интеллект;
- ИКТ – информационно-коммуникационные технологии;
- ПО – программное обеспечение;
- СНУП-топливо – смешанное нитридное уран-плутониевое топливо
- ЯЭДУ – ядерная энергетическая двигательная установка.
- ATF (Advanced Technology Fuel - ядерное топливо, устойчивое к нештатным ситуациям на АЭС, так называемое «толерантное» топливо

Использованные источники

□ Новостные сайты

russiandrone.ru; vedomosti.ru; aviation21.ru; rbc.ru; refnews.ru; nangs.org; roscosmos.ru; ria.ru; rostec.ru; proryv2020.ru; atomic-energy.ru; sk.ru; minenergo.gov.ru; nplus1.ru; robo-hunter.com; robogeek.ru; topwar.ru; tass.ru; techfusion.ru; popmech.ru; rb.ru; web-canape.ru; nag.ru; cnews.ru; kommersant.ru; hi-news.ru, hightech.fm, hightech.plus, i-mash.ru, interfax.ru, mashportal.ru, rg.ru; phys.org; fortune.com; news.tpu.ru; naked-science.ru; scientificrussia.ru; misis.ru; phys.org, mdpi.com, azom.com, nature.com, boeing.com, sciencedaily.com, newatlas.com, smart-energy.com, techinsider.ru, 3dnews.ru и др.

Авторы обзора:

**Артёменко Владимир, эксперт,
avg@forecast.ru**

**Волков Роман, ведущий эксперт
rvolkov@forecast.ru**