

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. С. ЖУРАВЛЁВ, А. Н. КОРОТОНОШКО,

К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора),

Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13

E-mail: ref@radio.ru

Группа работы с письмами — (495) 607-08-48

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: advert@radio.ru

Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,

р/сч. 40702810438090103159

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 23.10.2020 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала, CD или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.


В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2020. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.

Зак. 02910-20.



Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com
 Бесплатный номер службы поддержки в России:
 8-800-333-79-32

Две головы лучше?

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

*"В нашей сказке прекрасной, дурацкой
 Каждый — пленник, король, слуга.
 А реальность без декораций
 Устрашает, так как нага.
 Аплодируют простолюдины —
 И ты знаешь, на что идёшь,
 Заглянув за кулисы картины,
 Никогда уже не унёшь."*

(Ольга Арефьева "Семь с половиной")

Не секрет, что порой очень и очень многим не хватает функционала собственной головы, которая в первом приближении управляет как минимум собственным телом, а по-крупному — пытается управлять окружающим миром. Вывод один — на самых разных уровнях практически всегда голове нужна помощь. Очевидно, эту помощь можно оказать самыми разными способами, но наиболее эффективным, несомненно, была бы та, что организовывалась бы с помощью интерфейса, соединённого непосредственно с мозгом человека, о чём уже давно говорили писатели-фантасты. И вот среди всех этих разговоров вдруг реализовались проекты, готовые подключить к каждой голове ещё одну. Специалисты со всего мира с начала XXI века грезят идеей сращивания человеческого мозга и искусственного интеллекта (ИИ). По их мнению, это может привести к появлению нового типа человека, который будет интеллектуально развитее своего предшественника. Но сначала должен найтись человек, который подготовит соответствующие технологии.

17 июля 2019 г. известный американский предприниматель Илон Маск и руководители стартапа Neuralink впервые продемонстрировали проект подобного (причём беспроводного) нейроинтерфейса <<https://vc.ru/future/75589-startup-ilona-mask-a-neuralink-predstavil-niti-implanty-dlya-schityvaniya-informacii-iz-mozga-i-robot-a-dlya-ih-zhivleniya>>, который успешно имплантировали в мозг двух свиней, а затем у одной из них извлекли без всякого вреда. Указанный нейроинтерфейс представляет собой нити-импланты для считывания информации из мозга, вживляемые с помощью специального "швейного" робота-хирурга. Гибкие полимерные нити с электродами, которые вживляют в кору головного мозга, считывают активность нейронов и стимулируют их. На каждой нити толщиной от четырёх до шести микрометров (в десятки раз тоньше человеческого волоса) расположено по 32 электрода, всего система может включать до 3072 электродов на 96 нитях. The New York Times сравнила такую нить с жемчугом — электроды и датчики нанизываются на провода, изолированные материалом типа целлофана. Они имплантируются в различные участки мозга и на разную глубину. С их помощью специалисты модифицировали работу нескольких цепочек нейронов, используя чипы и электроды для стимуляции активности отдельных нервных клеток. По словам экспертов, в будущем это позволит использовать данные устройства для борьбы с эпилепсией, параличом и другими болезнями с нарушениями головного или спинного мозга, включая деменцию и болезнь Альцгеймера.

На сопутствующей онлайн-конференции Илон Маск сообщил, что за прошедший год удалось значительно упростить системы, которые умещаются в чип меньше монеты, а сам чип "полностью сольётся с костью черепа и будет неви-

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

▶ RINET ▶

Internet Service Provider

Телефон: (495) 981-4571

Факс: (495) 783-9181

E-mail: info@rinet.ru

Сайт: <http://www.rinet.net>

димым извне, работая целый день без подзарядки" (для подзарядки используется специальное электромагнитное зарядное устройство). С помощью чипов учёные могут, к примеру, проследить за активностью осязательных центров мозга животных, дистанционно отслеживая то, чего те касаются своим пятачком.

Илон Маск ныне известен множеством проектов в самых разных областях, которым он дал путёвку в жизнь и каждый из которых в случае успеха способен изменить жизнь человечества. Однако Neuralink выделяется даже на фоне этих проектов. Будучи реализованным, он обещает изменить не только мир вокруг нас, но нас самих. Вот только удастся ли? И каковы будут последствия?

Что касается компании Neuralink, то она была основана в июле 2016 г. со штаб-квартирой в Сан-Франциско. Заявленные цели деятельности — исследование в области медицины, а если точнее, разработка и производство имплантируемых безопасных нейрокомпьютерных интерфейсов, способных улавливать мозговую активность и обрабатывать сигналы без риска отторжения организмом. Иначе говоря, с самого начала компания образована для создания технологии будущего — эффективного интерфейса мозг—компьютер. Собственно, Neuralink не появилась из ниоткуда и опирается на множество исследований, посвящённых гибким нитям, но превосходит аналоги по безопасности и объёму собираемых данных.

Впервые Маск заговорил об идее создания беспроводного интерфейса мозг—компьютер летом того же года на конференции Vox Media. Такой интерфейс был упомянут как нейронное кружево (Neural Lace). Как и многое из окружающей нас действительности, сама концепция нейронных кружев родом из научно-фантастических рассказов писателя-футуролога Иэна Бэнкса, где нейронное кружево — это некое паутинообразное устройство, которое вживляется в мозг человека и обеспечивает симбиоз с машинами. В одном интервью в 2017 г. Маск обещал создать нейронное кружево через восемь—десять лет, т. е. где-то к 2027 г. По его словам, эта технология приведёт к симбиозу людей и машин, поможет человеку избежать поражения со стороны ИИ.

Илон Маск входит в экспертную группу компании Neuralink и лично встретился с тысячей специалистов из разных областей, чтобы сформировать команду проекта. Имена участников, которые были приглашены в числе первых, известны:

— Ванесса Толос — инженер и специалист по гибким электродам из Ливерморской национальной лаборатории им. Эрнеста Лоуренса;

— Тимоти Гарднер — профессор Бостонского университета, известный своими операциями по вживлению электродов в мозг птиц, чтобы понять, как они поют;

— Филип Сабес — профессор Калифорнийского университета в Сан-Франциско, изучающий то, как мозг контролирует движения.

Набор специалистов продолжается и сейчас, на сайте компании сообщается о поиске самых талантливых экспертов из разных областей. Финансировать проект, по данным The Wall Street Journal, Маск собирался самостоятельно, в том числе на заёмные средства под принадлежащие ему акции в других компаниях. В качестве потенциального инвестора назывался также фонд Founders Fund Питера Тила — создателя платёжной системы PayPal.

Если обратиться к относительно недавней истории, ещё в 1849 г. швейцарский учёный Эмиль Генрих Дюбуа-Реймон нашёл доказательства наличия электрических потенциалов в живых тканях. И, в частности, доказал, что мозг, как и нервные, и мышечные ткани, способен генерировать электрические сигналы. В 1875 г. независимо друг от друга электрическую активность в мозге животных обнаружили английский физиолог и хирург Ричард Катон, изучавший мозг кроликов и обезьян, и русский физиолог Василий Яковлевич Данилевский, работавший с собаками.

В 1924 г. немецкий физиолог и психиатр Ханс Бергер с помощью гальванометра впервые зафиксировал на бумаге электрические сигналы, генерируемые мозгом человека, и назвал их электроэнцефалограммой. В наши дни последняя позволяет идентифицировать начальные стадии различных заболеваний, включая эпилепсию и др.

Первые эксперименты по нейропротезированию проводились ещё в 1950-х годах. Сейчас в мире живут сотни тысяч человек, которые так или иначе подвергли свой организм этой процедуре.

Впервые эксперимент с использованием нейроинтерфейса был поставлен американским кибернетиком, нейрофизиологом и психиатром Греем Уолтером в 1963 г. Он одним из первых стал вживлять микроэлектроды в головной мозг. Для опыта электроды сначала имплантировали пациентам в различные области коры головного мозга. В ходе эксперимента они должны были нажимать на кнопку, которая перекрывала слайды проектора. А в это время Уолтер фиксировал соответствующую активность мозга. Обнаружив область коры, ответственную за воспроизведение этого мышечного паттерна, он подключил её напрямую к проектору, а кнопку от него отсоединил. Пациенты не знали, что кнопка отключена, продолжали нажимать на неё, и слайды всё равно переключались. Теперь управление проектором осуществлялось непосредственно мозгом, причём быстрее, чем человек успевал нажать на кнопку.

Впервые вживил электроды в мозг парализованного пациента невролог и изобретатель Филипп Кеннеди в 1998 г. Через несколько месяцев после операции его пациент научился двигать курсор по экрану компьютера и набирать текст.

В 2006 г. Мэтью Нэгл стал первым человеком, получившим мозговую имплантат от компании BrainGate (разработка Брауновского университета США). После травмы позвоночника Нэгл оказался парализован, а устройство

позволило ему управлять курсором на экране и играть в Pong. На обучение мужчина потратил четыре дня. BrainGate использовал массив микроэлектродных игл, в которых размещается до 128 электродов (уступает Neuralink по объёму извлекаемых из мозга данных). Более того, иглы жёсткие, что ограничивает число доступных нейронов, мешает долгосрочной работе и небезопасно для человека, поскольку мозг движется внутри черепа. В свою очередь, тонкие полимерные нити устраняют эти проблемы.

Сегодня имплантируемые в мозг электроды применяют для того, чтобы сгладить побочные эффекты от болезни Паркинсона, эпилепсии и других нейродегенеративных заболеваний. Подобными устройствами уже пользуются около 150 000 человек с болезнью Паркинсона. По словам Маска, в 2020 г. он получил разрешение внедрить чип в мозг человека.

Проникновение в мозг обычно осуществляется тремя способами. Инвазивный (от новолатинского *invasivus, invado* — вхожу внутрь), когда микроэлектроды помещаются непосредственно в кору головного мозга. Полуинвазивный — электроды располагаются на твёрдых или паутинных мозговых оболочках (в черепе три оболочки, твёрдая мозговая оболочка непосредственно прилегает к костям черепа, самая "глубокая" оболочка, непосредственно прилегающая к мозгу, называется мягкой). И последний, самый щадящий способ — неинвазивный. Датчики для измерения электрических потенциалов, создаваемых головным мозгом, размещаются на коже головы. Разумеется, самым сложным и рискованным методом является инвазивный. Как правило, он применяется только в тех случаях, когда другого способа помочь пациенту уже нет.

Хорошо известно, что в целом мозг гораздо сложнее компьютера. Даже самый совершенный компьютер имеет на порядок меньше операционных единиц, чем человеческий мозг нейронов. Специалисты отмечают, что мы ещё мало знаем о том, как нейроны мозга взаимодействуют между собой, а методы исследования мозга пока недостаточно совершенны. Поэтому очевидно, что Илон Маск хочет нас всех удивить разработкой устройств, которые будут имплантированы в человеческий мозг и смогут обеспечить прямой контакт с компьютерами и другой техникой.

На первых порах Neuralink планирует выпустить имплантаты для лечения заболеваний головного мозга — болезни Паркинсона, эпилепсии, паралича и других. Но всё же главная цель — усовершенствование людей. При этом Neuralink ещё только предстоит доказать безопасность и эффективность своей технологии на прикладных медицинских задачах — лечении людей. Зато, если это удастся, далее компания будет создавать мозговые имплантаты для улучшения когнитивных способностей. Человек сможет напрямую подключаться к компьютеру без компьютерных мышей и джойстиков. При этом речь вовсе не о сложных и дорогостоящих



операциях, а о создании простой автоматизированной системы для быстрого вживления электродов в мозг. В свою очередь, операции будут относительно несложные, как, к примеру, лазерная коррекция зрения.

Подключение мозга к компьютеру планируется осуществлять с помощью миниатюрного чипа диаметром 23 мм и высотой 8 мм. Чип может иметь максимум 1024 соединения с мозгом. То есть для работы чипа необходимо воткнуть в мозг более одной тысячи микроскопических проводов с электродами на концах. Что касается вживления, то нити, из-за их гибкости, сложнее внедрить в кору головного мозга, чем иглы, поэтому Neuralink разработала специального робота, похожего на "смесь швейной машинки с микроскопом". Робот-швея способен вставлять по шесть нитей в минуту с помощью специальных тонких игл и полностью автоматизирован. Тем не менее нейрохирург сохраняет полный контроль над операцией и может регулировать процесс вручную.

Многие учёные сходятся в том, что самой интересной разработкой Neuralink оказался робот для автоматического вшивания нитей в мозг, который делает это быстро и точно, обходя пульсирующие сосуды на поверхности мозга. Сами нити тоже отличаются от аналогов, они более гибкие и тонкие, что потенциально делает их более долгоживущими и менее травматичными для мозга. Робот размещает нити с электродами в непосредственной близости от нейронов, а система компьютерного зрения позволяет избежать проникновения иглы в кровеносные сосуды на поверхности мозга, что снижает вероятность воспалительной реакции организма на внешние объекты. Чтобы установить имплантаты, хирургам сегодня приходится просверлить в черепе четыре восьмимиллиметровых отверстия, но инженеры Neuralink считают, что в будущем для проникновения сквозь череп можно будет использовать лазер. Впрочем, похоже, это не всё, что собирается производить Neuralink.

Несколько подсказок специалисты попытались найти в выступлении Маска на конференции Code Conference, проходившей в Калифорнии в июне 2016 г. Тогда он сказал, что нейроинтерфейс должен стать "цифровым слоем" над корой головного мозга. При этом его компоненты обязательно имплантировать хирургическим путём, сделать это можно с помощью инъекции в шею, а затем компоненты интерфейса будут доставлены в мозг с потоком крови. Речь здесь явно шла о мозговых имплантатах типа стентродов (stentrode). Кстати, подобная технология встречалась у ещё одного писателя-фантаста Дина Кунца в книге "Полночь", где за короткое время десятки обитателей курортного городка стали жертвами загадочных зверских убийств. Раскрывшая это дело, тайный агент ФБР выясняет, что убийцы — монстры, созданные инъекциями микрочипов разработки одного айтишника, одержимого маниакальной идеей стать властелином человечества. Но это, к счастью, пока лишь страшная сказка.

Тем не менее разработка стентродов ведётся в рамках программы Reliable Neural-Interface Technology, финансируемой DARPA — Агентством передовых оборонных исследовательских проектов Министерства обороны США. Обычные стенты — основа стентродов, и применяются они для очистки кровеносных сосудов. В свою очередь, стентроды — это гибкие стенты, играющие роль электродов. Достигнув места назначения, стентрод расширяется, чтобы зафиксировать своё положение, после чего начинает считывать сигналы примерно десяти тысяч нейронов, расположенных по соседству, и транслирует их по тонкому проводу на внешний микрокомпьютер. При правильной обработке сигналов их можно расшифровать и использовать, к примеру, для управления экзоскелетом. Подобное использование существенно облегчит жизнь парализованным людям.

По мнению Маска, одной из основных проблем взаимодействия человека с ИИ является недостаточная пропускная способность полученного канала связи. В целом Neuralink избавляет человека от прослойки между мыслью и компьютером, так как отдавать команды через нейроинтерфейс куда быстрее, чем голосом или ручным вводом. Однако обилие информации и сложность её считывания через нейроинтерфейсы — проблема, которую Neuralink хочет решить с помощью специального чипа, который в реальном времени принимает сигналы от нитей, усиливает их, очищает от шумов и оцифровывает. Сообщалось, что у Neuralink уже есть два прототипа чипа с разными характеристиками по числу обрабатываемых каналов и общей пропускной способности.

В настоящее время чип может передавать данные только через проводное соединение по интерфейсу USB-C, однако цель компании — беспроводная система, которую назвали N1 Sensor. По задумке инженеров N1 Sensor будет встраиваться в организм человека и передавать данные по беспроводной связи внешнему устройству с аккумулятором, расположенному за ухом. Датчиков будет четыре: три — в моторной области коры мозга, а последний — в соматосенсорной системе. Управлять N1 Sensor можно будет через iPhone.

У чипа есть ещё одно применение, он разработан так, чтобы не только обрабатывать полученные данные, но и стимулировать клетки мозга. Прямая стимуляция мозга с помощью имплантированных электродов позволяет лечить расстройства двигательной системы и эпилепсию. Однако большинство нейроинтерфейсов не адаптируются к потребности и ощущениям пациента. Нейрохирурги и инженеры считают, что из-за этого недостатка стимуляция мозга не работает для лечения депрессии. Со временем можно будет анализировать данные с помощью машинного обучения и адаптировать стимуляцию к потребностям пациента. Сегодня Neuralink признаёт, что, несмотря на всё заявленное, компания пока не демонстрирует такие возможности.

Однако можно ли осуществить слияние человека и машины с помощью

заявленной на сегодня технологии Neuralink? Допустим, что в будущем можно будет вставить в череп не один чип, а всю поверхность головы покрыть такими чипами. Сколько каналов между мозгом и компьютером можно получить при таком максимальном чипировании? Площадь поверхности крышки черепа — около 400 см², а площадь чипа — около 2 см². Итого получаем 200 тысяч контактов к мозгу. Но всего в коре мозга содержится 16 миллиардов нейронов. Таким образом, на один проводок будет приходиться 80 тысяч нейронов, даже при максимальном покрытии чипами всего черепа. Поэтому для того, чтобы считать все тонкости мыслей и чувств, такого относительно небольшого числа каналов связи может не хватить. Очевидно, более перспективными могут оказаться другие способы подключения мозга к компьютеру.

В частности, можно выращивать искусственные нейроны уже изначально в матрице с электродами. Их можно генно модифицировать, чтобы им было комфортнее "жить" на чипе с электродами. Затем этот чип с некоторым слоем нейронов можно приложить к поверхности коры головного мозга в надежде, что искусственно выращенные нейроны срастутся с естественными нейронами, и таким образом будет возможно добиться гораздо большего числа каналов соединения. Быть может, в будущем станет возможным создать целиком искусственную крышку черепа, в которой будет аккумулятор, процессор обработки сигналов и, возможно, даже нейросеть, которая будет дополнять работу биологического мозга. На внутренней поверхности такой крышки черепа будут искусственно выращены все слои тканей между черепом и мозгом и небольшой слой нейронов в матрице из электродов для сращивания искусственных нейронов с поверхностью мозга. Далее останется только выпилить свою родную крышку черепа и заменить на новую. Кто знает, может, после смерти биологического тела человек продолжит жить в процессоре, встроенном в эту электронную крышку. Таким образом, эксперименты Neuralink — это, несомненно, прорыв в технологии нейроинтерфейсов, но с полным слиянием человека и машины могут возникнуть трудности, если, к примеру, в дело не вмешаются биотехнологи.

Ну, а теперь — так зачем всё это? Каковы дальнейшие цели Neuralink? Помочь людям, чьё состояние далеко от нормы, — цель благородная, но конечный потребитель продукции Neuralink — это все мы. Зачем это нам?

Как заявил Маск на упоминавшейся выше конференции Vox Media, новая технология поможет человеку избежать порабощения со стороны ИИ. Ведь создание искусственного суперинтеллекта, машины, которая окажется умнее человека, — вопрос времени. И такая машина потенциально представляет угрозу для всего человечества. В этом случае сосуществование человечества с таким суперинтеллектом на одной планете можно сравнить разве что с взаимодействием высокоразвитой цивилизации и менее развитой. Ну, как, например,

кроманьонцев и неандертальцев. История показывает, что для менее развитой цивилизации это должно закончиться плохо.

Илон Маск неоднократно предупреждал об опасности, которую несёт машинный интеллект. Но раз остановить его появление невозможно, предприниматель видит решение проблемы в предоставлении людям возможности самим стать частью ИИ. Как заявил Маск на Всемирном правительственном саммите в Дубае в 2017 г., без прямой связи с компьютером человек может лишиться контроля над ИИ и превратится в лишнее звено эволюции.

Даже в XXI веке мозг человека остаётся органом, функционирование которого не изучено даже наполовину. Внедрение чипа может помочь излечить некоторые патогенные зоны мозга, но при этом нанести вред другим его участкам. Ну, а что же случится с человеком при слиянии ИИ и мозга? Мы, к примеру, можем получить абсолютно неконтролируемого человека, и тогда фантазии Дина Кунца покажутся нам милыми шалостями.

Есть и обратная сторона медали. При успешности вживления можно

будет через чип контролировать поведение человека, влияя на его мозг. Человеческий разум станет открытым для кого угодно. Да и способности ИИ действительно могут оказаться сильнее и покорить человека. Однако даже в этой ситуации у человека остаётся важная структура — сознание, являющееся краеугольным камнем наших моральных систем; оно играет центральную роль в наших суждениях. Сознание, кстати, ещё меньше изучено, чем мозг человека. И пока есть сознание и внутренний контроль, вряд ли мы сможем слиться с ИИ. Человек, контролирующий свои возможности, остаётся человеком. Впрочем, может найтись и другой человек (к примеру, из DARPA или ФБР), который попросту подавит эти возможности и направит их в нужное русло через разработанный нейроинтерфейс.

Как тебе такое, Илон Маск?

По материалам ftimes.ru, mk.ru, naked-science.ru, vc.ru, 4pda.ru, tsargrad.tv, pronedra.ru, habr.com

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Разработка программ для микроконтроллеров STM32, ATmega и других на заказ.

Сбор данных, передача на сервер, управление, свет, звук, CAN и LIN, генерация сигналов, измерения и т. д.

E-mail: micro51@mail.ru
т. +7-912-619-5167

* * *

БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ЗВУКА!

ПЕРЕДАТЧИКИ, ПРИЁМНИКИ,
PLL-СИНТЕЗАТОРЫ
www.new-technik.ru