

Нанотехнологии

DOI: 10.34828/UdSU.2021.73.10.008

УДК 006.91:001.4; 006.91:002; 006.91:12/.18

В.П. Иванников, А.В. Кабакова

«НАНОТЕХНОЛОГИИ», КАК ФАКТОР СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. Совершенствование техники и технологий на современном этапе научно-технического развития является важнейшим фактором реализации инновационного потенциала промышленности, науки и научной индустрии и направлено на развитие ресурсосберегающих, безотходных технологий, что ведет, в свою очередь, к совершенствованию организации, управлению и росту эффективности производства. Вместе с тем активное вмешательство «науки» в создание и использование материалов, устройств и технических систем, функционирование которых определяется их наноструктурными особенностями, стимулирует наше желание глубже разобраться в значении модных сегодня терминов с приставками «техно» и «нано», в связи с тем, что в последнее время появилось слишком много авторов научных публикаций, весьма своеобразно интерпретирующих эти понятия.

Ключевые слова: материалы, технологии, изделия, нанотехнологии, наночастицы, наноматериалы, наносистемная техника, нанороботы, наноиндустрия.

Для цитирования: Иванников В.П., Кабакова А.В. «Нанотехнологии», как фактор совершенствования техники и технологий на современном этапе научно-технического развития // Управление техносферой: электрон. журнал, 2021. Т.4. Вып.4. URL: <https://technosphere-ing.ru/> С. 435 – 446. DOI: 10.34828/UdSU.2021.73.10.008

Содержание

Данная статья, по существу, является дальнейшим развитием идей, сформулированных авторами работы [1]. В этой связи, по отдельным примерам и ссылкам в данной статье возможны некоторые повторы и дополнения с целью облегчения восприятия излагаемого материала, о чём, собственно, можно судить и по названию статьи.

В 1986 году К. Эриком Дрекслером совместно с Марвином Мински издана книга о «молекулярной нанотехнологии» – *«Машины создания: Грядущая эра нанотехнологий»* [2].

В 2007 году книга переиздана и переведена на японский, французский, испанский, итальянский, русский и китайский языки. В книге рассказывается про «нанотехнологии», которые Ричард Фейнман якобы, описал в своей Нобелевской речи в 1959 году – *«Там внизу много места»* [3]. Однако, Эрик Дрекслер в своей книге допустил существенные неточности в интерпретации Нобелевской речи Ричарда Фейнмана. Заметим здесь, что и в большинстве экспертных статей при определении сфер применения *«нанотехнологий»* и в порядке подтверждения, якобы, соответствия новых вводимых понятий на полученные позитивные практические результаты с учётом оценки локальных размерных характеристик структур, создаваемых путём манипулирования атомами, также ссылаются на Фейнмана [3].

Но в его речи *«Там много места внизу»* в 1959 году даже намёка на *«манипулирование атомами и молекулами»* нет, а есть *«крошечные объекты манипулирования»* – *«болты, гайки и т. п.»*.

В своих работах энтузиасты развития *«нанотехнологий»* логику рассуждений Фейнмана доводят до абсурда. Великий учёный, якобы утверждает, что, двигаясь по логике проектирования и создания микроскопических манипуляторов на последнем этапе, полученный механизм соберёт свою копию из отдельных атомов.

Этого вывода в докладе нет. Фейнман говорит лишь о том, что *«ничто не мешает продолжить этот процесс (проектирования и создания микроскопических механизмов) и создать сколько угодно крошечных станков, поскольку не имеется ограничений, связанных с размещением станков или их материалоемкостью. Их объём будет всегда намного меньше объёма прототипа»*. То есть, Фейнман говорит об отсутствии *«каких-либо*

ограничений, связанных с размещением станков и их материалоемкостью», и «.. об отсутствии ограничений на размеры манипуляторов», но это вовсе не означает, что он говорит о возможностях создания манипуляторов, позволяющих манипулировать отдельными атомами. Более того, Фейнман предупреждает, что «по мере уменьшения размеров мы будем постоянно сталкиваться с очень необычными физическими явлениями», которые, прежде всего, не мешало бы изучить, а уж потом он говорит о «предположительных перспективах» создания «уменьшенных в 4000 раз станков».

А теперь зададимся вопросом, каковы же реальные размеры этих самых «фантастических станков» в поперечнике. Фейнман этих оценок не делал, но мы же в состоянии сделать эту работу сами. Реальные продольные размеры, например, токарного станка 1К62 ~ 2 метра (рис. 1). Получим масштаб: $\sim 2/4000 \text{ м} \approx 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,5 \text{ мм}$.

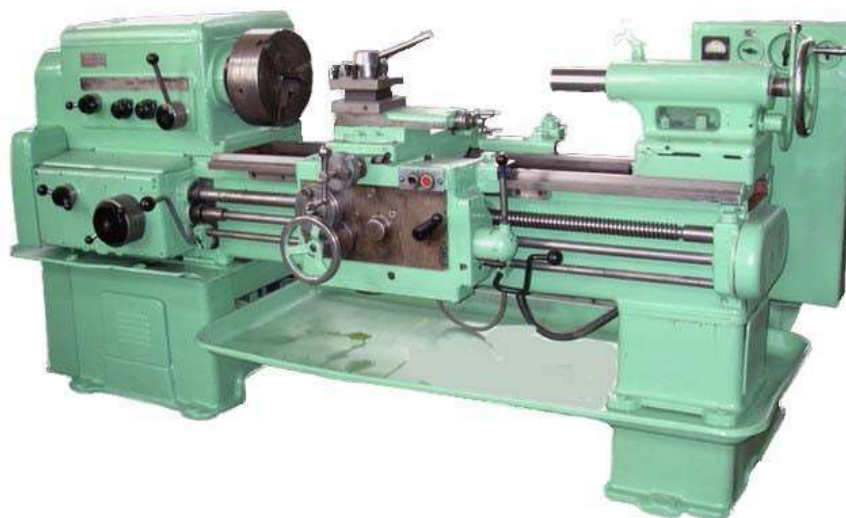


Рис. 1. Внешний вид токарно-винторезного станка 1К62 (завод «Красный пролетарий»)

Очевидно, у «миниробота» такого же размера рука манипулятора, «уменьшенная в 16 раз», (см. выше) будет сравнима с его размерами, то есть

~0,1 мм, или 100 микрон, поэтому манипулирование «наночастицами» в поперечнике 0,1-0,01 мкм (100÷10 нанометров) такими «руками» ещё возможно (по аналогии с размерным соотношением «рука»-«теннисный мяч»), но манипулировать «наночастицами» размером в 1 нм, а тем более атомами и молекулами ~ 0.1 нм, с помощью такого «наноробота» невозможно.

А главное из того, о чём говорил Р. Фейнман, это всего лишь, «о фантастических перспективах возможностей создания таких микроскопических механизмов», и о том, что «до сих пор никто не смог опровергнуть такую возможность, но никому пока и не удалось создать таких «микророботов».

Поэтому, если критически не относиться к теоретическим исследованиям Дрекслера и других экспертов подобного рода в области «нанотехнологий», то можно договориться до сценария существования конца света, предполагая, что «нанороботы» поглотят всю биомассу Земли, выполняя свою программу саморазмножения (так называемая «серая слизь» или «серая жижа»), как в Голливудском кино. Собственно, в итоге, именно к этому выводу приходит и сам Дрекслер в своей работе [2], из чего с очевидностью следует, что это не научное исследование, а, всего лишь, фантастический роман.

За первой неточностью, допущенной Дрекслером в интерпретации отдельных тезисов знаменитой лекции Нобелевского лауреата Ричарда Фейнмана «*There's Plenty of Room at the Bottom*», прочитанной им в Калифорнийском технологическом институте в 1959 году, следуют и другие.

Не станем здесь обсуждать эти неточности, а укажем лишь на то, что неоднократно, в течение этой своей широко известной лекции, Р. Фейнман напоминал аудитории, что он не шутит. «Я не изобретаю антигравитацию, которая станет возможной только в случае, если физические законы являются не тем, что мы знаем о них. Я говорю о том, что реализуемо, если

известные нам законы физики таковы, как мы их сейчас понимаем). То есть, Р. Фейнман особо подчёркивает, что *«реализуемо»* лишь то, что соответствует законам физики и тому, *«как мы их сейчас понимаем»*, а Дрекслер в своих работах говорит о том, что совершенно не соответствует законам физики*.

Общеизвестно, что *«физика»*, как наука, изучает и открывает законы развития материального мира в пространстве и во времени, а *«технологии»* открывают возможности изготовления из материалов различные *«полезные вещи»*, поэтому, очевидно, что *«нанотехнологии»* не могут быть источником фундаментальных открытий и объяснением физических, химических и каких-либо других законов, по которым развивается материальное мироздание, как утверждает Дрекслер [2].

Простая, очевидная и абсолютно убедительная картина, описанная Р. Фейнманом в своих книгах, многократно подтверждена результатами физических исследований на практике и, на первый взгляд, может показаться, что *«Фейнмановская»* картина мира, в целом, совпадает с *«Дрекслеровской»*. Тем не менее, посмотрим на всё это более внимательно:

1. *«Все вещества состоят из атомов»*. Это правильно и об этом знает любой школьник. – Полное совпадение.
2. Опыт показал, что *«все вещества могут (существовать) находиться только в газообразном, жидком или твердом состоянии»*. И это правильно и об этом знает любой школьник. - Вновь полное совпадение.

1

* (Автор статьи закончил кафедру электроники физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова – 1973 год; кандидат физико-математических наук, специальность 01.04.04 – «Физическая электроника, в том числе квантовая», 1978 год; доктор технических наук, специальность 05.11.16 - «Информационно-измерительные и управляющие системы», 2001 год. В этой связи, будучи физиком по образованию позволю себе заметить, что идеи Дрекслера о *«физической возможности построения объектов «атом за атомом»* полностью противоречат законам физики *«как мы их сейчас понимаем»* и не следовало бы господину Дрекслеру, в своих околонуточных фантазиях, прикрываться авторитетом Р. Фейнмана - великого учёного).

1

3. В физике доказано, что атомы, составляющие вещества, всегда находятся в движении. Кинетическая энергия движения атомов вещества в любом состоянии (*газообразном, жидком или твёрдом*) определяется температурой тела. Из теоремы Нернста о недостижимости температуры абсолютного нуля следует, что термические коэффициенты расширения и давления веществ, связанные с кинетическими энергиями атомов и характеризующие поведение атомов веществ в газообразном, жидком или твёрдом состояниях, при $T \rightarrow 0$ обращаются в нуль [4, 5]. То есть, только при температуре абсолютного нуля атомы в веществах могут быть неподвижны, но это «недостижимо».

Теперь обратимся к «дрекслеровским» представлениям о том, что газообразные, жидкие и твёрдые вещества («медь» и «резина»), которые он называет почему-то «пассивными» и образованными на основе «простых молекулярных схем». По существу, эти рассуждения являются антинаучными, или, по крайней мере, требующими дополнительного обоснования. Вместо этого Дрекслер, вводя понятие «пассивных» веществ, образованных на основе «простых молекулярных схем», совершенно необоснованно «втискивает механицизм XVIII века» в толкование процессов, происходящих в живых организмах, и развивает этот, абсолютно «механистический» подход, дальше: «Генные инженеры уже показывают путь. Обычно, когда химики создают молекулярные цепи, называемые «полимерами», — они сваливают молекулы в сосуд, где они в жидкости сталкиваются и связываются случайным образом. Появляющиеся в результате цепи имеют различные длины, а молекулы связываются без какого-либо определенного порядка». В одной этой фразе содержится целый ряд некорректных утверждений.

Начнём с того, что в Большой Российской энциклопедии (БРЭ) полимерами называют особую группу материалов, которые создаются с

использованием сложных физико-химических технологий [6], а не в результате того, что *«химики создают молекулярные цепи, называемые «полимерами»»* чисто механически, *«сваливают молекулы в сосуд»*, правильно было бы сказать – сливают, *«где они в жидкости сталкиваются и связываются случайным образом»*. Сваливают кирпичи, песок и другие материалы, а жидкости, также состоящие из атомов и молекул, связанных случайным образом под влиянием химических реакций в конкретные вещества, в том числе и полимеры (от греч. *«поли»* – много и *«мерос»* – часть), сливают.

Заметим здесь, что вряд ли оправдано применять понятие *«сваливания»*, как это сделано Эриком Дрекслером, применительно к химически нейтральным жидкостям, тогда как применительно к сыпучим материалам (песку, цементу, кирпичам и т.п.) оно может быть уместно, поскольку сыпучие материалы связываются в единую субстанцию под влиянием высокотемпературного обжига или иных строительных технологий, но состоящих, в конечном итоге, также из атомов и молекул, применимо к описанию технологии получения полимерных материалов. Пример возьмём из работы [7], где описана специальная технология получения полимерных плёнок методом электронной полимеризации из мономеров – более простых веществ.

Продолжая эту свою, в сущности, *«механистическую»* логику рассуждений, Дрекслер утверждает, что *«в современных машинах генного синтеза генные инженеры строят более организованные полимеры – специфические молекулы ДНК, соединяя молекулы в определенном порядке»*. То есть, при описании процессов в биологии и генетике Дрекслером вводится совершенно необоснованно ещё целый ряд чисто *«механистических»* понятий: *«машины»*; более того – *«генные машины»*; *«машины генного синтеза»*; *«генные инженеры»* и т. п.

На каком основании? Вообще-то, физики, химики и, тем более, биологи объясняют все эти явления и процессы иначе, без всяких там *«генных машин»*.

Ни в одной книге по биологии нет понятия, что *«специфические молекулы ДНК»* это *«организованные полимеры»*, которые *«строят генные инженеры»* с помощью *«современных машин генного синтеза»*, механически *«соединяя молекулы в определенном порядке»*.

На языке химии, физики и биомедицины ДНК – это аббревиатура, которая расшифровывается как *«дезоксирибонуклеиновая кислота»*.

Открытие в 1953 году структуры молекулы ДНК принято считать началом молекулярной биологии. В частности, Джеймс Уотсон, Френсис Крик и Морис Уилкинс в 1962 году получили Нобелевскую премию по физиологии и медицине *«за открытия в области молекулярной структуры нуклеиновых кислот и за определение их роли для передачи информации в живой материи»*.

Поэтому далеко идущие физиологические и медицинские фантазии Дрекслера и его последователей по *«наноробототехнологической»* сборке молекул ДНК, доставке лекарств молекулярными *«нанороботами»*, составленными из отдельных атомов, сомнительны, более того – невозможны, поскольку такие *«нанороботы»*:

- во-первых, должны быть *«умными»*, то есть управляться компьютером с программным обеспечением, большой оперативной памятью, емкостью для лекарств и т. д.;

- во-вторых, по нашим оценкам их размеры в поперечнике будут всего лишь в десять раз меньше *«наноробота»* из *«наночастиц»*, то есть в объеме $\sim 1 \text{ см}^3$. В кишечник такую *«самоходку»* запустить конечно можно, но полезный лечебный эффект получить *«едва ли»* получится.

Можно и дальше критически рассуждать о некорректности высказываний Дрекслера в рамках развиваемой им теории *«молекулярных нанотехнологий»*, но это отдельная и большая тема. Здесь же ограничимся сомнениями, которые сформулированы нами выше и не вступают в противоречие с названием нашей статьи.

Ответить на все поставленные в рамках данной статьи вопросы не представляется возможным из-за ограничений объема и без рассмотрения материалов, инструментов и сфер применения «нанотехнологий», о чём авторы продолжают говорить в своих последующих работах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванников В.П, Кабакова А.В., Кабаков Е.А. «Нанотехнологии», как фактор развития инновационного потенциала промышленности, науки и научной индустрии // Управление техносферой: электронный журнал. 2020. Т.3. Вып.1. С. 84 – 100. DOI: <https://doi.org/10.34828/udsu.2020.20.99.006>
2. K. Eric Drexler. "Molecular Engineering: An Approach to the Development of General Capabilities for Molecular Manipulation". Proc. Natl. Acad. Soc. USA, 1981, 78 pp. 5275 – 5278
3. Feynman R.P. "There's Plenty of Room at the Bottom" Engineering and Science (California Institute of Technology), February 1960, pp.22 – 36
4. Базаров И.П. Термодинамика. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. 292 с.
5. Рейф Ф. Статистическая физика. Берклевский курс физики. Том 5 / под редакцией А.К. Шальникова и А.О. Вайсенберга. 2-е изд. М. Издательство «Наука»: Главная редакция физико-математической литературы, 1977. 351 с.
6. Еловиков С.С., Дубинина Е.М., Иванников В.П. Электронно-лучевая полимеризация для получения диэлектрических пленок // Радиотехника и электроника. Т.ХІХ. №1. 1974. С. 210 – 213.
7. Хейденрайх Р. Основы просвечивающей электронной микроскопии. / перевод с англ. Москва: Изд. «МИР», 1966. 472 с.

Поступила в редакцию 21.06.2021

Сведения об авторах*Иванников Валерий Павлович*

д.т.н., профессор, Удмуртский государственный университет,
426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.

E-mail: ivannikov-vp@yandex.ru

Кабакова Анна Валерьевна

к.т.н., доцент, Ижевский государственный технический университет имени Калашникова
426054, ул. Студенческая, 7, г. Ижевск, Россия.

E-mail: sunanniv@mail.ru

V.P. Ivannikov, A.V. Kabakova

"NANOTECHNOLOGIES" AS A FACTOR OF IMPROVEMENT OF EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES AT THE MODERN STAGE OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL DEVELOPMENT

Annotation. Improvement of technology and technology at the present stage of scientific and technological development is the most important factor in the implementation of the innovative potential of industry, science and the scientific industry and is aimed at the development of resource-saving, waste-free technologies, which, in turn, leads to the improvement of organization, management and growth of production efficiency. At the same time, the active intervention of "science" in the creation and use of materials, devices and technical systems, the functioning of which is determined by their nanostructural features, stimulates our desire to better understand the meaning of the terms fashionable today with the prefixes "techno" and "nano", in connection with the fact that, recently, too many authors of scientific publications have appeared, interpreting these concepts in a very peculiar way.

Key words: materials, technologies, products, nanotechnologies, nanoparticles, nanomaterials, nanosystem technology, nanorobots, nanoindustry.

For citation: Ivannikov V.P., Kabakova A.V. ["Nanotechnologies" as a factor of improvement of equipment and technologies at the modern stage of scientific and technical development] *Upravlenie tekhnosferoi*, 2021, vol. 4, issue 4. (In Russ.) Available at: <https://technosphere-ing.ru> pp. 435 – 446. DOI: 10.34828/UdSU.2021.73.10.008

REFERENCES

1. Ivannikov V.P, Kabakova A.V., Kabakov E.A. «Nanotekhnologii», kak faktor razvitiya innovatsionnogo potentsiala promyshlennosti, nauki i nauchnoi industrii ["Nanotechnology" as a factor in the development of the innovative potential of industry, science and scientific industry]. *Upravlenie tekhnosferoi: elektronnyi zhurnal [Management of the technosphere: an electronic journal]*. 2020, vol. 3. Issue 1. pp. 84 – 100. (In Russ).
DOI: <https://doi.org/10.34828/udsu.2020.20.99.006>
2. K. Eric Drexler. "Molecular Engineering: An Approach to the Development of General Capabilities for Molecular Manipulation". Proc. Natl. Acad. Soc. USA, 1981, 78 pp. 5275 – 5278
3. Feynman R.P. "There's Plenty of Room at the Bottom" Engineering and Science (California Institute of Technology), February 1960, pp.22 – 36

4. Bazarov I.P. Termodinamika [Thermodynamics]. Moscow: State Publishing House of Physical and Mathematical Literature, 1961, 292 p. (In Russ).
5. Reif F. *Statisticheskaya fizika. Berkleevskii kurs fiziki. Tom 5* [Statistical Physics. Berkeley Physics Course. Volume 5]. In A.K. Shalnikov and A.O. Weissenberg (eds); 2-e izd.: Moscow: Publishing house "Science": Main edition of physical and mathematical literature, 1977, 351 p.
6. Elovikov S.S., Dubinina E.M., Ivannikov V.P. Elektronno-luchevaya polimerizatsiya dlya polucheniya dielektricheskikh plenok [Electron beam polymerization for obtaining dielectric films]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio engineering and electronics]. T.XIX. 1, 1974, pp. 210 – 213. (In Russ).
7. Kheidenraikh R. *Osnovy prosvchivayushchei elektronnoi mikroskopii: per. s angl.* [Fundamentals of transmission electron microscopy]. Moscow: Publishing house. "MIR", 1966, 472 p. (In Russ).

Received 21.06.2021

About the Authors

Ivannikov Valery Pavlovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Udmurt State University, 426034, Russia, Izhevsk, University str., 1/7

E-mail: Ivannikov-vp@yandex.ru

Kabakova Anna Valerievna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Izhevsk State Technical University named after Kalashnikov
426054, Studentskaya str., 7, Izhevsk, Russia,

E-mail: sunanniv@mail.ru