

УДК 330.34
ББК 30у

АНАЛИЗ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИЙ

О.Е. Котенева¹, А.С. Николаев², Е.Л. Богданова²

¹ПАО «Техприбор»

²Университет ИТМО

Адрес для переписки: ola_spb@mail.ru, nikand951@gmail.com

Информация о статье:

Поступила в редакцию 26.02.2020, принята к печати 28.03.2020

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Котенева О.Е., Николаев А.С., Богданова Е.Л. Анализ исторических закономерностей развития инноваций // Экономика. Право. Инновации. 2020. № 1. С. 35–42.

Аннотация: Авторами статьи сформирован глобальный инновационный ландшафт, отражающий развитие ключевых технологий, созданных человечеством на протяжении последних веков. В рамках проведенного исследования были рассмотрены характерные этапы эволюции технологического развития от зарождения технической мысли в древности до наших дней. Таким образом был сформирован комплексный взгляд на природу инновационной деятельности человечества, который может быть полезен в области образования при знакомстве обучающихся с основами технологий нововведений. В статье приведена авторская классификация исторических этапов развития техники от первых изобретений человечества до современных технических средств. Исследование основывалось на известных исторических данных, что позволило разделить весь период технологического развития человечества на десять основных этапов: первые рукотворные орудия, овладение огнем, каменный топор и каменное копье, механический ткацкий станок, технологии создания железа, огнестрельное оружие, паровая машина, самолет, атомный реактор, средства электронной вычислительной техники. Указанные этапы были сформированы авторами в виде временной гистограммы. Аппроксимация гистограммы во времени представлена кривой технического прогресса. Построенная кривая отражает скорость видоизменений техники на различных этапах исторического развития общества. На основе полученных данных авторами составлено математическое выражение, соответствующее аппроксимирующей кривой и представляющее собой экспоненциальную функцию времени. Экстраполяция полученной экспоненты в будущее позволила получить достоверный прогноз темпов обновления техники в текущем столетии. В качестве прогноза в исследовании приводится авторский взгляд на возможные последствия текущих процессов обновления техники и появления новых технологий. В результате проведенного исследования авторами установлено, что наблюдаемая в настоящее время экспоненциальная зависимость скорости обновления техники во времени должна сохраниться в течении всего текущего столетия. Рассчитанная длительность предстоящих периодов обновления техники может составить уменьшение длительности периодов обновления техники до предельного значения может вызвать расслоение общества по возрастному принципу.

Ключевые слова: инноватика, инновационное развитие, технический прогресс, технология нововведений, планирование инноваций, инновационный ландшафт

ANALYSIS OF THE HISTORICAL REGULARITIES OF THE DEVELOPMENT OF INNOVATION

O. Koteneva¹, A. Nikolaev², E. Bogdanova²

¹PJSC «Techpribor»

²ITMO University

Corresponding authors: ola_spb@mail.ru, nikand951@gmail.com

Article info:

Received 26.02.2020, accepted 28.03.2020

Article in Russian

For citation: O. Koteneva, A. Nikolaev, E. Bogdanova. Analysis of the historical regularities of the development of innovation. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2020. No. 1. pp. 35–42.

Abstract: The authors of the article have formed a global innovative landscape that reflects the development of key technologies created by mankind over the past centuries. In the framework of the study the characteristic stages of the evolution of technological development from the origin of technical thought in antiquity to the present were considered. Thus, a comprehensive view of the nature of the innovative activity of mankind is formed, which can be useful in the field of education when acquainting students with the basics of innovation technologies. The article presents the author's classification of the historical stages of the development of technology from the first inventions to modern technical means. The study was based on well-known historical data, which allowed us to divide the entire period of technological development of mankind into ten main stages: the first man-made tools, the mastery of fire with a stone ax and stone spear, a mechanical loom, iron making technologies, firearms, a steam engine, an airplane, a nuclear reactor, means of electronic computing. The indicated stages were formed by the authors in the form of a temporary histogram. The approximation of the histogram in time is represented by the curve of technological progress. The constructed curve reflects the rate of modification of technology at various stages of the historical development of society. Based on the data obtained, the authors compiled a mathematical expression corresponding to an approximating curve and representing an exponential function of time. Extrapolation of the obtained exhibitor to the future made it possible to obtain a reliable forecast of the rate of renewal of technology in the current century. As a forecast, the study provides an author's view of the possible consequences of the current processes of updating technology and the emergence of new technologies. As a result of the study, the authors found that the currently observed exponential dependence of the technology update rate over time should be maintained throughout the current century. The calculated duration of the upcoming periods of equipment renewal may amount to a decrease in the duration of periods of equipment renewal to the maximum value, which may cause stratification of the society according to the age principle.

Keywords: innovation, innovative development, technical progress, technology innovations, innovation planning

Введение. В своем развитии техника прошла исторически долгий путь от примитивных первобытных орудий труда до атомных реакторов и роботизированных производственных комплексов.

Основные этапы этого развития характеризуются переходами от малопроизводительных средств производства к высокопроизводительным.

Каждый такой переход приводил к существенному изменению общественных отношений и возникновению новых специализаций и новых общественных классов. В основе изменения общества лежали изменения техники – изобретения, идеи, получившие «овеществленное воплощение для удовлетворения человеческих потребностей и разрешения, возникающих технических и социальных проблем» [7].

Например, изобретение в конце 18-го века в Англии паровой и прядильной машин привело к промышленной революции, вызванной переходом от мелко-кустарного, мануфактурного способа производства к машинному, фабричному производству.

В наше время, в начале 21-го века мы являемся свидетелями информационной революции, вызванной созданием ЭВМ, позволивших перейти от ручного выполнения вычислительных и логических операций к машинным способам. Примером может служить стремительный прогресс лазерной,

космической, биогенной и компьютерной техники, история развития которых насчитывает чуть более полувека.

Весьма вероятно, что ускорение темпов видоизменения техники будет возрастать и в дальнейшем, что может привести к трудно прогнозируемым социальным последствиям.

Постановка задачи (Цель исследования). Ключевой задачей исследования является построение глобального инновационного ландшафта, отражающего развитие ключевых технологий, созданных человечеством на протяжении последних веков. В исследовании необходимо провести ретроспективный анализ длительности инновационного лага по ключевым изобретениям человечества с целью формирования прогноза, касающегося перспективных темпов будущего инновационного развития мирового сообщества.

Методы и материалы исследования. Исследование проводилось на основании общепринятых трактовок и подходов к определению основных вех развития техники и технологий. Использовались методы ретроспективного и сопоставительного анализа. Для визуализации выявленных закономерностей исторического развития в области инноваций были использованы графики функций.

Полученные результаты.
Сокращение периодов обновления техники. В своем развитии техника,

представляющая собой совокупность технических продуктов и средств их производства, прошла долгий путь от примитивных первобытных орудий труда до атомных реакторов и роботизированных производственных комплексов.

Если в далеком прошлом для существенного обновления используемых технических продуктов требовались десятки тысяч лет, если пред античную эпоху на создание новых технических средств уходили тысячелетия, а в средние века – сотни лет, то сегодня существенная смена технологий происходит всего лишь за несколько десятилетий (см., например, [4, 5]).

Ускорение темпов видоизменения техники будет продолжаться и в ближайшем будущем, что может привести к

трудно прогнозируемым социальным последствиям [1].

Чтобы наглядно установить, какой именно закономерности подчинена скорость обновления техники во времени, рассмотрим процесс ее видоизменения с момента зарождения (около 100 тыс. лет назад) до наших дней. С этой целью выделим во времени несколько характерных реперных точек, датирующих появление пионерных для своего времени продуктов, принципиально повлиявших на развитие техники, и составим соответствующую таблицу (см. Таблицу 1). Очевидно, что некоторые из выбранных типов представителей техники могут быть заменены другими, однако, это не изменит общую динамическую картину глобальной эволюции техники.

Таблица 1

Время появления основных технических продуктов

Номер репера, <i>n</i>	Виды техники	Удаленность во времени, лет назад
1	Первые рукотворные орудия труда	100000 лет
2	Овладение огнем	50 000 лет
3	Каменный топор, каменное копьё	20000 лет
4	Бронза, колесо, механический ткацкий станок	5 500 лет
5	Железо	3000лет
6	Огнестрельное оружие	900лет
7	Паровая машина, станок	300лет
8	Самолет, радио, автомобиль	120 лет
9	Спутник, атомный реактор, лазер, ЭВМ	60 лет
10	Компьютер, интернет, смартфон	40-30 лет

Основные реперные точки процесса эволюции техники хорошо известны, см., например, [8,9]. Это – появление первых орудий труда около 100 00 лет назад, бронзы – около 5000 лет назад., железа – около 3000 лет назад. Из недалекого прошлого можно отметить паровую машину и механический станок, вызвавшие промышленную революцию 17–18 веков, создание самолета в 1903 году, атомной электростанции и искусственных спутников Земли в 1960-е годы, появление персонального компьютера в 1970-е годы, мобильного телефона и интернета в 1990-е годы.

Характер уменьшения длительности периодов обновления техники со

временем наглядно иллюстрируется схемой на Рисунке 1.

Тот факт, что скорость технического прогресса неуклонно возрастает, а периоды обновления техники со временем сокращаются, давно известен, см., например, [5], однако фактические закономерности этих изменений до сих пор не определялись.

Для аналитического исследования скорости эволюции техники выберем в качестве исследуемого параметра **длительность периода обновления техники**.

При этом под длительностью периода будем понимать разность во времени возникновения сменяющих друг друга поколений пионерных технических продуктов.

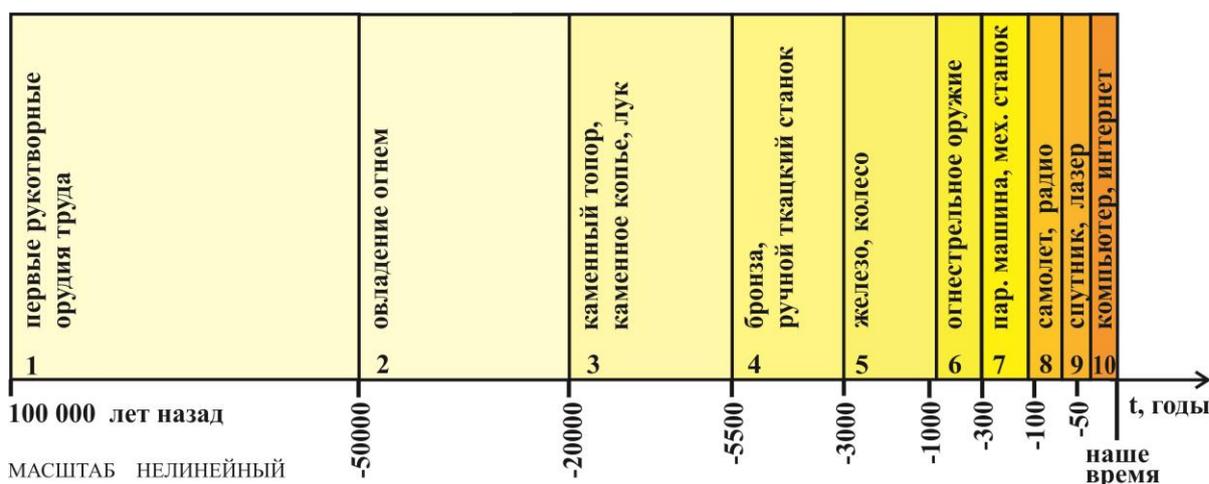


Рисунок 1. Схема изменения длительности периодов обновления техники

Чтобы описать процесс изменения во времени длительности периодов обновления техники, вычислим, пользуясь таблицей 1, их значения (см. Таблицу 2).

Таблица 2

Длительности периодов обновления техники

Пионерные технические продукты	Удаленность, лет назад	Порядковый номер периода, N	Длительность T _N периода обновления техники, лет
Первые орудия труда	100000	1	100000 - 50000 = 50 000
Овладение огнем	50 000	2	50000 - 20000 = 30 000
Каменный топор	20000	3	20000 - 5 500 = 14 500
Бронза, колесо	5 500	4	5 500 - 3 000 = 2 500
Железо	3000	5	3 000 - 900 = 2100
Огнестрельное оружие	900	6	900 - 300 = 600
Паровая машина	300	7	300 - 120 = 180
Самолет	120	8	120 - 60 = 60
Спутник	60	9	60 - 30 = 30
Компьютер	40-30		

Используя полученные значения, построим эмпирический график зависимости, связывающей длительность периодов обновления техники с их порядковыми номерами (см. Рисунок 2). По вертикальной оси графика отложены длительности T_N периодов обновления техники, а по горизонтальной – их порядковые номера N. Порядковые номера периодов характеризуют их удаленность во времени от наших дней. Настоящему времени соответствует период с номером N=10, длительность которого пока неизвестна. Для большей

наглядности на Рисунке 2 в укрупненном масштабе по оси T_N дополнительно представлен участок кривой, начиная с номера N=4 до наших дней.

График функции на Рисунке 2 представляет собой **кривую скорости технического прогресса**. Несмотря на принятые обобщения и допущения, она достаточно точно передает характер изменения скорости обновления техники во времени. Из Таблицы 2 графика на Рисунке 2 наглядно видно, что длительность T_N периодов обновления

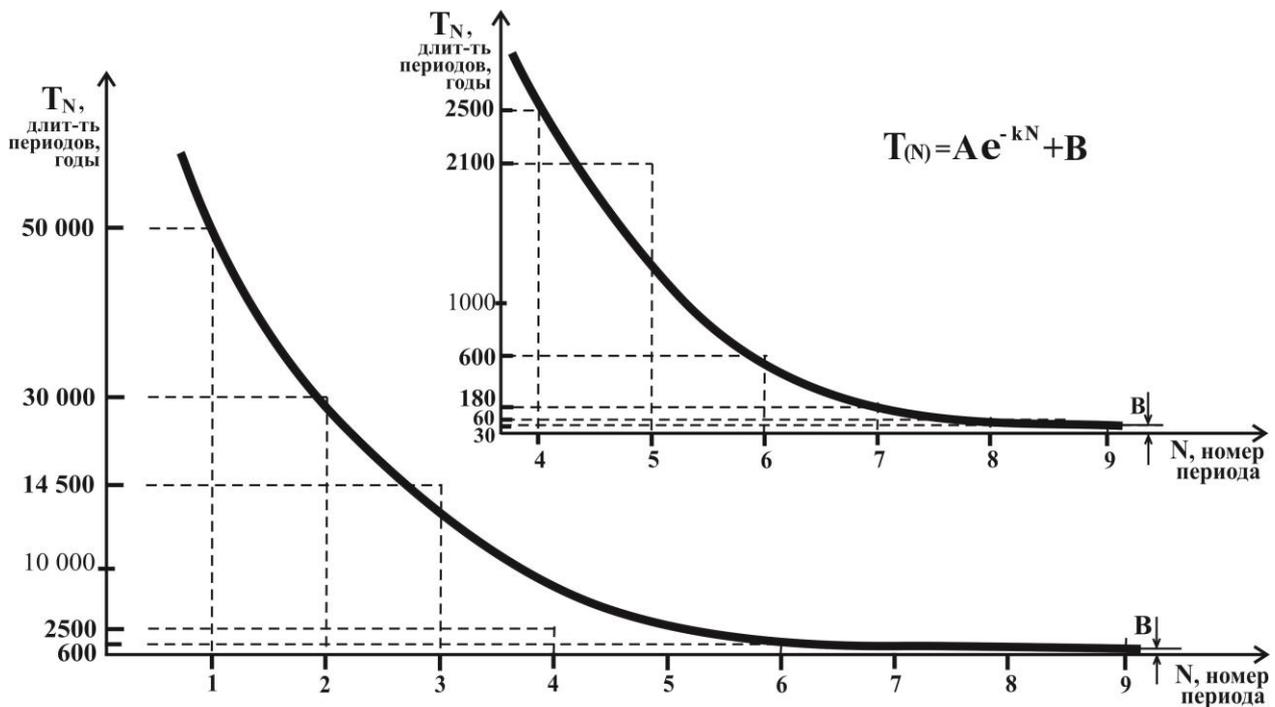


Рисунок 2. Кривая технического прогресса

техники на всем рассматриваемом историческом интервале неуклонно уменьшается в соответствии с монотонно убывающей нелинейной зависимостью. Во времена каменного, бронзового и железного веков длительность периодов сокращалась весьма стремительно. В наше время темп сокращения постепенно снижается и длительность T_N периодов стремится к весьма малой постоянной величине B .

Полученную эмпирическую зависимость можно аппроксимировать экспоненциальной функцией

$$T_N = A e^{-kN} + B \quad (1)$$

T_N – длительность периода обновления техники,

A, B – размерные постоянные, $B \approx 15$ лет,

k – безразмерный показатель крутизны экспонент,

N – номер этапа обновления техники, $N = 1, 2, 3, \dots$

По характеру кривой видно, что **скорость** технического прогресса, постоянно увеличивающаяся в течении последних тысяч лет, продолжает расти и в наше время, т.к. длительность периодов обновления техники неуклонно сокращается. Однако, **темпы возрастания скорости** заметно уменьшаются со временем. Это вызвано объективными

причинами: длительность периода обновления техники не может стать менее предельной величины B , предположительно равной 10 – 15 лет. Учитывая, что длительность последних периодов $N=8$ и $N=9$, составляющая около 60 и 30 лет, соответственно, достаточно близка к этому пределу, замедление темпа технического прогресса вполне объяснимо.

Перспективы технического прогресса.

Представленная на Рисунке 2 кривая технического прогресса монотонно убывает во времени.

Нет никаких реальных оснований полагать, что, при отсутствии глобальных возмущающих факторов (планетарных катастроф, ядерных войн или губительных пандемий), характер кривой в нашем столетии может измениться.

Это позволяет обоснованно экстраполировать кривую в ближайшее будущее на несколько условных периодов обновления техники и вычислить соответствующую каждому из них длительность T_N .

На Рисунке 3 показана продленная в ближайшее будущее кривая технического прогресса для периодов с номерами $N=10, 11, 12, 13$. Длительности будущих периодов обновления техники, согласно зависимости на Рисунке 3, должны постоянно уменьшаться, стремясь к некоторому пределу $B \approx 15$ лет.

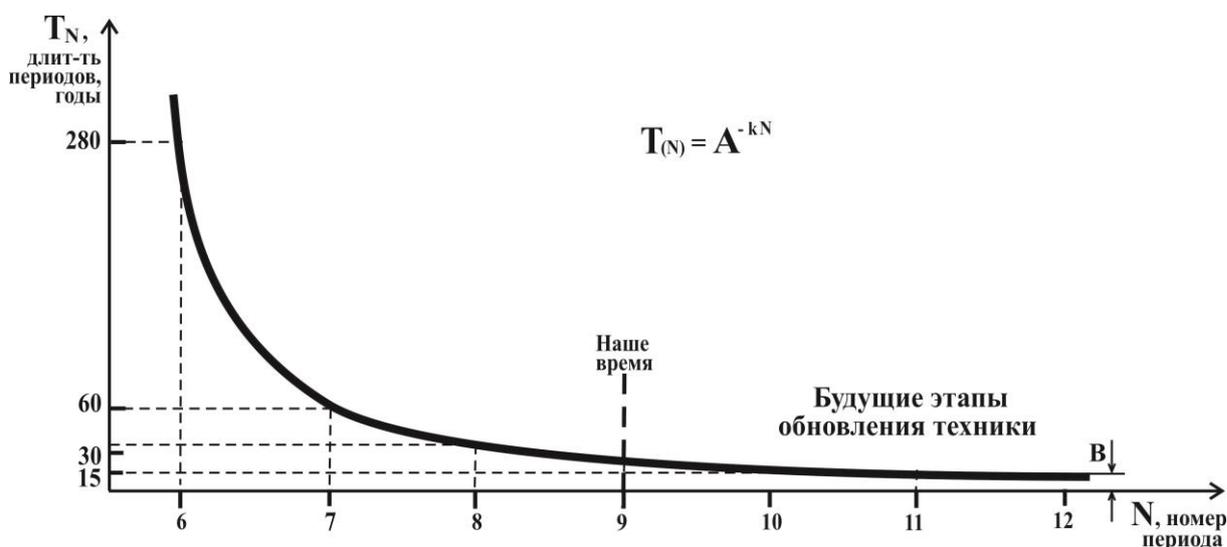


Рисунок 3. Кривая технического прогресса, продолженная в ближайшее будущее

Указать конкретный состав техники для предстоящих периодов практически невозможно, поскольку вероятность успешного футурологического прогноза крайне незначительна, так как поведение сложных социально-технических систем непредсказуемо.

Но это не так уж и важно, поскольку ход экспоненты во времени мало зависит от конкретного состава техники, а определяется другими, более глубокими закономерностями.

Важно то, что полученный график дает возможность достаточно достоверно определить длительности будущих периодов обновления техники: $T_{10} \approx 30$ лет, $T_{11} \approx 25$ лет, $T_{12} \approx 20$, $T_{13} \approx 15$.

Эти данные позволяют сделать вывод, что в начале следующего столетия техника может принципиально видоизменяться всего лишь за 10 – 15 лет!

Поскольку адаптационные возможности общества ограничены, то логично предположить, что стремительный экспоненциальный прогресс техники в ближайшем будущем будет неизбежно замедлен. Именно такую закономерность отображает кривая скорости технического прогресса, продолженная в будущее.

Техногенно-возрастное расслоение общества. Другое, менее очевидное предположение связано с продолжительностью активной жизни поколения.

Считается, что результативное воздействие очередного поколения людей на

общественную жизнь продолжается около 30-35 лет.

Как в далеком, так и в недавнем прошлом период T_{II} активности поколения всегда был существенно меньшим длительности T_N периода обновления техники.

$$T_{II} < T_N \quad (2)$$

Однако, как это следует из графика Рисунок 3, уже при $N=12$, т.е. менее, чем через 100 лет, может произойти своеобразная инверсия системы «Техника-Общество» и неравенство (2) изменится на противоположное:

$$T_N < T_{II} \quad (3)$$

При этом может оказаться, что в течение жизни одного поколения людей произойдет смена нескольких поколений техники. В свою очередь, это может привести к техногенному расслоению общества по возрастному признаку.

В юности человек наиболее адаптивен к окружающей его обстановке, запечатлевая ее всерьез и надолго без различий между новыми и традиционными техническими изделиями, поскольку для него они равноценны.

В связи с этим вновь появившаяся и достаточно непривычная для взрослых техника воспринимается детьми, в отличие от взрослых, как часть окружающего их мира, как нечто вполне естественное и обыденное. Свободное оперирование новой техникой и новой

терминологией, не требующее ни значительных физических усилий, ни многолетнего жизненного опыта, может не только создать у юного поколения видимость превосходства над старшими, но и дать ему реальные преимущества в квалификации, производительности труда, скорости принятия решений и прочим.

При стремительном обновлении техники не исключена ситуация, когда молодые люди с возрастной разницей всего лишь в 10 – 15 лет будут обладать мало пересекающимися знаниями, словарным запасом, функциональными навыками и даже целями и интересами, существенно отличаясь между собой буквально во всех отношениях.

Подобная ситуация неизбежно приведет к глубокому возрастному расслоению общества, вызванному не психологическими факторами естественного взросления, а внешними условиями, навязанными технической избыточностью.

Такое расслоение опасно неожиданными последствиями, т.к. оно разделит людей не по привычным возрастным группам типа «отцы и дети» с разрывом в 35 – 40 лет, а по мелким возрастным прослойкам в 10 – 15 лет. Ожидаемое увеличение продолжительности жизни не сможет серьезно повлиять на этот процесс.

К чему это приведет, предсказать невозможно, но то, что разделение целостного сообщества людей по неестественному критерию может оказаться чрезвычайно опасным, не подлежит сомнению.

Трудно дать обоснованные рекомендации по упреждающему демпфированию предстоящего техногенно-возрастного расслоения общества.

Однако уже одно понимание его неизбежности означает: «Предупрежден значит вооружен».

Примером результативности подобного

Список литературы:

1. Антипов А.А. Современные проблемы инноватики: Учебно-методическое пособие / А.А. Антипов – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 89 с.
2. Горохов В.Г. Концепции современного естествознания и техники. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 608 с.
3. Грюнвальд А. Техника и общество: западноевропейский опыт исследования социальных

подхода могут служить превентивные мероприятия, принимаемые человечеством по экологическим проблемам.

Заключение. В ходе проведенного исследования была выведена аналитическая зависимость скорости видоизменения техники во времени. На временном интервале от бронзового века до конца текущего столетия она представляет собой экспоненциальную функцию времени. Построены графики, характеризующие изменение во времени скорости технического прогресса.

На временном интервале от первобытных орудий труда до спутника и интернета кривая технического прогресса представляет собой экспоненциально убывающую функцию.

Анализ полученной закономерности позволяет уверенно обосновать наиболее вероятный темп технического развития в ближайшем будущем, а также некоторые его последствия.

Во-первых, наблюдаемая в настоящее время экспоненциальная зависимость скорости обновления техники во времени должна сохраниться в течении всего текущего столетия; при этом длительность предстоящих периодов обновления техники может составить

$T_{11} \approx 25$ лет, $T_{12} \approx 20$ лет, $T_{13} \approx 15$ лет, то есть, будет плавно уменьшаться до минимально возможного значения. Это означает, что уже к началу следующего века техника может принципиально видоизменяться всего лишь за десять-пятнадцать лет.

Во-вторых, уменьшение длительности периодов обновления техники до предельного значения может вызвать многие нежелательные последствия, такие, например, как возрастное расслоение общества.

Поэтому обоснованное прогнозирование результатов хотя бы нескольких подобных последствий весьма важно для своевременной адаптации к ним социального общества.

References:

1. A. Antipov. Modern problems of innovation. Educational and methodological guide. *SPb: Universitet ITMO*. 2017. 89 p. (in Rus)
2. V. Gorokhov. Concepts of modern natural science and technics. *M.: INFRA-M*. 2000. 608 p. (in Rus)
3. A. Grunvald. Technics and society: western european experience in research on the social

- последствий научно-технического развития. – М.: Логос, 2011. – 158 с.
4. Кастельс М. Информационная эпоха. Экономика, общество и культура. – М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 609 с.
5. Ковалев В.И. История техники. Тонкие наукоемкие технологии. – М: Знание, 2018. – 360 с.
6. Медоуз Д. Пределы роста. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 342 с.
7. Мурашова С.В, Скворцов А.Г. Анализ необходимых качеств личности для успешной предпринимательской деятельности // Экономика. Право. Инновации. 2017. № 3. С.77–79.
8. Розин В.М. Философия техники: от египетских пирамид до виртуальных реальностей. – М.: Notabene, 2001.– 365 с.
9. Ушаков Е.Ф. Философия техники и технологии. – М.: Юрайт, 2017. – 307 с.
- consequences of scientific and technological development. *M.:Logos*. 2011. 158 p. (in Rus)
4. M. Kastels. Information age. Economy, society and culture. *M.: GU VshE*. 2000. 609 p. (in Rus)
5. V. Kovalev. History of technics. Thin science-intensive technologies. *M.: Snaniye*. 2018. 360 p. (in Rus)
6. D. Meadows. The limits to growth. *M.: INFRA-M*. 2012. 342 p. (in Rus)
7. S. Murashova, A. Skvortsova. Analysis of the necessary personal qualities for successful business activity. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2017. No. 3. pp. 77–79 (in Rus)
8. V. Rosin. Philosophy of technics: from the Egyptian pyramids to virtual realities. *M.: Notabene*. 2001. 365 p. (in Rus)
9. E. Ushakov. Philosophy of technics and technology. *M.: Yurait*. 2017. 307 p.