

УДК 330.111.4:330.341.1

ББК 65.050

## ЭНЕРГИЯ КАК ФАКТОР ПРОИЗВОДСТВА И ДВИЖУЩАЯ СИЛА ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ

**В. Ф. Байнев**

baynev@bsu.by

доктор экономических наук, профессор,  
заведующий кафедрой инноватики и предпринимательской деятельности,  
Белорусский государственный университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

*Статья посвящена изучению энергии в качестве ключевого производственного ресурса, развитие которого обеспечивает прогресс техники, технологий и земной цивилизации в целом. Показано, что природная энергия, вовлекаемая силой интеллекта людей в производственные процессы, при посредничестве машин замещает все более и более сложные функции человека в процессе его трудовой деятельности. Тем самым совершенствование энергетической базы приводит к смене поколений машин, этапов индустриализации и организационно-экономических форм ведения бизнеса в направлении непрерывно нарастающей интеграции капитала в рамках все более и более крупных субъектов хозяйствования.*

**Ключевые слова:** энергия, энергетический фактор производства, технико-технологический прогресс, индустриализация, интеллектуализация техносферы.

**Введение.** Сегодня в мире много говорят, пишут, дискутируют о четвертой индустриальной (промышленной) революции. Предложивший систему периодизации эволюции техники и технологий на основе выделения первой-четвертой индустриальных революций немецкий ученый К. Шваб по данному поводу написал: «Мир преобразуется на наших глазах. Новые технологии меняют жизнь, убеждения и ценности. Человечество стоит на краю новой технологической революции, которая кардинально изменит то, как мы живем и работаем, и относимся друг к другу. Подобного масштаба и сложности перемен человечеству еще никогда не доводилось испытывать» [1]. С мнением, что эволюции техники и технологий носит именно революционный характер, согласны и многие другие ученые, как отечественные, так зарубежные. Так известный белорусский экономист С.Ю. Солодовников утверждает, что «глобальная социально-технологическая революция, свидетелями и участниками которой мы все являемся, по своему значению и последствиям затмевает те лежащие на поверхности проблемы и вызовы, с которыми столкнулось сегодня человечество, страны и народы» [2, с. 7].

К слову, данной позиции придерживается и автор данной статьи, считающий, что понятие «индустриальная революция» более адекватно отражает глубинную сущность свершающихся в результате технико-технологического прогресса трансформаций, нежели термины «технологический уклад» и «смена технологических укладов», которые с подачи российского ученого С. Глазьева используются для периодизации эволюции техники и технологий в России, Беларуси и других странах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) [3].

Заметим, что в обеих описанных системах периодизации эволюции техники и технологий наряду с подробным описанием новых поколений машин присутствуют и общие сведения об источниках энергии, доминирующих на том или ином этапе технико-техно-

логического прогресса. Дело в том, что энергия – это неотъемлемый атрибут всякой социально-экономической практики человечества, наиважнейший фактор производства, приводящий в действие, «оживляющий» всякую технику военного, производственного, бытового назначения. Без энергии, положим, того же света и тепла принципиально невозможна не только производственная деятельность, но и сама жизнь, элементарное существование человека, растений и животных на Земле. Да и мыслительная работа человеческого мозга – этого на сегодняшний день пока самого высшего достижения эволюции жизни на Земле – связана с тонкими электроэнергетическими процессами взаимодействия между его нейронами...

Несмотря на это, в стандартном, классическом наборе факторов производства, включающем в себя капитал, труд, землю и предпринимательские способности (см., например, [4, с. 37]), энергия не выделена в отдельную позицию-категорию. Получается, что энергетическая компонента, благодаря своим специфическим физическим свойствам, отличающим ее от осязаемой нами материи, выступает в роли некоего незримого приложения ко всем четырем перечисленным выше ключевым факторам производства и тем самым как бы «растворяется» в них. Так, подразумевается, что, например, выступающая в роли капитала техника как бы изначально включает в себя и источник питающей ее энергии, представляя с ним единое целое. Вместе с тем вполне очевидно, что такие технические устройства, как, положим, троллейбус, электровоз, токарный станок, пылесос, фен или же холодильник не включают в себя в качестве приложения питающие их электросети, множественные промежуточные трансформаторы и электростанции. Точно так же газовая плита не является единым целым с газотранспортной системой и газовым месторождением, поставляющими ей топливо.

Экономическая категория «земля», суммирующая в себе все виды природных ресурсов, также подразумевает, что энергия в том или ином виде изначально включена в их состав (уголь, нефть, газ, почва и т.п.) либо может быть получена с их помощью, как это делает, например, улавливающая солнечное излучение земная поверхность. Что же касается труда и предпринимательских способностей, то их проявление и реализация непосредственно связаны с затратами физической и умственно-интеллектуальной энергии человека.

В результате энергия, будучи как бы «растворена» в прочих факторах производства и интегрирована в их состав в качестве некоего само собой разумеющегося приложения, долгое время выпадала из поля зрения экономистов-исследователей. По этой причине энергия как фактор производства, на наш взгляд, до сих пор является не до конца изученной экономистами категорией. Данный пробел особенно недопустим сейчас, когда ученые ведут речь о «зеленой» энергетике, «разумном» электричестве, возобновляемых источниках энергии, интеллектуальной энергии человека и т. п., а возросшие энергетические возможности цивилизации поставили под угрозу саму возможность ее существования. В связи с этим в данной статье предпринята попытка восполнить указанный пробел и взглянуть на энергию как на важный и вполне самостоятельный фактор производства в контексте эволюции техники и технологий.

**Результаты и их обсуждение. Производство как энергетический процесс.** Как известно, производство – это реализуемый человеком процесс целенаправленного преобразования исходных сырья и материалов в необходимые для удовлетворения потребностей людей экономические блага. Исходя из данного определения, можно сделать ряд принципиальных выводов, в том числе непосредственно относящихся к теме данной статьи.

Во-первых, производство было, есть и еще долгое время будет не просто неотъемлемой, но главной частью жизнедеятельности обладающих потребностями людей. Этот

вывод непосредственно вытекает из того, что эпоха пассивного собирательства давным-давно канула в Лету, а потому удовлетворение наших потребностей возможно исключительно через производство. Иными словами, до тех пор, пока на Земле будут существовать люди с их потребностями, производственная деятельность будет сохранять свою значимость. А поскольку наши потребности день ото дня только растут, то и роль производства в жизни человечества будет только увеличиваться.

Во-вторых, производственная деятельность как результат способности человека к труду – это безусловная прерогатива людей, обладающих интеллектом и знаниями, которые позволяют человеку предвидеть результаты воздействий, преобразующих предметы труда в конечные либо промежуточные продукты заданного свойства и качества. Так, в глазах, не обладающих достаточным интеллектом животных, положим, обычная посевная кампания выглядит абсолютно никчемным действием, сопровождающимся зарыванием продуктов питания в землю. С точки зрения же людей, способных предвосхитить его результаты – это обычная и весьма рациональная практика.

И, наконец, в-третьих, всякая производственная деятельность как последовательность преобразующих предметы труда воздействий *всегда связана с затратами энергии*. Точнее говоря, эти самые целенаправленные преобразующие воздействия – будь то изменение геометрической формы и размеров предмета труда, (например, при вытачивании детали на токарном станке) или же изменение его внутренних физико-химических свойств (положим, при термической закалке той же детали или варке кофе) – есть не что иное, как собственно энергетические воздействия. И даже сушка, допустим, покрытой краской детали на открытом воздухе возможна исключительно за счет содержащейся в нем тепловой энергии (для ускорения указанного процесса сегодня используются специальные сушильные камеры с конвекционными или индукционными электронагревателями либо же с инфракрасными излучателями). Более того, если исходить из философского понимания того, что материя принципиально неуничтожима, то производство и хозяйственная деятельность в целом – это в чистом виде энергетические процессы, связанные с преобразованием (первичным или очередным) вечной и неуничтожимой материи в необходимые для человека формы.

При этом обращаем внимание на то, что *обрабатываемому предмету труда принципиально безразличен источник преобразующей его энергии, поскольку для нормального протекания производственного процесса важны ее вид, количество и время воздействия, то есть интенсивность, мощность энергетического воздействия*. С этой точки зрения, положим, при спиливании дерева необходимо, чтобы на него было оказано не электрическое, химическое, тепловое или световое, а именно механическое энергетическое воздействие, количественно достаточное для того, чтобы удалить древесину из зоны распила. Так, указанное удаление может быть осуществлено как за счет мускульной энергии людей, орудующих топором либо двуручной пилой, или же за счет химической энергии топлива, расходуемого ручной бензопилой либо специальной техникой, используемой при валке леса.

Принципиально важная деталь – во всех перечисленных случаях в процессе физического удаления древесины из зоны распила на стволе спиливаемого дерева должна быть израсходована, осуществлена, совершена примерно одна и та же *полезная работа* (в данном случае механическая), на выполнение которой необходимо израсходовать соответствующее количество *технологически полезной энергии*. При этом интенсивность (мощность) энергетического воздействия влияет не просто на скорость производственного процесса, но и в ряде случаев на возможность его осуществления. Например, если в нашем случае интенсивность удаления древесины из ствола спиливаемого дерева будет ниже, нежели скорость ее клеточной регенерации в зоне распила, то указанное дерево свалить не удастся.

Приведем еще несколько аналогичных примеров, свидетельствующих об универсальности указанных выше положений. Так, при жарке картофеля на сковородке, варке

борща в кастрюле или же кипячении воды в чайнике им необходимо сообщить некое вполне определенное количество теплоты – технологически полезной энергии, объективно требуемой для соответствующего изменения их внутренних физико-химических свойств. При этом требуемая передача тепла может быть осуществлена как за счет расходования электрической энергии электроплитой, так и благодаря использованию химической энергии сжигаемого газовой плитой природного газа. Однако если мощность (интенсивность) требуемого теплового воздействия окажется столь низкой, что скорость нагрева указанных объектов окажется ниже скорости их естественного остывания, то данные производственные процессы принципиально не смогут быть завершены. К слову, аналогичные рассуждения применимы и к таким производственным процессам, как выплавка чугуна, стали, меди, алюминия и т. д.

И, наконец, еще один наглядный пример. Для перемещения груза, положим, из Минска в Москву необходимо совершить некую количественно вполне определенную полезную механическую работу, затратив на это соответствующее количество технологически полезной энергии. Напомним, что с точки зрения физики энергия – это способность совершить работу, причем энергия и работа в силу единства их физической сущности измеряются в одних и тех же единицах – Дж, кДж, МДж, кВт ч и т. д.

В наши дни указанная работа по транспортировке груза может быть совершена:

а) мускулами человека-носильщика либо лошади в случае осуществления указанного перемещения вручную либо посредством гужевого транспорта;

б) двигателем внутреннего сгорания автомобиля либо тепловоза, приводящего в движение поезд, за счет преобразования химической энергии сжигаемого им топлива в механическую работу;

в) электрическим двигателем электромобиля либо движущего поезд электровоза за счет преобразования электрической энергии в технологически полезную энергию, связанную с требуемым механическим перемещением груза;

г) турбовинтовым либо реактивным двигателем самолета, преобразующим опять-таки химическую энергию сжигаемого им топлива в механическую работу по необходимости транспортировке груза в пространстве.

Обращаем внимание на принципиальный момент – во всех перечисленных выше случаях транспортировки груза технологически полезной энергией следует считать лишь ту механическую работу, которая связана непосредственно с его перемещением. В то время, когда энергетические затраты, требуемые на перемещения тела самого человека-носильщика, изменение местоположения лошади с гужевого повозкой, авто- и электромобиля, вагонов поезда и приводящего его в движение локомотива, конструктивных элементов самолета, включая любые другие сопутствующие затраты энергии, следует считать *вынужденными энергетическими потерями*. Попутно заметим, что данные рассуждения вполне применимы к перемещению грузов и людей как по горизонтали, так и по вертикали, например, при их подъеме строительным краном, эскалатором, лифтом и т. д.

И еще одна важная деталь – для каждого вида производственного процесса (спиливание дерева, выплавка стали, варка кофе, замораживание рыбы, транспортировка людей и грузов и т.п.) *величина технологически полезной энергии (работы) в расчете на единицу объема производства является строго фиксированной константой*, которую несложно подсчитать на основе физических формул либо определить эмпирически.

**Об энергетическом базисе индустриализации.** Беспристрастное исследование прогресса техники и технологий заставляет признать, что главным их предназначением – миссией – является облегчение (экономия, замещение) труда людей, рост его производительности, как в производственной, так и в социально-бытовой сфере [5].

При этом, анализируя производственную деятельность и труд человека в контексте эволюции техники и технологий (таблица 1), следует отметить, что работник в производственных процессах может выступать в трех основных сущностных ипостасях, а именно в качестве:

1) *источника механической (мышечно-двигательной) энергии*, выполняя работу землекопа, грузчика, прачки, бурлака и т. п. В данном случае заглавное значение имеет физическая сила работника, а его интеллектуальные способности играют второстепенную роль;

2) *оператора, управляющего машиной (техникой) по определенному алгоритму*, когда мышечно-двигательные возможности человека хотя и сохраняют свое значение, однако уступают заглавную роль его умственным способностям (интеллектуальной энергии) – умению усваивать и реализовывать тот или иной алгоритм управления машиной. Именно это осуществляют тракторист, шофер, крановщик, экскаваторщик, токарь, фрезеровщик, прессовщик и т.д., которые малыми физическими усилиями управляют мощными машинами, которые выполняют основной объем полезной физической работы;

3) *исполнителя интеллектуальных, творческих функций*, когда физическая сила работника имеет исчезающее малое значение, а заглавную роль приобретают интеллектуальные способности (энергия) человека, выполняющего обязанности, например, проектировщика, конструктора, дизайнера машин.

Так, начальный весьма продолжительный период эволюции земной цивилизации был связан с использованием примитивных источников непреобразованной природной энергии (мышечно-двигательных способностей человека и животных, кинетической энергии движущейся воды и воздуха, тепловой и световой энергии открытого огня и др.). При этом людьми применялись простейшие инструменты и механизмы – лопата, мотыга, грабли, коса, цеп, молот с наковальней, весла, полиспаст и другие аналогичные устройства, приводимые в действие человеком. Затем человек постепенно начал использовать свои умственные способности (интеллектуальную энергию), дабы приручить стихию, используя парус, водяное и ветряное колесо, гужевого транспорт и т. д. Таким образом, *энергетическим базисом начального (доиндустриального) этапа развития цивилизации следует считать механическую энергию мускулов человека и животных, а также источников непреобразованной природной энергии* (в основном, движущихся масс воды и воздуха). Поскольку указанные энергетические источники были сравнительно маломощными, то человек мог управлять ими в одиночку либо с помощью домочадцев. Вследствие этого основной организационно-экономической формой хозяйствования того периода выступало *мелкое кустарное производство* (см. табл. 1).

По нашему мнению, *объем интеллектуальной энергии, расходуемой человеком при осуществлении того или иного производственного процесса, количественно может быть оценен тем количеством сторонней природной энергии, которую он, используя силу своего ума, смог вовлечь в данный производственный процесс себе в помощь.*

Дабы пояснить эту мысль, проанализируем конкретный весьма распространенный производственный процесс из сельскохозяйственной практики – вскопку (вспахивание) 1 сотки (100 кв. м) земли. Известно, что среднестатистический работник при 8-часовом рабочем дне с помощью лопаты вскапывает участок земли площадью в 1 сотку в среднем за 2,5 часа. Также, исходя из 8-часового рабочего дня, эмпирически определен *мощностной эквивалент занятого простым трудом среднестатистического работника, оказавшийся равным 0,12 лошадиных сил (л.с.), что соответствует мощности 0,088 кВт* [6] (напомним, что 1 лошадиная сила в международной метрической системе СИ эквивалентна физической мощности 736 Вт, или 0,736 кВт).

Таблица 1 – Наиболее важные характеристики ключевых этапов эволюции техники и технологий

Этап эволюции техники и технологий (его приоритетные исторические рамки)	Базовое техническое устройство	Результат влияния техники на производство (сущность индустриализации)	Энергетический базис	Основная (высшая) организационно-экономическая форма хозяйствования
<i>Доиндустриальная эпоха</i> (до середины XVIII в.)	Ручной инструмент и простейшие механизмы (парус, водяное и ветровое колесо и т.п.)	Масштабное применение ручного труда	<b>Механическая энергия</b> мускулов человека и животных, а также стихийных сил природы (ветра и движущейся воды)	Мелкое кустарное производство
<i>Первая индустриальная революция</i> (вторая половина XVIII – первая половина XIX вв.)	Паровой двигатель	Механизация производства	<b>Тепловая энергия сгорания углеродородов</b> , используемая для механизации силовых производственных процессов	Малое предприятие (фирма)
<i>Вторая индустриальная революция</i> (вторая половина XIX – первая половина XX вв.)	Электрический двигатель	Электрификация производства	<b>Энергетическое электричество</b> (промышленная электроэнергия), используемое для масштабной механизации силовых производственных процессов, а также реализации других электротехнических технологий (электрический нагрев, электроосвещение, электролиз и др.)	Среднее и крупное предприятие (фирма)
<i>Третья индустриальная революция</i> (вторая половина XX – начало XXI вв.)	Вычислительный процессор (микроконтроллер), прецизионный электропривод, оборудование с ЧПУ	Автоматизация производства	<b>Информационное электричество</b> , используемое в качестве носителя информации в процессах телекоммуникации и системах автоматизации производства	Национальная и транснациональная корпорация
<i>Четвертая индустриальная революция</i> (с начала XXI в.)	«Промышленный интернет», «интернет вещей», система искусственного интеллекта	Интеллектуализация техносферы	<b>Интеллектуальное электричество</b> («разумная» электроэнергия), используемое для интеллектуализации техносферы и в системах искусственного интеллекта	Сетевая цифровая корпорация

Источник: собственная разработка автора.

Это означает, что при вскопке с помощью лопаты участка земли площадью в 1 сотку человек де-факто должен выполнить механическую работу, равную  $0,088 \cdot 2,5 = 0,22$  кВт·ч, что эквивалентно 792 кДж (1 кВт·ч=3600 кДж). Вот именно эта величина (0,22 кВт·ч/сотка, или 792 кДж/сотка) и есть технологически полезная энергия вскопки участка земли единичной площади в 1 сотку. Заметим, что данный показатель легко пересчитать применительно к любой другой единичной площади. Так технологически полезная энергия вскопки земли площадью в 1 кв.м. будет равна 0,0022 кВт·ч/кв. м (7,92 кДж/кв. м), а применительно к 1 га (10 000 кв. м) эта величина составит 22 кВт·ч/га (79,2 МДж).

Не секрет, что труд землекопа предполагает предельно минимальные затраты его интеллектуальной энергии. Таким образом, в случае использования лопаты баланс энергии – мускульной и интеллектуальной, затраченной человеком при выполнении анализируемого производственного процесса, выглядит следующим образом:

$$792 \text{ кДж технологически полезной энергии} = 792 \text{ кДж мускульной энергии человека.} \quad (1)$$

Если теперь человек для вскопки того же самого участка земли площадью в 1 сотку использует лошадь с сохой, то *вместе с ним* всю необходимую для этого технологически полезную энергию (работу) в объеме 792 кДж выполнит лошадь. При этом по сравнению с первым случаем вместо 2,5 часов будет потрачено всего 0,27 часа. За это время пахарь израсходует свою мускульную энергию в объеме лишь  $0,088 \cdot 0,27 = 0,024$  кВт·ч, или 85,5 кДж.

Приведенный пример показывает, что в случае использования лошади человек экономит свою мускульную энергию в объеме  $792 - 85,5 = 706,5$  кДж. Это означает буквально следующее – человек силой своего ума (своей интеллектуальной энергией) смог дополнительно привлечь к выполнению указанного производственного процесса 706,5 кДж сторонней природной энергии (в данном случае мускульной энергии лошади), заместив ею затраты своей мускульной силы. Мы полагаем, что именно этой величиной – *объемом вовлеченной в производственный процесс природной энергии и направленной непосредственно на совершение необходимой для его совершения технологически полезной работы (энергии) – может быть количественно оценена интеллектуальная энергия (сила) человека, использованная им при реализации анализируемого (и всякого другого) производственного процесса.*

Иными словами, баланс энергии, затраченной при перепахивании 1 сотки земли с помощью лошади, может быть представлен следующим образом (см также (1)):

$$\begin{aligned} &792 \text{ кДж технологически полезной энергии} = \\ &= 85,5 \text{ кДж затрат мускульной энергии человека} + \\ &+ 706,5 \text{ кДж затрат интеллектуальной энергии человека} \end{aligned} \quad (2)$$

При этом еще раз обратим внимание на то, что в формуле (2) затраты интеллектуальной энергии человека в точности равны затратам мускульной энергии лошади в объеме 706,5 кДж, привлеченной человеком силой своего интеллекта к осуществлению анализируемого производственного процесса.

И в завершение данного примера отметим одну принципиально важную деталь – если человек способен поддерживать механическую мощность 0,12 л.с. (0,088 кВт), то это означает, что он за 1 час своего рабочего времени выполняет механическую работу объемом 0,088 кВт·ч, или 316,8 кДж.

Таким образом, с точки зрения элементарной физики справедливы следующие равенства:

$$1 \text{ чел.} \cdot \text{ч} = 0,088 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 316,8 \text{ кДж} = 1330,6 \text{ ккал.} \quad (3)$$

Выражение (3) свидетельствует о дуализме человеческого труда, количество которого, с одной стороны, может быть измерено рабочим временем в человеко-часах, а с другой стороны – количеством расходуемой за этот человеко-час энергии [7]. С точки зрения точных наук (физики, математики и др.) измерение затрат человеческого труда в энергетических единицах более предпочтительно, поскольку разные люди за час своего рабочего времени в силу своих биологических особенностей расходуют разные объемы мускульной энергии. Однако вот здесь-то и проявляется тот фундаментальный водораздел между точными и общественными науками, заставляющий экономистов использовать именно временные единицы измерения труда.

Дело в том, что израсходованную энергию можно относительно легко восполнить (залить бензобак бензином, зарядить «севший» аккумулятор, съесть калорийную булку и т. п.), а вот время как главный жизненный ресурс человека восполнить невозможно, оно только уходит, его нельзя вернуть. С этой точки зрения время – это несравненно более ценный, нежели энергия (и деньги), ресурс. Поэтому человек использует технику для того, чтобы экономить отнюдь не свою мускульную энергию (нередко люди, например, занимаясь в спортзале, наоборот, ее «бесполезно» сбрасывают), а именно время. Максимизация свободного времени, достигаемая за счет роста производительности труда, является главной целью (миссией) применения всякой техники и, соответственно, технико-технологического прогресса в целом.

Так, в случае использования лошади при перепашивании 1 сотки земли человек экономит свое время (часть жизни) в объеме  $2,5 - 0,27 = 2,34$  часа по сравнению со случаем вскопки того же участка лопатой. В масштабах страны указанная экономия рабочего времени составит многие миллионы человеко-часов. При этом высвободившееся, сэкономленное время пахарь и общество в целом могут использовать двумя способами: 1) для увеличения объема производства, а значит, и уровня благосостояния в 9,3 раза за счет возросшей в соответствующее число раз производительности труда; 2) для учебы и развития с целью ускорения технико-технологического прогресса и дальнейшего роста производительности труда. Попутно заметим, что только в свободное от рутинной работы время человек может состояться как ученый, художник, спортсмен, семьянин и т. п. Именно это сэкономленное время обеспечивает более быстрый прогресс нации в целом по сравнению со странами и обществами, где люди большую часть своей жизни расходуют на малопродуктивный труд во имя банального выживания.

Возвращаясь к изучению этапов технико-технологического прогресса (см. табл. 1), обращаем внимание на следующее – общей особенностью всех использовавшихся на начальном этапе развития цивилизации инструментов и механизмов является то, что они хотя и использовали источники природной энергии, однако не преобразовывали ее из одного вида в другой, как это делают появившиеся позже машины. При этом заметим, что *классическая машина – это состоящее из взаимодействующих элементов механическое устройство, предназначенное для преобразования какого-либо вида природной энергии в полезную работу, совершаемую движущимися частями машины по отношению к предметам труда в процессе их механической трансформации в необходимый человеку продукт.*

Как известно, сфера промышленного производства, связанная с продуцированием не конечных предметов потребления, а собственно машин, необходимых для их производства, получила название *индустрии* (в связи с этим иногда под индустрией подразумевают крупное машинное производство). Поскольку в описанный выше начальный пе-

риод эволюции земной цивилизации машин как таковых еще не существовало, то данный этап безраздельного господства ручного физического труда правомерно именовать **доиндустриальной эпохой** (см. табл. 1). Соответственно, следующий за ней, начавшийся с момента изобретения в XVIII веке первой паровой машины, этап указанной эволюции – это **индустриальная эпоха**. Ее характерная черта – *индустриализация как непрерывный, бесконечный процесс конструирования, продуцирования и совершенствования машин и оснащения ими всех сфер жизнедеятельности человека и общества в целом*. Напомним, что миссия, основное предназначение машин – облегчение труда людей, его экономия, высвобождение, замещение, приводящее к повышению производительности труда человека и общества в целом.

Так, в эпоху **первой индустриальной революции** (см. табл. 1) с ее базовым техническим устройством – *паровым двигателем* – был дан старт *механизации производства* – процессу замещения мускульно-двигательной энергии человека, участвующего в производстве в качестве его первой сущностной ипостаси (см. выше). В результате исключительной прерогативой человека остались лишь функции управления машинами да его интеллектуально-творческие способности. Тем самым первая промышленная революция привела к смене энергетического базиса цивилизации. Это выразилось в отказе от повсеместного использования физического труда человека и животных, а также непреработанных стихийных сил природы (энергии ветра, движущейся воды и т. п.) в пользу энергии сжигания углеводородов, приводивших в действие паровые машины и оборудованные ими технические устройства (паровозы, пароходы, паровые молоты и т. п.). Поэтому *энергетическим базисом эпохи первой индустриальной революции следует считать тепловую энергию сгорания углеводородов, используемую для механизации силовых (то есть требующих много механической энергии) производственных процессов*. Возросшая мощность подвластных человеку источников энергии привела к тому, что они могли дать энергию сразу для нескольких единиц технологического оборудования, что дало старт процессу интеграции капитала и привело к появлению *небольших предприятий и фирм*.

При этом заметим, что под *энергетическим базисом* этапа эволюции техники и технологий здесь и далее по тексту мы будем подразумевать не обязательно тот источник энергии, который дает людям максимальное количество исчисляемой килоджоулями и киловатт-часами энергии, а тот, который используется в базовых технических устройствах соответствующего этапа индустриализации.

Так, *энергетическим базисом второй индустриальной революции* (см. табл. 1) стало *энергетическое электричество*, или *промышленная электроэнергия*. *Электрификация* в целом и *электрический двигатель* в частности, благодаря обеспечиваемому им высокому числу степеней свободы при подключении и использовании, позволили в целом завершить процесс механизации производства, освободив человека от необходимости выполнять тяжелую физическую работу в подавляющем большинстве случаев. Этому также способствовали и *двигатели внутреннего сгорания*, обязанные своим появлением электричеству, используемому в их системах запуска и зажигания.

Как известно, электрификация позволила реализовать множество принципиально новых электротехнических технологий, не связанных с выделением механической энергии (электроосвещение, электрический нагрев, электролиз и др.). Однако главным итогом второй промышленной революции стало то, что почти всю тяжелую механическую работу вместо людей стали выполнять машины – тракторы, экскаваторы, тепловозы, теплотходы, электровозы, автомобили, подъемные краны и т. д.

Продолжим исследование анализируемого выше производственного процесса, связанного с вспашкой (перепашиванием) 1 сотки земли, применительно к данному этапу тотальной механизации. Использование трактора мощностью 150 л. с. (110,4 кВт) с коэффициентом полезного действия  $KПД=30\%$  позволяет человеку вспахать данный участок всего за 0,006 ч (36 сек.).

За указанное время человек израсходует лишь 1,9 кДж своей мускульной энергии, в связи с чем, энергетический баланс энергии – мускульной и интеллектуальной, затраченной при перепахивании 1 сотки земли с помощью трактора, может быть представлен следующим образом (см также (1) и (2)):

$$\begin{aligned} & 792 \text{ кДж технологически полезной энергии} = \\ & = 1,9 \text{ кДж затрат мускульной энергии человека} + \\ & + 790,1 \text{ кДж затрат интеллектуальной энергии человека.} \end{aligned} \quad (3)$$

Однако для человека в силу приведенных выше рассуждений важна не столько экономия его мускульной энергии, сколько экономия его рабочего времени. По сравнению с ручной вскопкой указанного участка земли экономия рабочего времени человека благодаря трактору составляет  $2,5 - 0,006 = 2,494$  часа, а производительность труда возрастает в 417 раз (в случае использования лошади аналогичные показатели более скромны – 0,264 часа и 45 раз соответственно). В масштабах страны это приводит к экономии, высвобождению, замещению техникой многих миллиардов человеко-часов рабочего времени. Сэкономленное рабочее время общество также может использовать для своего дальнейшего прогресса в области науки, искусства, спорта, семейной жизни, о чем уже шла речь выше. Таким образом, ускоренный технико-технологический прогресс означает более быстрое развитие общества в целом, повышение его глобальной конкурентоспособности, а значит, вероятности выживания в условиях обострения конкурентной борьбы за дефицитные, быстро расходуемые ресурсы.

Поскольку теперь на одном предприятии можно было использовать сотни и тысячи электродвигателей разной мощности, приводящих в действие соответствующее число единиц технологического оборудования, то интеграция капитала продолжилась. В результате второй промышленной революции доминирующей организационно-экономической формой ведения бизнеса стали *средние* и *крупные предприятия*.

**Третья индустриальная революция** (см. табл. 1) ознаменовала появление нового поколения машин, начавших «атаку» на человека, участвующего в производственных процессах в его второй сущностной ипостаси, а именно в качестве оператора, управляющего техникой по заданному алгоритму. *Вычислительный процессор* электронной вычислительной машины, а затем *микроспроцессор* нынешнего компьютера благодаря их принципиальной способности непосредственно управлять *исполнительными электродвигателями (электроприводами)*, обеспечили возможность *автоматизации производства*. Иными словами, теперь машины подобно человеку-оператору получили возможность запоминать и реализовывать алгоритмы (программы) управления техникой, выполняя вместо него не только силовую механическую работу, но уже отчасти и умственные функции.

Для справки – управляющий электродвигателем микроспроцессор называется *микрореконструктором*, а автоматизированное оборудование, функционирующее по выполняемой микрореконструктором программе, именуется *технологическим оборудованием с числовым программным управлением (ЧПУ)*. Принципиальная деталь – в станках с ЧПУ электроэнергия используется уже в двух сущностных ипостасях: 1) как источник собственно энергии, используемой для механизации силовых производственных процессов; 2) в качестве носителя информации, необходимой для управления и контроля техники в процессе автоматизации производства.

На данном этапе индустриализации стали массово применяться и другие электротехнические устройства (телефон, радио, телевидение, радиолокация и др.), где электричество также использовалось уже не только как собственно силовая энергетическая субстанция, но в принципиально новом, более тонком качестве, связанном с его способностью быть носителем информации.

Таким образом, *энергетическим базисом третьей индустриальной революции следует считать информационное электричество как носитель информации, циркулирующее в системах телекоммуникации и внутри вычислительных процессоров при автоматизации производственных процессов*. С его помощью стало возможным рационально и надежно управлять во благо и вместо человека мощными энергетическими потоками, как традиционными, так и принципиально новыми, например, возникающими при делении атомных ядер.

Благодаря автоматизации производственных процессов на работе и в быту производительность труда человека продолжает увеличиваться, его свободное время еще больше возрастает. Разумеется, роль силовых источников энергии (сжигаемых углеводородов, промышленного электричества, ядерной энергии и др.) на данном этапе развития цивилизации весьма значительна, однако, не их, а именно управляющее и контролирующее эти источники информационное электричество, циркулирующее в недрах микропроцессоров и микроконтроллеров, следует считать энергетическим базисом данного этапа индустриализации.

Технологическое оборудование с ЧПУ, в том числе локализованное в разных частях страны и мира, благодаря единым управляющим программам получило возможность выпускать стандартизированную и унифицированную продукцию. Это позволило сделать еще один большой шаг на пути интеграции капитала в рамках *национальных и транснациональных корпораций*. Таким образом, описанные изменения энергетического базиса цивилизации есть одна из причин смены основных организационно-экономических форм ведения бизнеса в направлении его неуклонного укрупнения и нарастания концентрации капитала.

По итогам третьей промышленной революции безусловной прерогативой человека останутся исключительно интеллектуальные, связанные с творчеством функции. Однако, думается, что начавшаяся **четвертая промышленная революция** в не столь отдаленной перспективе лишит человека этой своей исключительности, поскольку благодаря набирающей обороты *интеллектуализации техносферы* на горизонте замаячило новое поколение по-настоящему «умных» машин и даже выпущенной с их помощью «умной» продукции (например, одежды и обуви [8]).

**Интеллектуальная экономика и ее энергетический базис.** Вне всяких сомнений, описанные выше силовые источники энергии в эпоху четвертой индустриальной революции сохранят свое огромное значение, связанное с необходимостью осуществлять вместе с человеком и вместо человека производственные процессы, позволяющие продуцировать необходимые людям экономические блага. Однако не они будут определять собой основу грядущей интеллектуальной экономики, которая, судя по всему, станет конечным продуктом данного этапа технико-технологического прогресса.

Мы убеждены, что *энергетическим базисом четвертой индустриальной революции и грядущей интеллектуальной экономики станет интеллектуальное электричество – «разумная» электроэнергия, циркулирующая внутри микропроцессоров и микроконтроллеров, используемых для интеллектуализации техносферы и в системах искусственного интеллекта*.

По нашему мнению, интеллект – это способность его обладателя (например, человека) получать извне, запоминать, анализировать, преобразовывать и использовать информацию для выявления и, главное, предвидения возникающих перед ним задач и проблем с целью их своевременного решения, и упреждения. В отличие от инстинктов животных, позволяющих им оперативно реагировать на уже возникшие трудности (в частности, убегая от хищника) и упреждать системно повторяющиеся проблемы (например, мигрируя зимой на юг), интеллект человека дает ему возможность предвидеть и решать традиционные и принципиально новые задачи и проблемы, в том числе до их ре-

ального появления. Так, неразумному животному, положим, посевная представляется крайне нерациональным мероприятием, связанным с закапыванием продуктов питания в землю. С точки зрения же обладающего интеллектом человека с его способностью предвидеть результаты происходящих событий и творимых им действий, посевная – это вполне обычная и самая что ни есть рациональная практика. Судя по всему, благодаря этому уникальному свойству интеллекта предвидеть грядущие задачи и проблемы человек в отличие от животных строит города и заводы, делает научные открытия и изобретения, пишет стихи, сочиняет музыку, ваяет скульптуры, снимает кино...

Интеллект как свойство человеческого мозга – есть результат элементарного электроэнергетического взаимодействия многих и многих миллиардов его нейронов, каждый из которых сам по себе никаким интеллектом, конечно же, не обладает. Благодаря циркулирующему внутри человеческого мозга интеллектуальному электричеству, эти многие десятки миллиардов «неразумных» нейронов имеют возможность взаимодействовать друг с другом и потому превратились в сложную целостную систему, в недрах которой благодаря эффекту синергии возник интеллект.

Точно также уже сегодня несколько миллиардов используемых в персональных компьютерах микропроцессоров, каждый из которых сам по себе, конечно же, никаким интеллектом не обладает, благодаря интернету, имеют возможность оперативно взаимодействовать друг с другом. Ежедневно к этой глобальной компьютерной системе подключается множество новых микропроцессоров, составляющих информационные ядра наших компьютеров, ноутбуков, планшетов, смартфонов и т.д. Благодаря технологиям «промышленного интернета» в эту систему вскоре интегрируются сотни миллионов и миллиарды микроконтроллеров, используемых по всему миру в технологическом оборудовании с ЧПУ. В ближайшей перспективе на платформе «интернета вещей» в указанную «семью» взаимодействующих микропроцессоров вольются и микроконтроллеры, управляющие работой десятков миллиардов единиц бытовой и офисной техники – холодильников, пылесосов, полотеров, кофеварок, кухонных комбайнов, посудомоечных машин, газонокосилок... По аналогии с нейронами человеческого мозга стремительное наращивание числа взаимодействующих микропроцессоров и микроконтроллеров неизбежно приведет к тому, что «неразумная» глобальная компьютерная система, благодаря все тому же эффекту синергии, однажды пройдет некую точку бифуркации и в ее недрах родится нечто схожее с человеческим интеллектом. В результате нынешняя цифровая экономика с ее множественными компьютерами, разбросанными по разным регионам страны и мира, перейдет в некое принципиально новое состояние, которое нам придется именовать *интеллектуальной экономикой*, живущей по своим внутренним законам и принципам.

Вместе с тем даже сегодня указанная глобальная компьютерная система столь масштабна, что с формальной точки зрения она уже сейчас нередко выполняет вместо человека ранее присущие только ему интеллектуальные функции. Например, благодаря обычному смартфону можно получить и реализовать технологию изготовления, например, бумаги. Тем самым интегрированный в глобальную компьютерную сеть «умный» смартфон как бы освобождает человека от выполнения соответствующих исследований и разработок, связанных с созданием технологии продуцирования бумаги. С формальной точки зрения получается, что смартфон как бы выполнил вместо человека его интеллектуальные функции по осуществлению указанных НИОК(Т)Р.

Аналогичные интеллектуальные функции будет выполнять и технологическое оборудование с ЧПУ, интегрированное в единые цепочки создания стоимости в рамках *сетевых цифровых корпораций*. По мнению многих крупных специалистов, например, уже упоминавшегося выше проф. С.Ю. Солодовникова, именно сетевые механизмы эконо-

мического управления вкупе с преимуществами цифровых технологий окажут наибольшее преобразующее воздействие на социально-экономические процессы [9]. В связи с этим мы убеждены, что *сетевые цифровые корпорации* станут главной организационно-экономической формой ведения бизнеса в XXI веке [10]. Управляющие работой локализованных в разных регионах страны и мира станков с ЧПУ программы, получаемые ими посредством «промышленного интернета» из интеллектуального ядра такой корпорации, будут включать в себя результаты высокотехнологичных НИОК(Т)Р, выполненных специалистами данного ядра. С формальной точки зрения получается, что эти самые станки с ЧПУ как бы выполнили вместо обслуживающего их персонала исследования и разработки, в том числе непосредственно касающиеся тех частей производственного процесса, которые реализуются на этом оборудовании. Разумеется, системы искусственного интеллекта, например, управляющие функционированием интеллектуальных ядер глобальных сетевых корпораций, сделают процесс интеллектуализации техносферы более очевидным и рельефным.

Таким образом, четвертая индустриальная революция и соответствующий ей этап индустриализации связаны с появлением нового поколения машин, которые позволят выполнять ранее присущие только человеку интеллектуальные и творческие функции. С учетом этих нынешних реалий *машина – это электромеханическое техническое устройство, служащее для преобразования какого-либо вида природной энергии в полезную работу с целью замещения в производственном процессе мускульной энергии и (или) интеллектуальных способностей работника*. Вопреки лукавой концепции постиндустриализма, превозносящей экономику и услуг и тем самым уничижающей роль промышленности, индустриальная эпоха и индустриализация не закончились. До тех пор пока люди будут использовать и совершенствовать облегчающую их жизнь технику, индустриализация будет оставаться самым главным направлением развития экономики любой цивилизованной державы. При этом по мере бесконечного совершенствования машин будет непрерывно развиваться и энергетический базис индустриализации и земной цивилизации в целом.

**Выводы.** 1. Энергия, приводящая в действие множество облегчающих труд и жизнь человека машин, является одним из факторов производства. Ошибочно считается, что это именно машины замещают собой, экономят труд человека, повышая его производительность. На самом деле мускульно-двигательную и интеллектуальную энергию человека в производственных процессах замещают отнюдь не машины, а тот или иной вид природной энергии, преобразуемой машинами в соответствующую полезную работу. Данное обстоятельство выдвигает энергию в разряд не просто самостоятельного, но ведущего фактора производства.

2. Каждая очередная индустриальная революция связана с появлением принципиально новых машин, последовательно замещающих собой человека в качестве:

а) источника механической (мускульно-двигательной) энергии, что реализуется посредством механизации и электрификации производства в рамках первой и второй индустриальных революций;

б) оператора, управляющего техникой, благодаря автоматизации производства в процессе свершения третьей индустриальной революции;

в) исполнителя интеллектуальных, творческих функций, что будет достигнуто благодаря интеллектуализации техносферы в рамках нынешней четвертой индустриальной революции.

3. Указанное совершенствование машин стало возможным благодаря соответствующим трансформациям энергетического базиса индустриализации и земной цивилизации в целом. При этом энергетический базис проделал длительный и сложный этап эволюции, когда людьми использовались все более и более тонкие свойства энергии. Так, в доинду-

стриальную эпоху человеку была подвластна лишь непреобразованная механическая энергия мускулов человека и животных, а также движущихся воды и воздуха. Первый этап индустриализации связан с преобразованием тепловой энергии сжигания углеводов в механическую энергию на выходе паровой машины. Вторая индустриальная революция обусловлена доминированием энергетического электричества, используемого для механизации и электрификации производственных процессов. Третья такая революция заставила обратиться к такому свойству электричества, как его способность нести информацию, сместив энергетический базис в пользу информационного электричества, применяемого для автоматизации производства. Четвертая индустриальная революция свершится благодаря интеллектуальному электричеству, которое позволит машинам вместе с человеком и вместо человека решать сложные интеллектуальные проблемы и задачи.

4. Описанная эволюция энергетического базиса индустриализации – одна из главных причин смены организационно-экономических форм ведения бизнеса в направлении непрерывно нарастающей интеграции капитала в рамках все более и более крупных субъектов хозяйствования. В итоге цивилизация прошла долгий исторический путь от мелких кустарных производств до нынешних крупных и сверхкрупных национальных и транснациональных корпораций. Глобальные сетевые цифровые корпорации как продукт современного этапа индустриализации в ближайшее время станут фундаментом экономики и основой глобальной конкурентоспособности любой цивилизованной державы.

#### Список использованных источников

1. Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution / K. Schwab // Foreign Affairs. December 12, 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution> – Дата доступа: 05.01.2018.
2. Солодовников, С.Ю. Теоретико-методологические основы исследования социального капитала как политико-экономического феномена / С.Ю. Солодовников // Экономическая наука сегодня: сборник науч. ст. – Выпуск №5. – Минск: БНТУ, 2017. – С. 6-56.
3. Глазьев С. Рывок в будущее. Россия в новых технологическом и мирохозяйственном укладах / С. Глазьев. – М.: Книжный мир, 2018. – 768 с.
4. Макконелл, К.Р. Экономикс: принципы, проблемы и политика: пер. 18 англ. изд. / К.Р. Макконелл, С.Л. Брю, Ш.М. Флинн. – М.: Ифра-М, 2011. – 1010 с.
5. Ельмеев, В.Я. Социальная экономия труда (Общие основы политической экономии) / В.Я. Ельмеев. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2007. – 576 с.
6. Бесчинский, А.А. Экономические проблемы электрификации / А.А. Бесчинский, Ю.М. Коган. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 432 с.
7. Байнев, В.Ф. Техничко-технологический прогресс и энергвременной дуализм труда / В.Ф. Байнев // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых и инженерных подходов: сб. матер. XII Междунар. науч.-практ. конф.; редколл. С.Ю. Солодовников [и др.] : БНТУ, г. Минск, 15 марта 2018 г. – Минск: БНТУ, 2018. – С. 33-34.
8. Сергиевич, Т.В. Технологизация в современной экономике: на примере производства товаров интенсивного обновления / Т.В. Сергиевич // Экономическая наука сегодня: сборник науч. ст. – Выпуск №9. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 192-197.
9. Солодовников, С.Ю. Сетевые механизмы экономического управления как новые формы общественно-функциональных технолгий / С.Ю. Солодовников // Экономическая наука сегодня: сборник науч. ст. – Выпуск №9. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 84–92.
10. Байнев, В.Ф. Новая, цифровая индустриализация Союзного государства Беларуси и России в контексте эволюции техники и технологий / В.Ф. Байнев // Экономист. – Москва, 2019. – №6. – С. 10–15.

*Статья поступила в редакцию 31 августа 2019 года*

## ENERGY AS A FACTOR OF PRODUCTION AND MOVING FORCE OF INDUSTRIALIZATION

**V. F. Baynev**

Doctor of Economics, Professor,  
Head of the Department of Innovation and Entrepreneurship,  
Belarusian State University,  
Minsk, Republic of Belarus

*The article is devoted to the study of energy as a key production resource, the development of which ensures the progress of technology, technology and civilization in general. It is shown that natural energy, involved by the power of people's intellect in production processes, through the mediation of machines, replaces the increasingly complex functions of man in the process of his labor activity. Thus, the improvement of the energy base leads to a change in machine generations, stages of industrialization and organizational and economic forms of doing business in the direction of continuously increasing integration of capital within the framework of increasingly large business entities.*

**Key words:** energy, energy factor of production, technical and technological progress, industrialization, intellectualization of the technosphere.

### References

1. Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution / K. Schwab // Foreign Affairs. December 12, 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution> – Дата доступа: 05.01.2018.
2. Solodovnikov, S.Yu. Theoretical and methodological foundations of the study of social capital as a political and economic phenomenon / S.Yu. Solodovnikov // Economic science today: collection of scientific. Art. – Issue №5. - Minsk: BNTU, 2017. – S. 6 – 56.
3. Glazyev S. Jerk into the future. Russia in new technological and world economic structures / S. Glazyev. – M.: Book World, 2018. – 768 p.
4. McConell, K.R. Economics: principles, problems and politics: Per. 18 English ed. / K.R. McConell, S.L. Bru, Sh.M. Flynn. – M.: Ifnra-M, 2011. – 1010 p.
5. Elmeev, V.Ya. Social economy of labor (General principles of political economy) / V.Ya. Elmeev. – SPb.: Publishing house of St. Petersburg. Univ., 2007. – 576 p.
6. Beschinsky, A.A. Economic problems of electrification / A.A. Beschinsky, Yu.M. Kogan. – M.: Energoatomizdat, 1983. – 432 p.
7. Baynev, V.F. Techno-technological progress and energy-time dualism of labor / V.F. Baynev // Modernization of the economic mechanism through the prism of economic, legal and engineering approaches: Sat. Mater. XII International scientific-practical conf.; red call. S.Yu. Solodovnikov [et al.]: BNTU, Minsk, March 15, 2018. – Minsk: BNTU, 2018. – S. 33 – 34.
8. Sergievich, T.V. Technologization in the modern economy: on the example of the production of goods of intensive renewal / T.V. Sergievich // Economic science today: collection of scientific. Art. – Issue № 9. – Minsk: BNTU, 2019. - S. 192-197.
9. Solodovnikov, S.Yu. Network mechanisms of economic management as new forms of socially functional technologies / S.Yu. Solodovnikov // Economic science today: collection of scientific. Art. – Issue №9. – Minsk: BNTU, 2019. – S. 84-92.
10. Baynev, V.F. New, digital industrialization of the Union State of Belarus and Russia in the context of the evolution of engineering and technology / V.F. Baynev // The Economist. – Moscow, 2019. – №6. – S. 10 – 15.