

История инженерии.

Четыре промышленные революции.

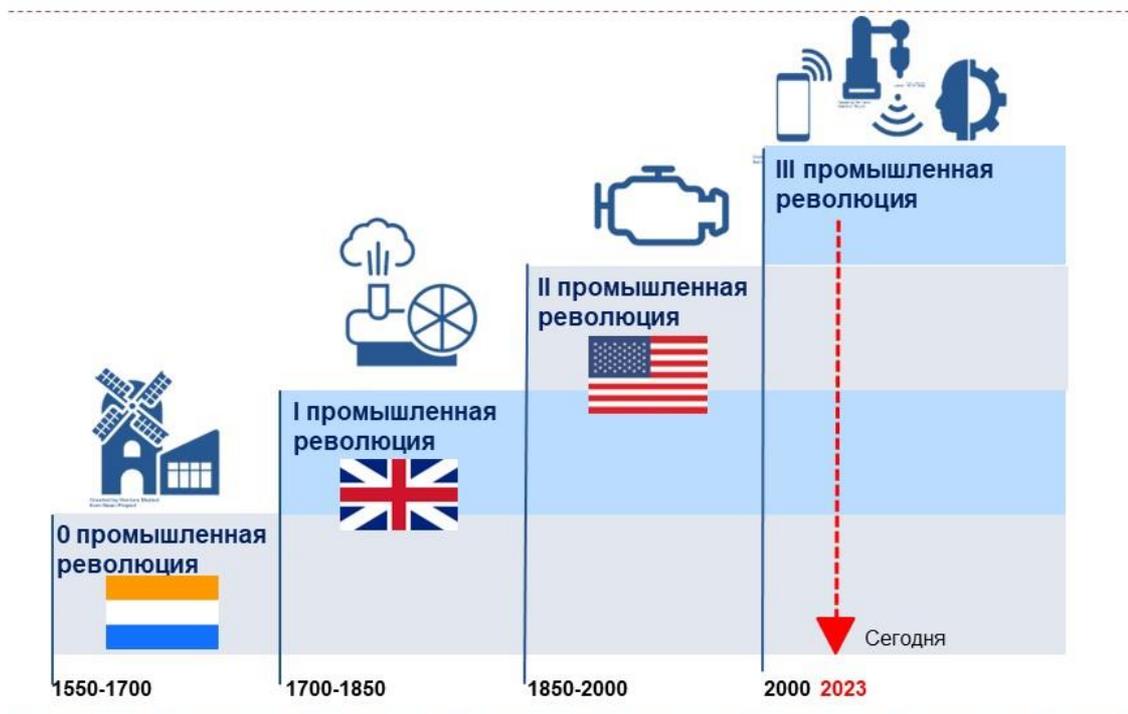
Термин промышленного или экономического переворота вводит во 2 томе опубликованной в 1837 году «Истории политической экономии в Европе с древнейшего до настоящего времени» французский экономист Адольф Бланки¹. Арнольд Тойнби в лекциях 1884 года, описывая историю Великобритании с середины XVIII по середину XIX века, говорит о промышленной революции.

Патрик Гедес в 1915 году в книге «Эволюция городов» использует термин «вторая промышленная революция».

Джереми Рифкин в 2011 году в книге «Третья промышленная революция: как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом» пишет о третьей промышленной революции.

Мы вводим еще одну – «Нулевую» промышленную революцию², и даем ей такое парадоксальное название потому, что она произошла до Первой (ориентировочно в период, который историки называют Золотым веком Соединенных провинций).

Четыре промышленные революции



2 ▶

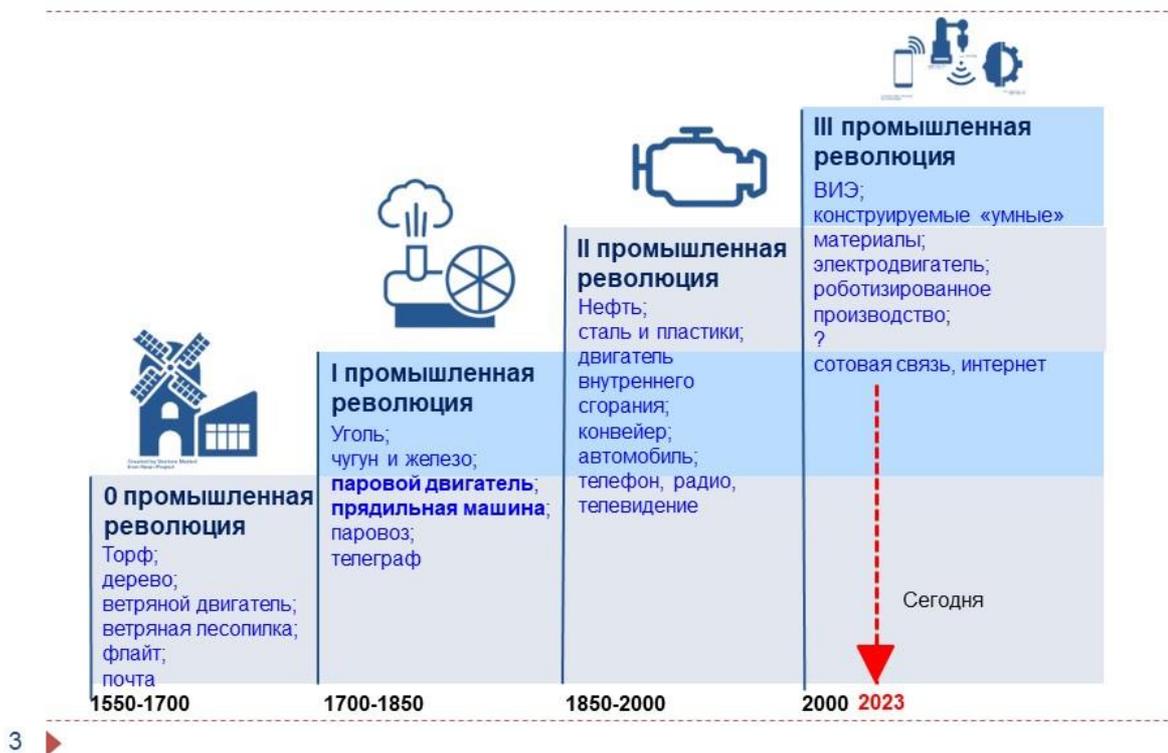
© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

¹ Адольф Бланки. «Истории политической экономии в Европе с древнейшего до настоящего времени». Т. 2. С.-Петербург. Стр. 96.

² Петр Щедровицкий. Владимир Алейник. Цикл лекций «Инженерное мышление и инженерная подготовка». СПб. 2020-2021. <https://digital.shchedrovitskiy.com>.

Упомянутые авторы, исследуя промышленные революции, фокусируются на конкретных технических решениях и технологиях. Например, Бланки, обозначая содержание, как бы мы сказали сегодня, Первой промышленной революции в Великобритании, говорит о изобретениях «двух бессмертных машин, паровой и бумагопрядильной», которые «произвели самый глубокий переворот» в «условиях труда», «создали новые материальные богатства» и «барыши» для современников³... Из-за ограниченности размеров этого текста мы не будем останавливаться на том, как описывали технологическое содержание промышленных революций остальные названные авторы, а ограничимся нашей реконструкцией этого с содержания (см. схему «Платформы технологий промышленных революций»).

Платформы технологий по этапам промышленных революций



© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Скажем лишь, что с легкой руки французов традиции исследовать промышленные революции как смену средств деятельности – инструментов, механизмов, машин и технологий скоро исполнится 200 лет. И сегодня многие экономисты, философы, визионеры, государственные чиновники говорят о промышленных революциях и экономическом развитии как о смене технологий или технологических укладов.

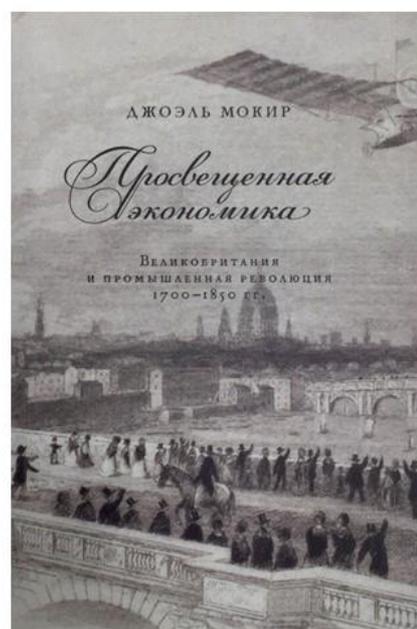
³ Адольф Бланки. «Истории политической экономики в Европе с древнейшего до настоящего времени». Т. 2. С.-Петербург. Стр. 96.

Средства деятельности – инструменты и технологии – важны. Но они не появляются сами по себе. Шаг вперед делает Джоэль Мокир, который связывает смену промышленных революций со знаниями, их накоплением, распространением и освоением: «Британия была скорее учеником, чем учителем. Но даже не обладая монополией на изобретательство, на протяжении многих десятилетий она доминировала в освоении изобретений, сделанных и внутри страны, и за рубежом, в успешном коммерческом использовании новых идей и в поиске новых сфер их эксплуатации»⁴.

Джоэль Мокир и его книга «Просвещенная экономика. Великобритания и промышленная революция 1700-1850 гг.»



Джоэль Мокир
Род. в 1946 г.



4 ► Джоэль Мокир «Просвещенная экономика. Великобритания и промышленная революция 1700-1850 гг.».

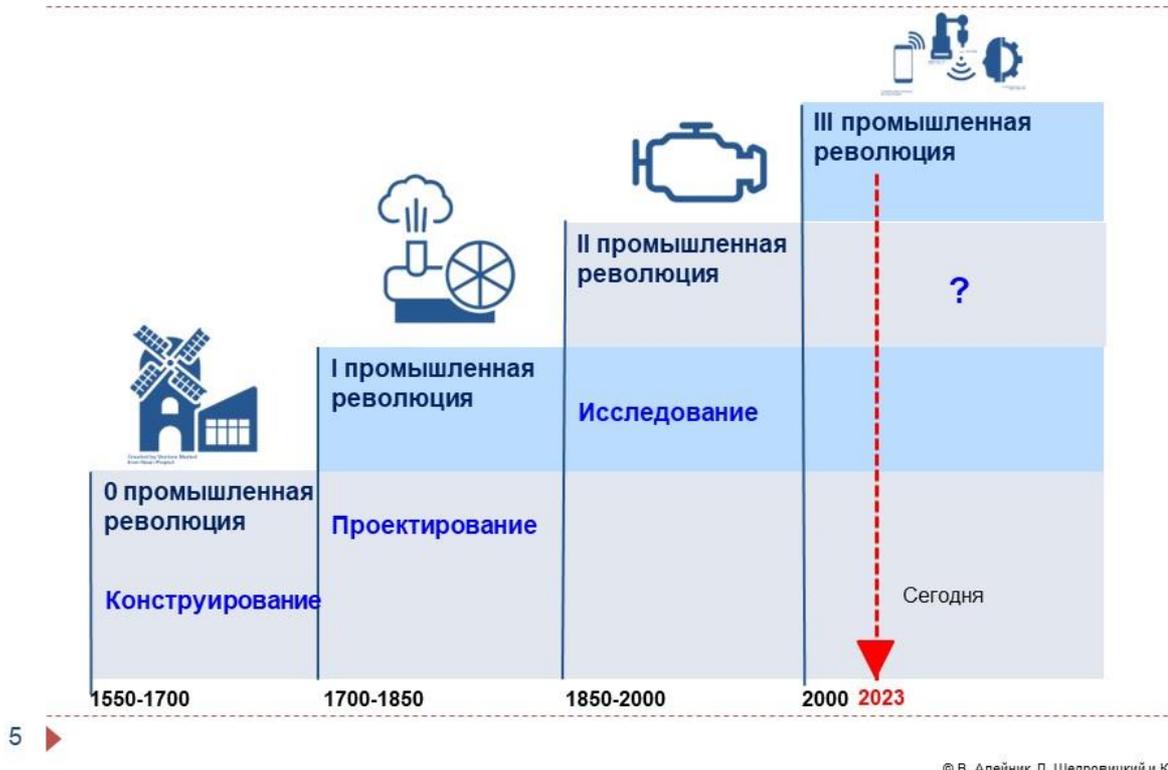
© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Знания есть продукт мышления. Поэтому мы делаем следующий шаг и утверждаем, что в основании каждой промышленной революции лежит складывание новой технологии мышления. Промышленная революция начинается тогда, когда эта новая технология мышления сложилась и начинает массовизироваться. На этапе «Нулевой» промышленной революции массовизируется технология мышления «конструирование», на этапе первой – «проектирование», а на этапе второй промышленной революции – исследование⁵.

⁴ Джоэль Мокир «Просвещенная экономика. Великобритания и промышленная революция 1700-1850 гг.».

⁵ Петр Щедровицкий. Владимир Алейник. Цикл лекций «Инженерное мышление и инженерная подготовка». СПб. 2020-2021. <https://digital.shchedrovitskiy.com>.

Технологии мышления по этапам промышленных революций



5

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

«Нулевая» промышленная революция.

В период «Нулевой» промышленной революции в Соединенных провинциях⁶ (или Республике Соединенных провинций; сегодня – Нидерланды), которую мы можем датировать 1550-1700 годами, массовизируется технология мышления «конструирование».

Конструирование сфокусировано на вещи – изделия, результате и продукте будущего производства.

До распространения конструирования мастер-ремесленник держал образ изделия, которое ему нужно было произвести, в собственном создании. Поэтому, когда он пытался согласовать этот образ с заказчиком или поставить задачу рабочему на производство данного изделия, они не видели того, что представлял себе мастер. Из-за этого часто возникало непонимание, когда заказчик или рабочий поняли не то, что имел в виду мастер. Такие сбои в коммуникации приводили к производству не того или не совсем того, что имел в виду заказчик, или к реализации рабочими на производстве не того, что ставил им задачу произвести мастер. Все это вело к многочисленным подгонкам, переделкам, увеличивало сроки и издержки реализации заказа.

В отличие от мастера-ремесленника, инженер-конструктор начинает создавать замысел вещи не в сознании, а разрабатывает идеальную конструкцию изделия в мышлении – на эскизе или чертеже. Этот замысел

⁶ https://ru.wikipedia.org/wiki/Республика_Соединённых_провинций. 17.04.2023.

можно согласовать с заказчиком и передать на реализацию рабочим (которые для этого должны уметь читать чертежи – чему нужно обучать, но это оказывается не сложно).

Во время «Нулевой» промышленной революции в Соединенных провинциях массовизируются позиции инженера-конструктора и технологического предпринимателя.

Предметом деятельности торгового предпринимателя является территориальный или временной арбитраж – игра на разнице цен на продукт на разных территориях или в разные периоды времени. Торговые предприниматели Соединенных провинций в форме торговых компаний захватывают лидерство в «треугольной» торговле (поставка меновых продуктов в Африку, рабов из Африки – в Америку, а оттуда – сырья для промышленных производств в Соединенные провинции и Европу) и мировой торговле. Объемы торговли торговых компаний значительно растут. Это приводит к быстрому исчерпанию в Соединенных провинциях продуктов ремесленных производств (организованных в форме городских ремесленных цехов) и наличию огромного неудовлетворенного платежеспособного спроса на продукты производства.

В этой ситуации происходит выделение из позиции торгового предпринимателя позиции технологического предпринимателя – предметом деятельности которого становится организация технологического разделения труда на производстве с увеличением степени его специализации и производительности труда. Рост производительности труда на производстве – источник предпринимательской прибыли технологического предпринимателя.

Технологическому предпринимателю становится необходим инженер-конструктор для разработки кандидатных конструкций инструментов, механизмов и машин, которые должны увеличить производительность труда на производстве и снизить его издержки.

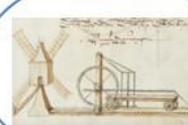
В период «Нулевой» промышленной революции в Соединенных провинциях массовизируются позиции технологического предпринимателя и инженера-конструктора

Как организовать технологическое разделение труда на производстве с ростом его производительности и прибыли?



Система технологического разделения труда

Как должен быть устроен инструмент (механизм, машина), которая увеличит производительность производства?



Конструкция (эскиз или чертеж) изделия (вещи, инструмента, механизма, машины)

В Соединенных провинциях до 1594 года производство досок для сборки базового продукта «Нулевой» промышленной революции – океанских торговых кораблей флайтов, на которых голландцы контролировали «треугольную» и мировую торговлю, и которые поставляли на экспорт в европейские страны – осуществлялось вручную. Бревно на доски распускала команда из двух человек, входящая в бригаду кораблестроителей, более слабый из которых стоял на козлах и направлял движение ручной пилы, а более сильный – стоял под козлами и с силой тянул пилу вниз. На роспуск одного бревна на доски у них уходило несколько дней. Это была одна из наиболее трудоемких работ в производстве «модулей» (досок определенных сортаментов, которым затем предстояло придать необходимую форму за счет распаривания и сушки) для сборки судов. Так же производились доски для городского строительства, производства мебели и всех других отраслей.

В 1592 году Корнелис Корнелизон (1550-1607) конструирует – в форме эскизов на бумаге – коленчатый вал (crankshaft), который должен превращать вращательное движение вала ветряного двигателя в возвратно-поступательное.

В 1593 году Генеральные штаты (парламент Соединенных провинций) по его обращению выдают Корнелизону патенты на конструкции коленчатого

вала и на ветряной лесопилки, в которой вал ветряного двигателя был соединен коленчатым валом с пилорамой⁷.

В 1594 году Корнелизон строит первую лесопилку в родном городе Уитгеетс. Соединение ветряного двигателя через коленвал с пилорамой обеспечило рост производительность труда по распуску бревен в доски по сравнению с ручным около 30 раз⁸.

В 1595 году построенная Корнелизоном лесопилка была куплена неизвестным предпринимателем и перевезена в город Алкмаар у портового города Хоорн (севернее района Заана, где складывался производственный кластер по строительству и комплектованию океанских судов).

В 1596 году Корнелис Корнелизон построил первую лесопилку "Het juffertje» в Заандаме – непосредственно в производственном кластере. Затем он усовершенствовал ее до paltrokmolen – самой востребованной модели для производства досок для сборки торговых кораблей Голландских Ост- и Вест-Индской компаний.

1597 году Корнелизон запатентовал paltrokmolen, обновив патент на коленчатый вал⁹.

Освоение предпринимателями в системе разделения труда (далее – СРТ) лесопилок привело к выделению их в кластере Заандама в отдельный бизнес, загруженный заказами со стороны сборки судов, городского строительства, строительства каналов (а позже – на закате «Нулевой» промышленной революции – заказами со стороны мебельных производств).

По выполненным позже голландскими исследователями расчетам, рост производительности труда за счет освоения предпринимателями в СРТ ветряных лесопилок позволил в стране с населением всего около 1,5 млн. человек¹⁰ в 1630-х годах экономить труд около 5 тыс. человек (а в 1730-х годах, когда в стране жило всего 1,9-2 млн. человек – труд около 25 тыс. человек).

⁷ <http://toamsterdam.ru/zaanse-schans>. 19.04.2023.

⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/Cornelis_Corneliszoon_van_Uitgeest. 19.04.2023.

⁹ <http://toamsterdam.ru/zaanse-schans>. 19.04.2023.

¹⁰ A. Maddison. Historical Statistics for the World Economy.

Конструирование коленчатого вала и ветряных лесопилок Корнелисом Корнелизоном

Старой отраслью, изменение СРТ в которой технологическими предпринимателями увеличило производительность труда в 30 раз, обеспечило полуфабрикатами модулей сборки базовых продуктов ОПР – флайтов и пинасов, сэкономило труд ~ 5 тыс. человек в 1630 и ~ 25 тыс. в 1730-х стал роспуск бревен на доски.



Корнелис Корнелизон (1550-1607) разрабатывает конструкцию ветряной лесопилки и привода с коленчатым валом и патентует их.

1592 - изобретает коленчатый вал (crankshaft), который превращает вращательное движение ветряной установки в возвратно-поступательное

1594 - построил 1-ю лесопилку в родном г. Уитгеетс, соединив ветряной двигатель и коленвал с пилорамой (рост производительности труда в 30 раз)¹

1596 - построил 1-ю лесопилку "Het juffertje" в Заандаме. Усовершенствовал ее до paltrokmolen - самой востребованной модели

1590

1595

1600

1593 - патент на коленвал¹
1593 - патент на лесопилку, где ветряной двигатель соединен коленвалом с пилорамой².

1595 - построенную лесопилку купили и перевезли в г. Алкмаар севернее р-на Заана у портового г. Хоорн

1597 - запатентовал изобретение лесопилки, обновив патент на коленчатый вал².

7

¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Cornelis_Corneliszoon_van_Uitgeest
² <http://toamsterdam.ru/zaanse-schans>

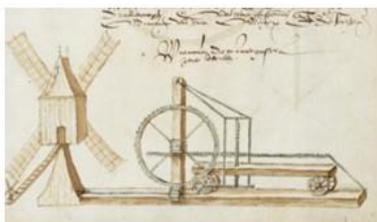
© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Важным для достижения лидерства в промышленной революции является создание институтов, поддерживающих «конструктивное» инженерное мышление, инженерное самоопределение, коммуникацию и взаимодействие инженера и предпринимателя¹¹.

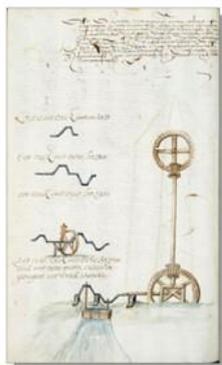
В период «Нулевой» промышленной революции таким институтом становится патентная система. Мы не знаем имени героя, который убедил парламентариев Генеральных штатов (парламента Соединенных провинций) ввести в действие в 1581 году патентное законодательство и тратить свое время на изучение заявок инженеров и выдачу патентов (патент выдавался инженеру решением парламента). Но с 1581 года патентная система стимулировала всех, кто желал специализироваться и жить за счет продуктов конструкторского мышления, не держать образ изделия в сознании, а мыслить на эскизе или чертеже (как минимум так – в формате, понятном для предпринимателей, других инженеров и рабочих – оформлять результаты собственной работы).

¹¹ Петр Щедровицкий. Владимир Алейник. Цикл лекций «Инженерное мышление и инженерная подготовка». СПб. 2020-2021. <https://digital.shchedrovitskiy.com>.

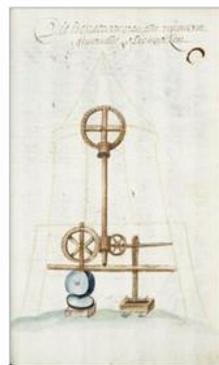
Патенты Корнелизона – образец фиксации на эскизах результатов мышления инженера-конструктора



Ветряная лесопилка. Патент Генеральных Штатов от 15 декабря 1593 г.



Изображение действия коленчатого вала



Ветряная маслобойка. Патент от 6 декабря 1597 г.



Конная мельница. Патент от 6 сентября 1599 г.

8

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Результаты не заставили себя ждать. Взрывной рост числа патентов с 9 за 1581-1590 годы до 81, 118 и 92 патентов в 1610-е, 1620-е и 1630-е годы соответственно (см. диаграммы «Статистика результатов деятельности патентной системы с Соединенных провинциях») говорит нам о том, что патенты нашли платежеспособный спрос со стороны технологических предпринимателей, которые создавали промышленные производства.

Направления инженерно-конструкторских разработок в Соединенных провинциях оказались значительно диверсифицированы:

- 1/5 из них составляли конструкции промышленных ветряков (например, механизмы ветряных маслобоек; «маслодельные мельницы двойной выжимки»¹²);
- около 4/10 – гидравлическое оборудование (для каналов, шлюзов, дамб и других гидротехнических сооружений, например, патент на «змеевидный» винт, движущийся в полукруглом желобе... <ветряк с> таким архимедовым винтом (vijzelmolen) мог поднимать воду в 2 раза выше, нежели устройство с вертикальным черпаковым колесом: на 4-5 м против 1,5-2»¹³);
- 5% – отопительное оборудование;

¹² Дэвидс К. 450 лет лидерства. Технологический расцвет Голландии в XIV-XVIII вв. и что за ним последовало. ООО «Интеллектуальная Литература». 2019. С. 213.

¹³ Дэвидс К. 450 лет лидерства. Технологический расцвет Голландии в XIV-XVIII вв. и что за ним последовало. ООО «Интеллектуальная Литература». 2019. С. 114.

- 31% – конструкции изделий для множества других старых и новых отраслей (например, голлендер для машинизированного производства бумаги¹⁴, станок для обработки шелка-сырца¹⁵ и т. д.);
- и всего 8% – военные технологии (вероятно, в том числе конструкции оборонительных сооружений – фортов), что свидетельствует о низкой степени милитаризации экономики в условиях постоянных войн.

Статистика результатов деятельности патентной системы с Соединенных провинциях



9

¹ Weststeijn, Arthur. Commercial republicanism in the Dutch Golden Age: the political thought of Johan & Pieter de la Court / by Arthur Weststeijn. Brill, 2012. Стр. 222.

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Массовый спрос на результаты мышления инженера-конструктора и его деятельность предьявляет «клеточка» «Нулевой» промышленной революции – территориальные промышленные кластеры.

Клеточка – это такая форма организации деятельности, которая лучше других на данном историческом этапе поддерживает жизненный цикл знаний – их производство, накапливание, распространение и освоение.

В Соединенных провинциях сложились судостроительный, текстильные, а также множество сельскохозяйственных кластеров на отвоеванных у болот, моря и озер и осушенных площадках – так называемых «польдерах».

¹⁴ Там же. С. 206-207.

¹⁵ Там же. С. 188. / Nationaal Archief, Staten Generaal 12999 f. 187-188 patent Jasper Benoit 23 August 1604, RA Alkmaar SA 96 f. 21-22v res. 9 August 1604. f. 25v 3 September 1604, f. 36-37 res. 10 June 1605.

Например, в территориальном промышленном кластере Заандама, специализированном на производстве и комплектации океанских судов, количество производств с ветряным двигателем с 1596 года, когда была построена первая *paltrokmolen*, до 1630 года возросло до 128 штук. А в конце «Нулевой» промышленной революции там действовало около 400 производств с ветряным двигателем – что свидетельствует об интенсивном распространении и освоении знаний о том, как строить и эксплуатировать промышленные ветряки, механизмы преобразования движения и исполнительные механизмы (добавлю, что к 1750 году количество производств с ветряным двигателем возросло еще в 1,5 раза до 600 штук, в том числе в 1731 году 256 лесопилок; «бетономешалка», которая смешивала строительный раствор; 65 ячменных мельниц; 140 маслобоек; 20 конопляных мельниц; 20 производств пеньки; 21 красильная мельница; 40 производств бумаги).

Кластер в Заандаме предъявляет массовый спрос на результаты мышления конструктора и становится формой интенсификации жизненного цикла знаний



В 1600 году принц Мориц Оранский по совету Симона Стевина основал первую в мире инженерную школу для подготовки фортификационных инженеров-конструкторов в Лейденском университете. Курс был назван «Nederduytsche Mathematique» («Duytsche Mathematique») и был уникальным в Европе.

Симон ван Стевин и Мориц Оранский



Мориц Оранский
1567-1625

В 1600 г. принц Мориц Оранский по совету Стевина основал инженерную школу в Лейденском университете для обучения военных и фортификационных инженеров.

Курс был назван «Nederduytsche Mathematique» («Duytsche Mathematique») и был уникальным в Европе.



Симон Стевин
1548-1620
Памятник в Брюгге

11

¹Wiep van Bunge. From Stevin to Spinoza. 2001.
²J.L. Price. Dutch Culture in the Golden Age. 2011

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

По данным публикаций, в первые десятилетия XVII века школа, которая готовила инженеров-конструкторов, стала признанным международным центром геодезии и военной архитектуры. «В первые десятилетия XVII в. Лейденская инженерная школа была международным центром геодезии и военной архитектуры, о чем свидетельствуют не только различные трактаты по фортификации и геодезии, опубликованные в Нидерландах примерно в то время, но и присутствие в Лейдене многих датских и шведских инженеров, которые были наняты Кристианом IV и Густавом Адольфом при создании и расширении множества городов в Скандинавии»¹⁶.

¹⁶ Sheila D. Muller. Dutch Art: An Encyclopedia.

Король Дании и Норвегии Кристиан IV и король Швеции Густав II Адольф

«В первые десятилетия XVII в. Лейденская инженерная школа была международным центром геодезии и военной архитектуры, о чем свидетельствуют не только различные трактаты по фортификации и геодезии, опубликованные в Нидерландах примерно в то время, но и присутствие в Лейдене многих датских и шведских инженеров, которые были наняты Кристианом IV и Густавом Адольфом при создании и расширении множества городов в Скандинавии»¹.



Король Дании и Норвегии Кристиан IV 1577-1648



Король Швеции Густав II Адольф 1594-1632

12 ▶

¹ Sheila D. Muller. Dutch Art: An Encyclopedia

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Несмотря на замысел Морица Оранского подготовить фортификационных инженеров, большинство выпускников *Nederduytsche Mathematique* пошли не в армию, а во вполне мирные виды деятельности: геодезию; создание каналов, шлюзов, дамб, набережных, дорог и мостов; в землемерную деятельность; в новую для того времени отрасль городского планирования; в архитектуру. Результатом их конструкторского мышления и деятельности является планирование, конструирование и строительство Амстердама в 1600-1700 годах.

Результаты деятельности инженеров-геодезистов, инженеров-градостроителей, инженеров «каналов, мостов и дорог» и фортификационных инженеров по строительству Амстердама в 1600-1700 годах



13 ▶

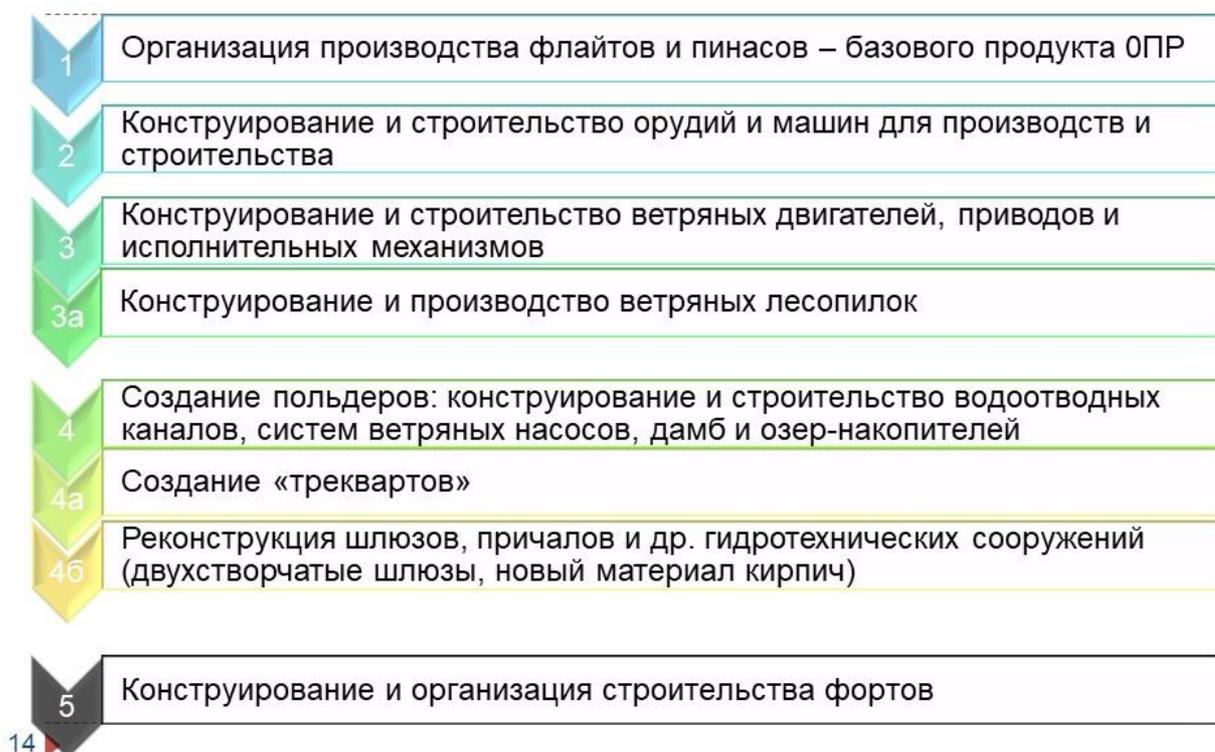
© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Реконструкция фронта задач «Нулевой» промышленной революции, которые решали инженеры-конструкторы Соединенных провинций, выглядит так:

- конструирование и производство ветряных лесопилок;
- конструирование и производство ветряных двигателей, приводов и исполнительных механизмов для старых и новых отраслей;
- конструирование и создание инструментов, механизмов и машин для производств и строительства;
- создание польдеров: конструирование и строительство водоотводных каналов и систем ветряных насосов, дамб и озер-накопителей;
- создание транспортных «треквартов» в «кольце» городов (каналов, по которым лошади тянули баржи от открытия до закрытия городских ворот каждый час по расписанию);
- реконструкция шлюзов (двухстворчатые шлюзы, для прохода через которые не нужно иметь складную мачту и разбирать ее каждый раз), причалов и других гидротехнических сооружений (новый водостойкий материал кирпич с жизненным циклом несколько сотен лет – на замену дереву, которое приходилось менять много раз за цикл жизни гидротехнического сооружения);

- конструирование и организация строительства фортов (единственная военная задача в числе перечисленных фронтальных задач).

Фронт инженерных задач Нулевой промышленной революции



© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Первая промышленная революция.

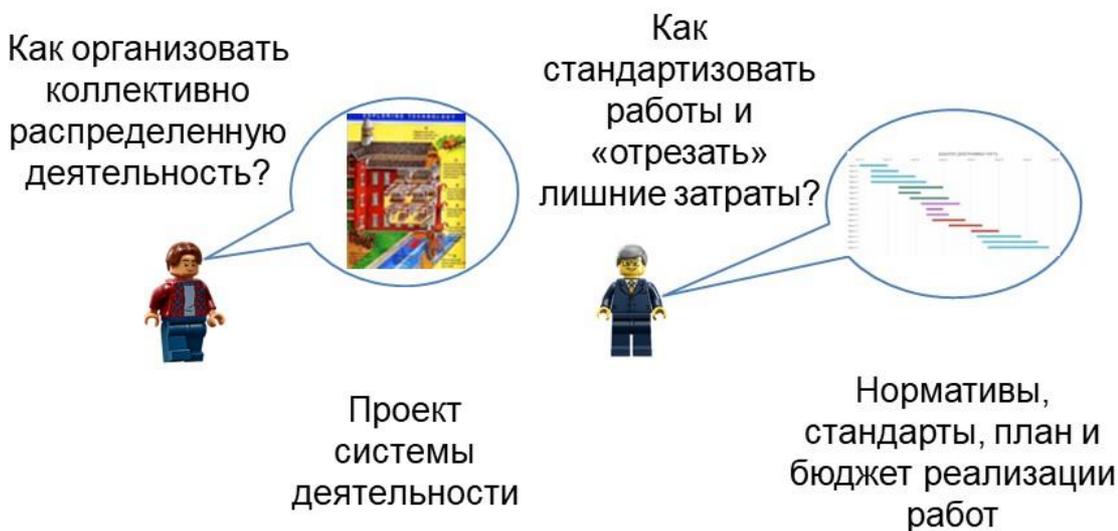
Во время Первой промышленной революции в Великобритании 1700-1850 годов массовизируется технология мышления «проектирование».

При создании и «тиражировании» фабрик складываются позиции инженера-проектировщика производственных процессов и менеджера.

В отличие от инженера-конструктора, который сфокусирован на изделии (вещи), инженер-проектировщик сфокусирован на процессе ее производства. Он разрабатывает последовательность производственных операций, распределяет их между машинами и рабочими, и создает проект системы кооперации между рабочими (а иногда и проект пространственной организации работ).

Менеджер нормирует и стандартизирует работы, затраты рабочего времени и ресурсов на их выполнение. Его продуктами являются план, бюджет, нормативы и стандарт выполнения работ.

В период Первой промышленной революции в Великобритании складываются позиции проектировщика производственных процессов и менеджера



15 ▶

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Конструирование и патентование в 1733 году «летающего челнока» Джоном Кеем увеличили производительность ручных ткацких станков, оборудованных таким челноком, и процесса ткачества в 2 раза. Так как производительность прядения при этом осталась прежняя – в стране сложился «прядельный голод».

Конструирование Джоном Харгривсом в 1764 году прядельной машины «Дженни», которая позволяла прядельщику работать с 8 нитями одновременно (раньше можно было только с одной), увеличило производительность прядения, но недостаточно для того, чтобы избавиться от «прядельного голода».

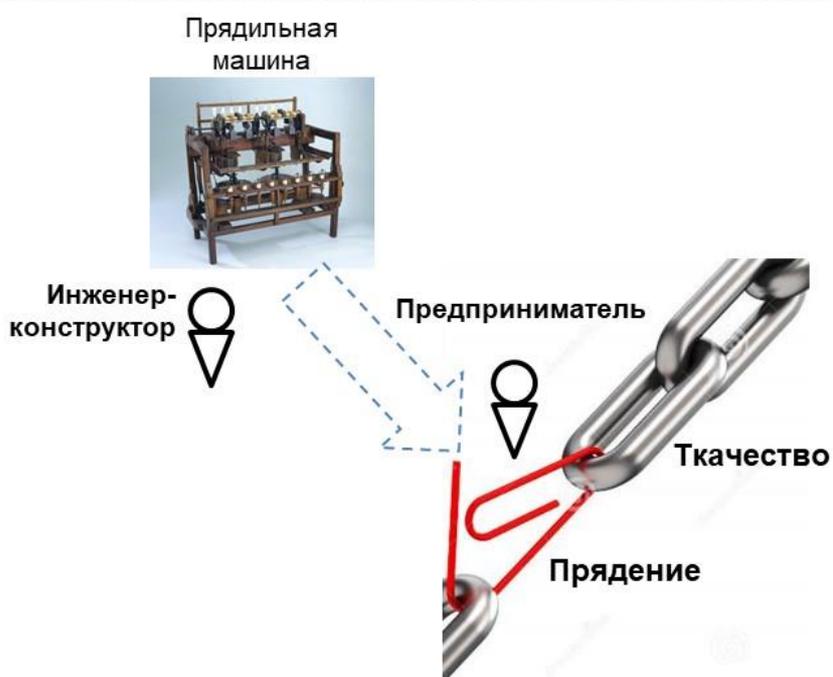
Ричард Аркрайт, которому приходится много ездить по сельской местности, каким-то образом «увидел», что прядение хлопка является «слабым местом» в системе разделения труда, и как предприниматель решил снять его. Он нанимает часового мастера Кея (подготовленных конструкторов в Великобритании на тот момент просто не существовало), как бы мы сказали сегодня, на позицию инженера-конструктора, и в 1769 г. ставит ему задачу на конструирование прядельного станка для механизации прядения.

На примере Аркрайта мы сталкиваемся с тем, что, когда новая позиция только складывается – до того момента, как предприниматель сможет нанять

подготовленных специалистов, ему зачастую приходится занимать эту позицию самому.

Заняв позицию проектировщика производственного процесса, Аркрайт допускает ошибку: он не ставит задачи механизации всех 5 операций производственного процесса прядения. Созданный Кеем как инженером-конструктором станок механизует лишь одну операцию из пяти – последнюю – прядение тонкой нити. В 1769 году станок начинает работать в мастерской с «лошадиным» двигателем (лошадь ходит по кругу и вращает вертикальный вал, с которого движение с помощью привода передается на станок). Этого оказывается достаточно для того, чтобы убедить инвесторов.

Создание Аркрайтом мастерской с прядильным станком и «лошадиным» двигателем



16 ▶

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Во времена Аркрайта еще не было «языка», «оперативного пространства» (аналогичного чертежу для задач конструирования изделия – вещи), в котором проектировщик мог бы разработать замысел (проект) производственного процесса для фабрики. Поэтому Аркрайт (как и остальные проектировщики еще долгое время после него) создает этот проект на движущемся макете. Как вы уже, наверное, догадались, роль такого движущегося макета производственного процесса для первой фабрики Аркрайта, введенной в эксплуатацию в 1773 году – сыграла мастерская 1769 года с «лошадиным» двигателем и станком.

Ошибка, заложенная в замысел, была воспроизведена в его реализации. Поскольку Аркрайт в своем проекте организации работ на фабрике не учел, что механизация лишь одной операции из пяти увеличит производительность только этой операции – возник разрыв в производительности между механизированной и ручными операциями. Теперь «слабое место» в СРТ возникло внутри самой фабрики – им стали 4 предварительные операции прядения: «...машина вырвала из рук человека не весь производственный процесс, а только его конечную стадию: изготовление тонкой нити; все же предварительные операции – <подача пряжи на кардную машину>, расческа ленты кардами, приготовление лент, приготовление ровницы – по-прежнему выполнялись либо ручным способом, либо при помощи несовершенных ручных приспособлений». Поэтому «...материал, шедший на ватермашину, обходился очень дорого и требовал для своего изготовления значительного времени и труда. Этим нарушался непрерывный ход производственного процесса: предпрядильные операции не поспевали за работой прядильных машин»¹⁷.

Ошибка Аркрайта в проектировании производственного процесса на первой фабрике создает на ней «слабое место»



17 ►

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Когда Аркрайт проектирует производственный процесс для второй фабрики, он уже понимает, что реализация проекта должна снять слабые места

¹⁷ Цейтман Е.А. Очерки истории текстильной техники. 1940.

внутри фабрики. В требования к конструированию станков включается задача механизировать все 5 операций производственного процесса: 1) «подача пряжи на кардную машину», 2) «расческа ленты кардами», 3) «приготовление лент», 4) «приготовление ровницы», 5) «прядение <тонкой> нити»¹⁸.

Сконструированные (или скопированные – нам сейчас это не важно) конструкции машин и механизмов приведены в патенте Аркрайта 1775 года. Это 1) питающий прибор для чесальной машины; 2) чесальная машина Аркрайта (существует мнение, что прототипом ее стала машина Даниэля Борна 1748 года); 3) ленточная машина; 4) ровничная машина; 5) прядильная машина (ватер-машина или Waterframe). Строительство и включение в производственный процесс этих машин механизировало все его 5 операций и сняло слабые места и в самом производственном процессе, и через некоторое время – в прядении хлопковой нити во всей стране.

Операции производственного процесса прядения, а также машины и механизмы для их механизации на второй фабрике Аркрайта 1775 года

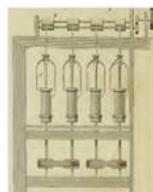


Питающий прибор для чесальной машины (1)



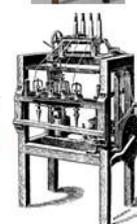
Чесальная машина Аркрайта (прототип - машина Даниэля Борна 1748) (2)

Ленточная машина (3)



Ровничная машина (4)

Прядильная машина (5)



18 ▶

¹ Цейтман Е.А. Очерки истории текстильной техники. 1940.

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Институтом, который поддерживает проектное мышление, самоопределение людей в позиции проектировщика, коммуникацию и взаимодействие инженера-проектировщика и предпринимателя – становится институт патентного лицензирования.

¹⁸ Цейтман Е.А. Очерки истории текстильной техники. 1940.

Патентная лицензия (договор передачи прав на патент) становится более гибким инструментом, чем сам патент. Теперь предприниматель может приобрести у инженера-проектировщика только необходимые неисключительные права (например, на запатентованные решения для механизации производственного процесса) по лицензионному договору – к примеру, только на определенной территории или на определенное время. Это превращает «патентную лицензию» в более дешевый для предпринимателя инструмент, чем приобретение исключительных прав на патент в целом. А это, в свою очередь, означает, что издержки создания, например фабрики в конкретной местности окажутся ниже – и предприниматель раньше начнет получать прибыль.

Известно, что «лицензии» на строительство фабрик продавал другим предпринимателям Ричард Аркрайт.

Более гибкий и дешевый для предпринимателя инструмент для взаимодействия между ним и инженером ведет к росту спроса на продукты инженерного мышления и деятельности – и росту числа инженерных мест в СРТ. «...с 1690 по 1699 г. Англия выдала вдвое больше патентов, чем в каждое 10-летие 1660-1690 гг.»¹⁹. При этом, как считает Sean Bottomley, «...до 1760 г. в Соединенном Королевстве было выдано очень мало патентов – в 1750 г... только 8, 7 в Англии и 1 в Шотландии, и нет заметной тенденции роста»²⁰. «Очень мало» в 1750 году (8 в год – это 80 за 10 лет), когда патентная система Великобритании еще не «набрала обороты» (см. график «Динамика числа патентов в Англии, Шотландии и Ирландии в период Первой промышленной революции» ниже) – сопоставимо с числом патентов в Соединенных провинциях на пике «Нулевой» промышленной революции (1610-1619 годы – 81 патент, 1620-1629 – 118 патентов, 1630-1639 – 92 патента). Это означает, что по числу «оформленных для взаимодействия с предпринимателем» продуктов инженерного мышления и деятельности Великобритания догнала Соединенные провинции – еще до начала активного функционирования системы «патентного лицензирования».

Перелом и рост графика числа «оформленных для взаимодействия с предпринимателем» продуктов инженерного мышления и деятельности (патентов) начинается в Великобритании с конца 1750-х годов: «<С конца 1750-х> «...наблюдается неуклонное ускорение роста количества патентов в Англии... график роста патентов в Англии... <имеет> точку излома ближе к концу 1750-х годов. В 1800 г. в Англии было получено 96 патентов, в 1850 г. – 513»²¹. Показатель одного (!) 1800 года сопоставим с количеством патентов в Соединенных провинциях за целых 10 лет на пике «Нулевой» промышленной революции: 1610-1619 годы – 81 патент, 1620-1629 – 118 патентов, 1630-1639 – 92 патента. А показатель одного (!) 1850 г. в самом конце Первой промышленной революции сопоставим с количеством патентов в Соединенных провинциях за почти всю «Нулевую» промышленную

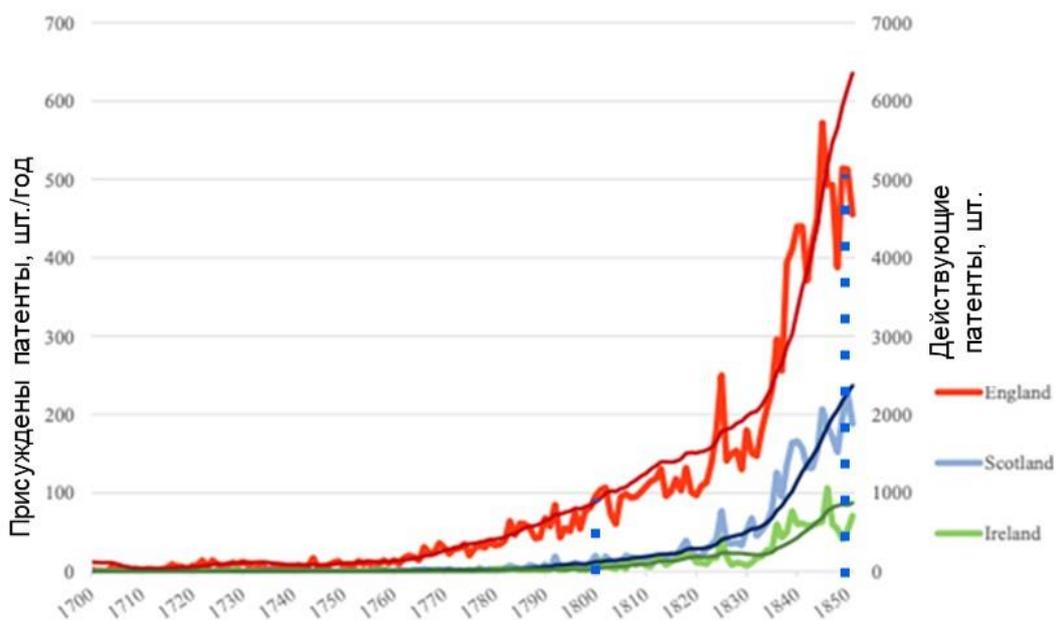
¹⁹ Википедия: https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9volution_industrielle. 20.03.2021.

²⁰ Sean Bottomley. Patenting in England, Scotland and Ireland 1700-1852.

²¹ Sean Bottomley. Patenting in England, Scotland and Ireland 1700-1852.

революцию: с момента создания патентной системы в 1581 г. по 1679 г. – 518 патентов. Это говорит о росте числа мест инженеров-конструкторов и инженеров-проектировщиков в СРТ Великобритании по сравнению с Соединенными провинциями на порядки.

Динамика числа патентов в Англии, Шотландии и Ирландии в период Первой промышленной революции



19 ▶

Диаграмма: Sean Bottomley. Patenting in England, Scotland and Ireland 1700-1852

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Кроме создания института «патентного лицензирования», в Великобритании совершенствуется патентная система. Британцы начинают понимать, что любая, как бы мы сказали сегодня, радикальная или прорывная инновация, которую осуществляет технологический предприниматель, осваивая в СРТ новую технологию или машину, основана на «кластере» оптимизирующих инноваций, которые, в свою очередь, используют «кластер» оптимизирующих инженерных разработок. Эти разработки выполняет не инженер-одиночка, а множество инженеров.

Поэтому британцы совершенствуют свою патентную систему. Существует мнение, что с 1769 г. – момента получения Уаттом патента на усовершенствование паровой машины – патенты становятся возможным получать и на усовершенствования уже имеющихся и запатентованных инженерных конструкций. «Принятие патента Джеймса Уатта в 1769 г. устанавливает важный принцип: патент может быть выдан на усовершенствование уже известной машины (паровой двигатель Томаса

Савери и Томаса Ньюкомена), а также на идеи и принципы – при условии, что они могут быть реализованы и применяется на практике»²².

Патент Джеймса Уатта на усовершенствование паровой машины

James Watt
Patent
1769
№ 913¹



20 ▶

¹ https://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:James_Watt_Patent_1769_No_913.pdf 26.04.2021

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Также – в плане совершенствования патентной системы – вводится возможность продлить или возобновить срок действия патента, если инвестиции в конструирование изделия или проектирование производственного процесса еще не окупились. «Компания Early British Cotton Entrepreneurs возродила патент преподобного Эдмунда Картрайта на его паровой ткацкий станок (поданный в 1785 г. после посещения им фабрики Ричарда Аркрайта в 1784 г.), узнав, что срок действия патента истекает»²³.

Направления конструкторских и проектных разработок, «оформленных для взаимодействия с предпринимателем», диверсифицированы. Мы находим среди них 13 отраслей «Нулевой» промышленной революции (около 48% патентов):

- сельское хозяйство;
- одежда;

²² Википедия: https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9volution_industrielle. 20.03.2021.

²³ Википедия: https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9volution_industrielle. 20.03.2021.

- строительство;
- пищевые продукты;
- мебель;
- скобяные и металлические изделия;
- производство кожи;
- металлургия;
- военное дело;
- горное дело;
- бумага;
- керамику и гончарные изделия;
- суда;

и 7 новых отраслей Первой промышленной революции (около 52% патентов):

- кареты (дилижансы);
- химия;
- двигатели;
- стекло;
- инструменты;
- промышленное производство;
- медицина;
- текстиль (тут смешаны и старые, и новые отрасли).

Количество и доля британских патентов по направлениям с 1775 по 1841 гг.

Запатентованные инженерно-конструкторские разработки имеют довольно диверсифицированную структуру.

Около 52% из них сконцентрированы в отраслях промышленной революции.

British patents, 1775-1841	England	% of English patents
Agriculture	253	3.12%
Carriages	454	5.60%
Chemicals	669	8.25%
Clothing	170	2.10%
Construction	364	4.49%
Engines	1051	12.96%
Food	434	5.35%
Furniture	443	5.46%
Glass	61	0.75%
Hardware	573	7.06%
Instruments	358	4.41%

	England	% of English patents
Leather	139	1.71%
Manufacturing	416	5.13%
Medicines	169	2.08%
Metallurgy	389	4.80%
Military	199	2.45%
Mining	46	0.57%
Paper	308	3.80%
Pottery	134	1.65%
Ships	415	5.12%
Textiles	1067	13.15%
	8112	

21 ► Новые отрасли в СРТ

¹ Sean Bottomley. Patenting in England, Scotland and Ireland 1700-1852

Кроме таких институтов как патентная система и лицензионный договор (патентное лицензирование), в Великобритании создается еще один институт, которые должен сверхкомпенсировать их дисфункции – премии парламента. То, что не обеспечивала патентная система, в «ручном» режиме делал парламент, выдавая премии за разработку новых инструментов, механизмов, машин и технологий. Например, премия парламента, объявленная за изобретение точного способа определения долготы, создала конкуренцию создателей точных хронометров и астрономических методов определения долготы. «Парламент, который управляет страной после <Славной революции> 1688 года, во время британской финансовой революции с 1694 года <года создания первого центрального банка в мире – Банка Англии> вознаграждает изобретателей на конкурсах... В 1714 году парламента заплатил 10 000 фунтов стерлингов всем, кто нашел способ определять долготу на море с точностью до 1°»²⁴. В 1794 году он проголосовал за выплату премии Карту за разработку технологии пудлингования чугуна, а в 1809 году по ходатайству промышленников – Картрайту за изобретение ткацкого станка. Изобретатели смогли получить вознаграждение за эти изобретения, признанные полезными обществу²⁵.

Изображение парламента Великобритании



22 ▶

Рис.: http://istoylist.blogspot.com/2012/10/blog-post_22.html 26.04.2021

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

²⁴ Википедия: https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9volution_industrielle. 20.03.2021.

²⁵ Владимир Воловик. Лекции по истории инженерии. 2015.

«Клеточкой» (наиболее эффективной на данном историческом этапе формой организации деятельности и процессов производства, накопления, распространения и освоения деятельностных знаний) Первой промышленной революции, которая массово предъявляет спрос на мышление и деятельность проектировщика и проекты механизации операций процессов промышленного производства – становится фабрика.

Рассмотрим в качестве примера фабрику Аркрайта. О высоких темпах процессов распространения и освоения знаний говорит то, что с 1775 года за 13 лет количество фабрик возросло до 143 штук.

Распространению знаний происходило как через строительство новых фабрик и обучение людей самим Аркрайтом, так и через институт патентного лицензирования. «В 1775 году Аркrait получил патент на валковое чесание, и через 5 лет партнеры широко развернули производство. Они получали также плату с лиц, оборудовавших фабрики по их патентным лицензиям»²⁶. «Кроме строительства новых заводов... <Аркrait> продавал лицензии капиталистам, которые хотели бы строить заводы, используя его конструкции <вероятно, речь идет о чертежах>. Часто он также инвестировал в эти лицензированные заводы. К 1780 году 15 заводов работали по патентам Аркрайта либо непосредственно находящиеся в его собственности, или на основании лицензии. Аркrait сам рассчитывал, что на них было занято целых 5 000 человек»²⁷. Фактически, Ричард Аркrait сам рассчитал количество человек, среди которых были распространены знания, произведенные на его фабриках (как выполнять операции процесса производства и управлять станками, как обслуживать их, знания о нормах и времени выполнения производственных операций и т. д.).

Наличие институтов патентования и патентного лицензирования привело к тому, что Аркraitу было выгодно не препятствовать, а наоборот способствовать распространению знаний, которые были созданы на спроектированных и построенных им фабриках: «...многие текстильщики приезжали на его <Аркрайта> заводы, чтобы узнать его методы»²⁸.

«Аркrait богател, благодаря собственному бизнесу, лицензиям на свои патенты, а также от доли в др. предприятиях. К 1788 г. было 143 завода, где использовались его технологии, и он был акционером в 110. Из них 22 были в Дербишире, 17 в Ноттингеме, 41 в Ланкашире, 17 в Уэльсе и 13 в Шотландии». То есть, еще одним институтом, который способствовал распространению знаний – был институт стратегического акционерного инвестирования в производства.

²⁶ https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_colier/2803/АРКРАЙТ. 26.04.2021.

²⁷ <http://www.thornber.net/cheshire/ideasmen/arkwright.html>. 20.04.2023.

²⁸ <http://www.cromfordvillage.co.uk/arkwrights.html>.

Masson Mill, вторая прядильная ф-ка, построенная Аркрайтом

Masson Mill, вторая прядильная ф-ка, построенная Аркрайтом



Западный берег р. Дервент, графство Дербишир, Англия, 1783

23 ▶

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

В «клеточке» Первой промышленной революции фабрике, кроме формирования позиции проектировщика, происходит складывание позиции менеджера. Напомню, что менеджер нормирует и стандартизирует работы, затраты рабочего времени и ресурсов на их выполнение. Его продуктами являются план, бюджет, нормативы и стандарты выполнения работ.

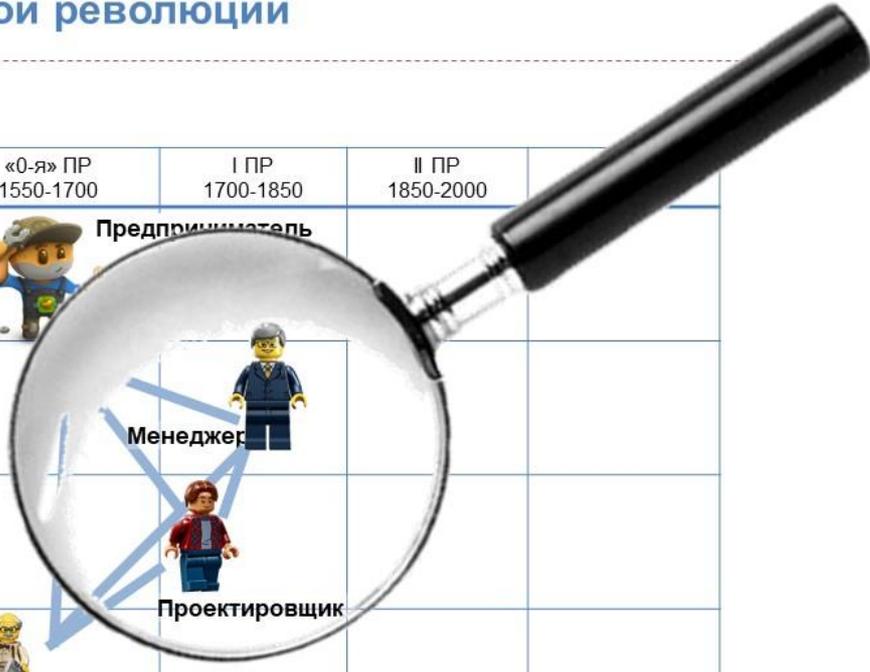
Сохранилась переписка Аркрайта, в которой он ищет сотрудника, который бы смог заменить его самого на спроектированной и построенной им фабрике. Поскольку менеджеров тогда не существовало в социальном разделении труда, Аркрайт нанял приказчика с хорошими рекомендациями.

Известно, что менеджер Аркрайта Маршалл переехал в США и создал там множество прядильных фабрик – целый промышленный район.

Мы видим, что на этапе Первой промышленной революции количество инженерных позиций, сложившихся в «социальном» разделении труда, из которых технологический предприниматель выстраивает свои проекты - возрастает по сравнению с «Нулевой» промышленной революцией.

Складывание инженерных позиций на этапе Первой промышленной революции

Технология мышления	«0-я» ПР 1550-1700	I ПР 1700-1850	II ПР 1850-2000
Программирование		Предприниматель	
Исследование		 Менеджер	
Проектирование		 Проектировщик	
Конструирование	 Инженер-конструктор		



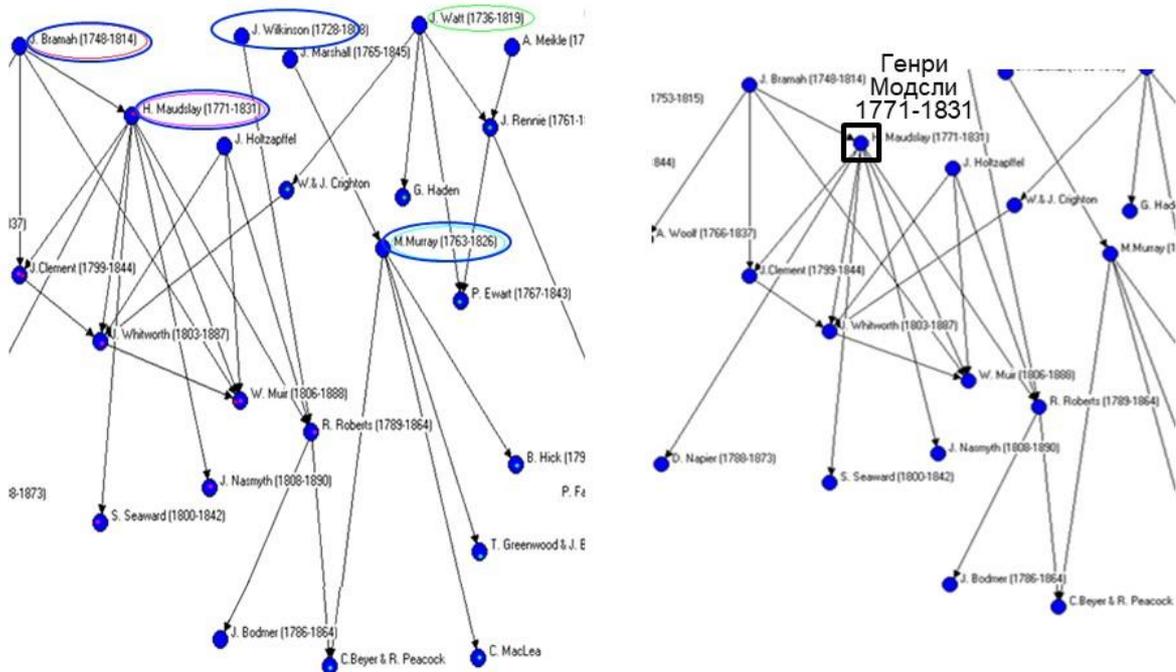
24 ▶

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

В Великобритании не было инженерных школ или университетов, в которых бы готовили инженеров-конструкторов, проектировщиков и менеджеров для фабрик. Их подготовка осуществлялась в форме организации мастер-ученик внутри самой клеточки «фабрики». Об этом говорит и кейс Аркрайта, который нанимал на позицию инженера-конструктора часовщика Кея, а на позиции менеджера – приказчика, и примеры машиностроительных фабрик Браммы, Болтона и Уатта, Мюррея и Модсли, на которых работники получали знания в области машиностроения и создавали стартапы. «...расширение промышленности происходит, благодаря... возникновению стартапов работников и развитию сети передачи знаний с сильной «связанностью». ...стартапы были... средством воспроизводства технических навыков и методов работы». Важно, что «...компании не воспринимали спин-оффы <которые стали механизмом передачи бизнеса между поколениями> своих бывших работников с враждебностью, как нежелательных конкурентов (Модсли в этом отношении наиболее яркий пример)... «Процессу создания фирм... способствовал низкий барьер входа в отрасль... специализация... была гораздо более развита в р-не Манчестера. ...там быстрый рост спроса на текстильные машины способствовал возникновению крупномасштабного разделения труда: здесь 2 или 3 класса изготовителей шпинделей... Пока спрос был не настолько велик, один изготовитель шпинделей мог делать несколько

их видов, а теперь... он ограничивает свою работу только одним видом шпинделя»²⁹.

Схемы спин-оффов сотрудников машиностроительных производств



25 ▶ ¹ Macleod C., Nuvolari A. 'Glorious Times': The emergence of mechanical engineering in early industrial Britain, 1700-1850. 2009. С. 230-233 (pdf).

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Приведем реконструкцию перечня фронтальных инженерных задач Первой промышленной революции:

- 1707 г. Увеличение точности, скорости и производительности литья чугуна.
- 1709-1780-е. Создание нового источника энергии для металлургии кокса и отработка технологии коксования угля.
- 1712 г. Создание производства паровых машин для решения проблемы откачки воды из глубоких шахт.
- 1740. Создание технологии литья стали и литейных производств.
- 1769-1775. Проектирование прядильной фабрики с водяным колесом, приводом, разделение труда по операциям и механизацией всех операций.
- 1774. Создание сверлильных станков и увеличение точности сверления глубоких отверстий в чугуне и железе.

²⁹ Macleod C., Nuvolari A. 'Glorious Times': The emergence of mechanical engineering in early industrial Britain, 1700-1850. 2009. С. 230-233 (pdf).

- 1775-1780-е. Создание точного серийного производства паровых машин.
- 1784. Создание технологии пудлингования железа и прокатных вальцов для получения продукции необходимой конфигурации.
- 1793-1807. Проектирование и организация поточного производства судовых блоков.
- 1800. Создание микрометра, точного металлорежущего станка, метчиков, плашек и производства стандартных болтов и гаек.
- 1800-е. Создание фабрики по производству металлообрабатывающих станков.
- 1800-е. Проектирование металлических ткацких станков.
- 1830-1840-е. Создание точных поверхностей, высокоточного способа измерений и стандарта резьбы.

Вторая промышленная революция.

В период Второй промышленной революции в США, которую мы датируем 1850-2000 годами, массовизировалась технология мышления «исследования».

При создании вокруг лаборатории транснациональных корпораций (ТНК) складываются позиции инженера-исследователя и инвестора. В отличие от инженера-конструктора, который сфокусирован на вещи (изделии), и инженера-проектировщика, мышление и деятельность которого сосредоточены на производственном процессе, инженер-исследователь сфокусирован на материале деятельности.

Материал при этом можно трактовать узко – как материал, из которого производится изделие, а можно широко – как материал любого из «мест» в деятельности. И если, например, эта деятельность – производство, то объектами исследований будут сам производственный процесс – трудовые операции и процедуры, на которые он разделен; орудия и инструменты производства, закрепленные за каждой из этих операций; человек, производственный коллектив или человеко-машинные системы, которые выполняют операции процесса производства; знания различных позиций в деятельности, и т. д.

Если инженер-исследователь рассматривает исследуемые процессы и их «организованности» как естественные, то продуктом исследований будут модели и знания о «естественных» «природных» (или социальных) процессах, явлениях и материалах. А если он сфокусирован на «искусственных» процессах и «организованностях» деятельности, то его продуктом будут модели технологических процессов и их продуктов.

В дальнейшем в ходе Второй промышленной революции позиция инженера-исследователя дифференцируется в сложную СРТ в исследованиях. Позиция инвестора членится на (как минимум) позиции стратегического инвестора (мы видели, что на прошлом этапе Первой промышленной

революции эту /среди прочих/ позицию занимал Ричард Аркрайт), профессионального инвестора и финансового инвестора.

В ходе Второй промышленной революции массовизируются позиции исследователя и инвестора

Какие
естественные
процессы идут в
материале
деятельности, и
как его
произвести?



Модели материала,
«естественного»
«природного» и
«искусственного»
технологического процессов

В какой сфере
деятельности
ресурсы
будут
«работать»
наиболее
эффективно?



Анализ и прогноз
производительности
использования
«ресурсов»

Например, к концу третьей четверти XIX века ночное освещение начинает рассматриваться, как бы мы сказали сегодня, в качестве слабого места в СРТ. Массово использовались свечи и керосиновые лампы – неяркие и пожароопасные. Газовое освещение было дорогим. Запатентованная в 1876 году электродуговая лампа Яблочкова, которая серийно производилась с 1877 года (8 000 ламп и несколько десятков генераторов в месяц) – имела жизненный цикл всего около 1,5 часов.

Развитие ламп накаливания столкнулось с проблемой: температуры, необходимые для излучения света, были высоки – поэтому вещества, которые пытались применить в функции «нити» накаливания, плавились или горели. Начиная с 1820-х годов, ряд инженеров предложили идею размещения нити из углерода или платины в стеклянной колбе, из которой был откачан воздух – для того, чтобы предотвратить или замедлить сгорание «нити» накаливания, но никто из них не достиг успеха.

Реконструкция попыток решить проблему создания электрической вакуумной лампы накаливания с 1820-х годов



27 ▶

¹ https://abclight.ru/blog/lightbulb/?fbclid=IwAR0joYcC2ZnXnN73S1vKqocQ0s5c9SnA0f_LaYdDOBZ6SfV3tpbbW_GRbQ0 © В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Эдисон «увидел», что ночное освещение, как бы мы сказали сегодня, является «слабым местом» в системе разделения труда (конечно, увидеть это невооруженным взглядом было невозможно – можно было только представить в мышлении), и как предприниматель поставил цель «снять» это слабое место.

Строительство лаборатории, в которой он спустя 2 года организует СРТ для исследований, нацеленных на снятие проблемы создания вакуумной лампы накаливания, была завершено 25 марта 1876 года. «Лаборатория Эдисона в Менло-Парке... < — это > была современная промышленная лаборатория 1876 года, не имевшая аналогов в США»³⁰. Она была размещена в белом 2-этажном здании, где на 1 этаже помещался механический цех с точными инструментами, а на 2 этаже – непосредственно химическая лаборатория. В своем письме президенту Western Union Уильяму Ортону Эдисон описывал лабораторию как «...2 этажа, заполненные всевозможными приборами для научных исследований... с машинами и аппаратами стоимостью около \$40 000», и обещал выпускать «мелкие изобретения каждые 10 дней и большие – каждые 6 месяцев»³¹.

³⁰ <http://edison.rutgers.edu/inventionfactory.htm>, 11.11.2020.

³¹ <http://edison.rutgers.edu/inventionfactory.htm>, 11.11.2020.

Фотографии лаборатории Эдисона в Менло-Парке, завершённой 25 марта 1876 года



Первый корпус лаборатории Эдисона в Менло-Парке, построенной в 1876 г.



1 этаж



Вид 2 этажа лаборатории в Менло-Парке



2 этаж

28 ▶

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Первоначально – в 1876 году – СРТ в исследованиях и разработках в лаборатории, не считая самого Эдисона, состояла всего из 5 человек: исследователей-экспериментаторов Чарльза Батчелора и Джеймса Адамса и трех механиков (которые, вероятно, в том числе выполняли функции производства моделей, макетов изделий, конструирования изделий и их материализации).

Содержание лаборатории обходилось в \$100 в неделю. Эти расходы взяла на себя Western Union, которая получила от лаборатории права на угольный передатчик и фонограф в 1877 г.³² Финансирование Western Union позволило Эдисону увеличить масштаб СРТ в лаборатории до 25 человек. К весне 1878 г. в число новых сотрудников вошли 4 экспериментатора, 2 лаборанта, 6 механиков, модельщик, разнорабочий, сторож, бухгалтер и личный секретарь³³.

Для исследований, нацеленных на снятие проблемы создания вакуумной лампы накаливания с длинным жизненным циклом, Эдисон достраивает СРТ в исследованиях и разработках. «В 1878-1879 годах Эдисон нанял несколько

³² <http://edison.rutgers.edu/inventionfactory.htm>. 11.11.2020.

³³ <http://edison.rutgers.edu/inventionfactory.htm>. 11.11.2020.

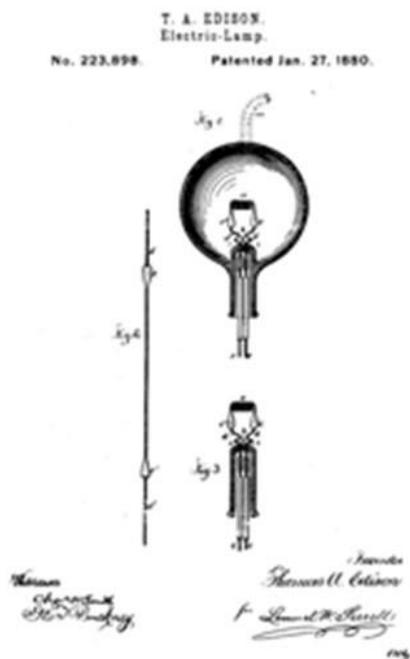
экспериментаторов и химиков, в том числе двоих немецких докторов наук <так как исследователей американские университеты в то время еще не готовили>, выдувальщика, инженера по пару, чертежника <конструктора>, пару рабочих лаборатории»³⁴.

Эта СРТ должна была разработать требования к «нитям» накаливания. Для разработки этих требований был построен ряд исследовательских моделей, включая экономические. «Расчеты Аптона и других химиков из лаборатории показали... технические и экономические ограничения на... тип материала для нити накаливания»³⁵.

Также эта СРТ должна была сформулировать гипотезы, какие из материалов смогут удовлетворить этим требованиям, и провести экспериментальную проверку этих гипотез. Существует мнение, что лаборатория Эдисона опробовала около 2 000 кандидатных материалов на роль нити накаливания. «...Эдисон и его сотрудники предприняли систематическое исследование ряда материалов. К 1879 году он остановился на углероде...»³⁶.

В результате благодаря исследованиям удалось увеличить срок жизни лампы с 1879 по 1880 год с 40 до 1200 часов.

Патент Эдисона на электрическую лампу 1880 года



³⁴ <http://edison.rutgers.edu/inventionfactory.htm>, 11.11.2020.

³⁵ David F. Channell. A History of Technoscience Erasing the Boundaries between Science and Technology.

³⁶ David F. Channell. A History of Technoscience Erasing the Boundaries between Science and Technology.

После объявления в прессе в сентябре 1878 года о решении проблемы электрического освещения группа инвесторов Western Union решила создать компанию Edison Electric Light. В течение следующих 2,5 лет они предоставили Эдисону \$130 000 (около \$2,3 млн в деньгах 2018 года) на его эксперименты³⁷.

Лампа накаливания была одним из множества элементов системы освещения, которые было необходимо доработать или разработать впервые для цели создания системы электрического освещения на постоянном токе. «В совершенствовании нуждалась не только лампа. Эдисон должен был усовершенствовать генератор, подходящий для его системы, <сконструировать>... розетки, изоляторы, выключатели, предохранители и электрические счетчики и создать схему, которая могла бы связать всю систему воедино»³⁸.

Решения по конструкциям элементов системы электрического освещения были взаимосвязаны друг с другом, и для того, чтобы их принять, необходимо было строить исследовательские модели системы освещения на постоянном токе в целом. «...изменение любого компонента системы затронуло бы все остальные. Например, выбор между нитями с высоким или низким сопротивлением также будет означать и выбор между двумя типами генераторов. Или выбор между генераторами с высокой силой тока или высоким напряжением повлияет на конструкцию лампочки»³⁹.

³⁷ <http://edison.rutgers.edu/inventionfactory.htm>. 11.11.2020.

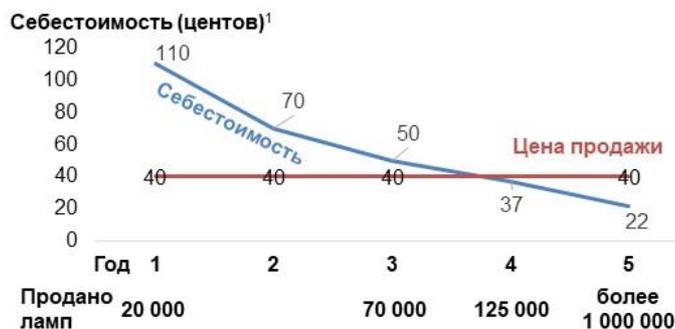
³⁸ David F. Channell. A History of Technoscience Erasing the Boundaries between Science and Technology.

³⁹ David F. Channell. A History of Technoscience Erasing the Boundaries between Science and Technology.

Для производства ламп и других модулей системы освещения и их продажи Эдисон – образно говоря, из «лего», созданного предпринимателями в периоды «Нулевой» и Первой промышленных революций – достраивает вокруг лаборатории фабрики и торговые компании. В «1880 году в Менло-Парке начала работать первая в мире фабрика по производству ламп, ... в 1881 году – завод «Edison Lamp Works» в городе Гаррисоне, штат Нью-Джерси...»⁴³.

Для того, чтобы снять слабое место в СРТ – создаваемая система освещения на постоянном токе должна была оказаться для потребителя дешевле газового освещения. «Для широкого распространения ламп <а также системы генерации и транспортировки электроэнергии в целом> нужны были цены, которые сделают их <лампы> доступными... <Поэтому> Эдисон... установил продажную цену в \$0,4 <при себестоимости в 1881 г. \$1,1>... и на каждой проданной лампе (их было <выпущено в течение первого года работы фабрики> 20 000) терял \$0,7, но уже на четвертом году окупил все расходы предшествующих лет»⁴⁴.

Динамика себестоимости и цены продажи электрической лампы накаливания по годам



31 ►

¹ Белькинд Л.Д. Томас Альва Эдисон (1847-1931).

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

⁴³ Белькинд Л.Д. Томас Альва Эдисон (1847-1931).

⁴⁴ Белькинд Л.Д. Томас Альва Эдисон (1847-1931).

В 1878 году Эдисон организовал коммерческую корпорацию «Edison Electric Light Company», передал ей права на коммерческую эксплуатацию лампы накаливания и системы электрического освещения. К середине 1880-х годов «Edison Electric Light Company» производила почти $\frac{3}{4}$ всех ламп накаливания американского производства. К концу 1883 года она владела 215 американскими патентами.

Далее мы увидим, что объект деятельности и предпринимателя, и инженера в период Второй промышленной революции меняется по сравнению с Первой. Если в период Первой промышленной революции предприниматель для того, чтобы снять слабое место в СРТ, создавал фабрику, а инженер – должен был обеспечить рост производительности труда на ней, то во время Второй промышленной революции создания фабрики уже недостаточно. Фактически, предпринимателю для того, чтобы снять слабое место в СРТ, стало необходимо создать целую новую отрасль (в анализируемом нами случае – отрасль электротехнического машиностроения), а инженеру – обеспечить рост производительности труда в этой новой отрасли по сравнению со старой (в анализируемом нами примере – по сравнению с отраслью газового освещения), который позволит снизить стоимость продуктов для потребителя.

Создавая новую отрасль электротехнического машиностроения, Эдисон организовал машиностроительный завод «Edison Machine Works» в Нью-Йорке для производства электротехнического оборудования, «Edison Tube Company» по производству оборудования для прокладки подземных и воздушных линий и «Edison Shafting Company» по производству трансмиссионного оборудования. К 1886 году он объединил их в «Edison United Manufacturing Company». В 1889 году Эдисон объединил «Edison Electric Light Company» и «Edison United Manufacturing Company» в единую «Edison General Electric Company». Она, наряду с «Thomson-Houston Electric Company» и «Westinghouse Electric and Manufacturing Company» стала одной из 3 крупных электропромышленных компаний в стране⁴⁵.

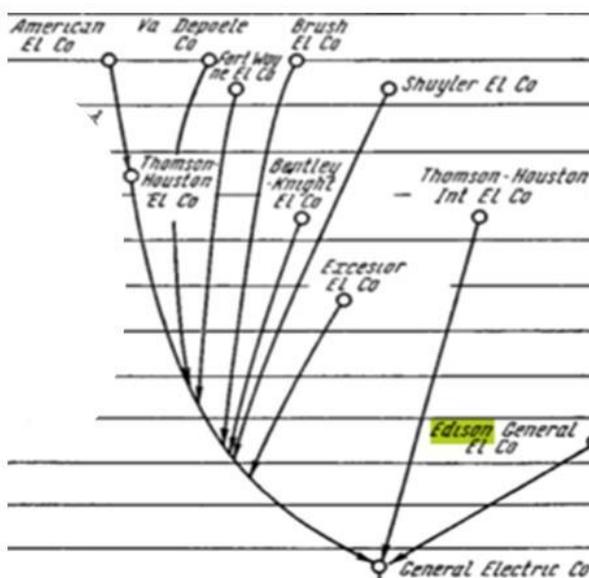
Для перехода с регионального масштаба деятельности на страновой и затем – на международный Эдисон объединяет свою корпорацию с двумя другими. В 1893 году на базе корпораций Эдисона, Thomson-Houston Electric Company и компаний Эйкемейера создается General Electric Company. На момент ее образования «стоимость предприятий Эдисона... была \$15 млн, Томсон-Хьюстон – \$10,5 млн», «у Эдисона работало 6000 человек, в Томсон-Хьюстон – 4000 человек», «валовая прибыль Томсон-Хьюстон была примерно на 30% выше прибыли предприятий Эдисона». Компания Эдисона имела 375 электростанций общественного пользования и 2300 блок-станций у отдельных потребителей, Томсон-Хьюстон – 870 электростанций общественного пользования, установок с блок-станциями почти не было. После образования

⁴⁵ Белькинд Л.Д. Томас Альва Эдисон (1847-1931).

General Electric Company к ней переходит вся производственная и коммерческая деятельность Эдисона⁴⁶.

Схема образования транснациональной корпорации General Electric Company с 1877 по 1892 год

Компании, которые вошли в General Electric Company с 1877-1892¹



32

¹ По Брайту.

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

На этапе Второй промышленной революции институтом, который поддерживает исследовательское мышление и кооперацию инженера-исследователя и технологического предпринимателя, становятся роялти – платежи за интеллектуальную собственность на результаты исследований.

Массовый спрос на исследования и деятельность инженера-исследователя предьявляет «клеточка» (наиболее эффективная на данном историческом этапе форма организации деятельности и жизненного цикла знаний) Второй промышленной революции «транснациональная корпорация» (ТНК).

Пример корпорации General Electric, создание которой мы рассмотрели выше, свидетельствует, что в ядре деятельности ТНК находятся исследования. В 1900 году General Electric запускает новую лабораторию, в которой осуществляются исследования и разработки новых технологий, материалов и продуктов, в г. Сенектеди (штат Нью-Йорк). Приведем некоторые из самых успешных разработок этой ТНК:

- электрический вентилятор (1902),

⁴⁶ Белькинд Л.Д. Томас Альва Эдисон (1847-1931).

- тостер (1905),
- вольфрамовая нить для лампочки (1910),
- холодильник (1917),
- турбокомпрессор GE помогает самолету достичь рекордной высоты (1921),
- первая в Америке радиопередача (1922),
- первый в Америке электровоз (1923),
- звуковое кино (1926),
- домашний телевизор (1927),
- первая в Америке телепередача (1928),
- вещание на частотах FM (1940),
- первый американский реактивный двигатель (1941) и самолет (1942),
- электронный микроскоп (1942),
- первая система автопилота (1943),
- реактивный двигатель J47 – самый производимый газотурбинный двигатель в истории (1949),
- искусственная резина Lexan (1953-й),
- искусственные алмазы (1955),
- галогенные лампы (1956),
- первая АЭС (1957),
- компьютерная томография (1976),
- МРТ (1983)⁴⁷.

Производительность исследований в ТНК в десятки раз выше, чем у самого гениального и плодовитого исследователя. Например, Томас Эдисон зарегистрировал в Соединенных Штатах 1093 патента: 1084 патента на полезные модели (патенты на изобретения) и 9 патентов на художественный дизайн. Он был самым плодовитым исследователем и разработчиком XX века, который свой первый патент получил в 1869 году в возрасте 22 лет⁴⁸.

За 62 года исследований и разработок с 1869 по 1931 год он получил 1093 патента⁴⁹. Его условная производительность труда за этот срок составила 17 патентов в год.

При этом только за 24 года исследований и разработок ТНК GE с 1911 по 1935 год было получено 7 069 патентов (1 место в США), а производительность исследований и разработок труда составила 294 патента в год.

⁴⁷ http://www.economicportal.ru/history_comp/ge.html. 02.05.2023.

⁴⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Edison_patents. 03.05.2023.

⁴⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Edison_patents. 03.05.2023.

Сравнение производительности труда в исследованиях и разработках Томаса Алва Эдисона и ТНК General Electric



Томас Алва Эдисон
1847-1931

62 года
исследований и разработок
(1869-1931 гг.)

1 093 патента ²

Производительность
17 патентов в год



ТНК General Electric

Срез только за **24 года**
исследований и
разработок GE
(1911-1935 гг.)¹

7 069 патентов
(1 место в США)¹

Производительность
294 патента в год

33

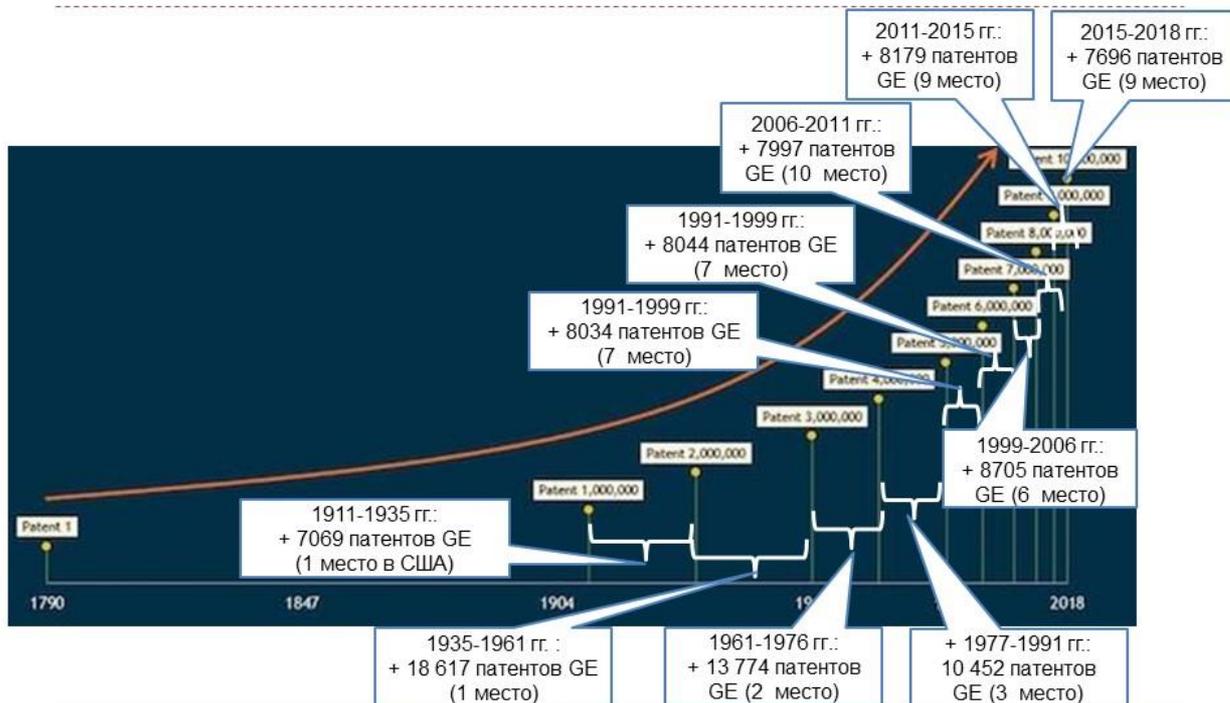
¹ <https://www.ipwatchdog.com/2018/06/27/from-1-to-1000000-history-of-patents/id=98649/>
² https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Edison_patents. 03.05.2023.

До 1960-х годов ТНК General Electric Company была на первом месте по числу получаемых патентов среди всех компаний в США.

До 1990-х годов она входила в Топ 3 компаний по числу патентов.

По сей день ТНК General Electric Company остается в Топ 10 компаний США по числу полученных патентов.

Место ТНК General Electric Company по числу патентов на результаты исследований и технологических разработок в США



34 ▶

<https://www.ipwatchdog.com/2018/06/27/from-1-to-1000000-history-of-patents/id=98649/>

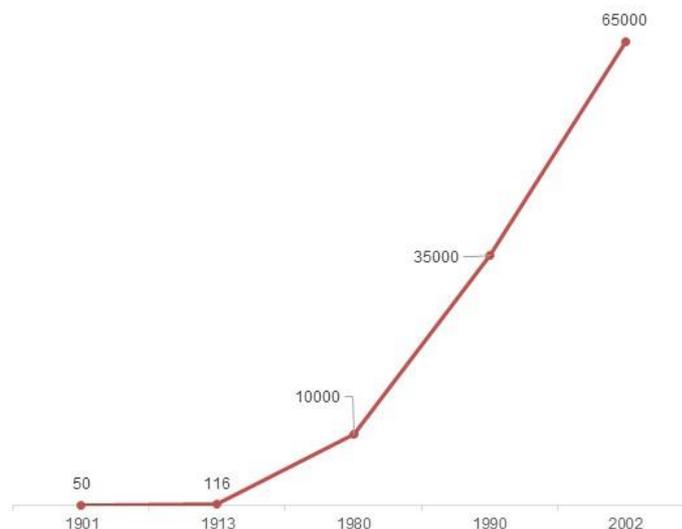
© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Распространяясь из США, новая «клеточка» ТНК быстро захватывает мир. Она распространилась сначала по Европе, а позже в Латинской Америке, Азии и Индии. Хотя ТНК появились не только в Америке, но и в Европе (особенно в Германии и Англии), а позже в Азии (Япония), США занимали лидирующие позиции в качестве «материнской» страны для ТНК в течение конца XIX – первой половины XX в. Британская публикация 1901 года гласит: «Каковы главные новые особенности жизни Лондона? Это... телефон, портативная камера, электрический трамвай, автомобиль, пишущая машинка, пассажирские лифты в домах и множество станков. Везде, кроме дизельного автомобиля, американский производитель является главным, а кое-где и монополистом»⁵⁰. Автор статьи еще не знал, что через 12 лет Генри Форд запусти сборочный конвейер и начнет строить ТНК Ford, которая станет лидером в автомобилестроении в мире.

⁵⁰ Chandler A. D., Mazlish B. (ed.). Leviathans: Multinational corporations and the new global history. – Cambridge University Press, 2005.

Рост числа транснациональных компаний в XX веке

Число ТНК в XX в.¹



35 ▶

¹Fritz Machlup, *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*, 1962.

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

ТНК финансируют большую часть исследований в мире. Например, «в 1919-1936 годах производственные фирмы США основали более 1 000 промышленных научно-исследовательских лабораторий... в таких отраслях как автомобилестроение, металлургия, добыча нефти, производство фармпрепаратов. Число ученых в R&D лабораториях в 1920-1940 годах увеличилось с 2 775 до 27 777. Половина из них работала в 10% лабораторий <то есть, в крупных лабораториях ТНК>, так как крупные фирмы во всех сферах экономики рассматривали исследование как важную составляющую успеха»⁵¹.

«Расходы на корпораций на R&D... в 1930 году были в 6 раз больше, чем расходы на исследования в колледжах, университетах и научно-исследовательских институтах, а к 1940 году – в 10 раз больше»⁵².

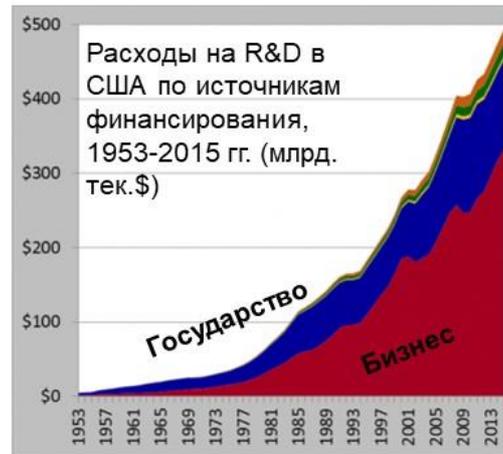
⁵¹ Steven W. Usselman, *Research and Development in the United States since 1900: An Interpretive History*.

⁵² A Report to the President by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development, July 1945.

Диаграммы расходов на R&D в США, в том числе по источникам финансирования

Расходы на R&D в США³

Год	млн.\$
1920	80
1930	130
1940	377
1950	2 870
1960	14 000



36

¹ A Report to the President by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development, July 1945

² Steven W. Usselman, Research and Development in the United States since 1900: An Interpretive History

³ Fritz Machlup, The Production and Distribution of Knowledge in the United States, 1962

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

В ТНК происходит углубление разделения труда в исследованиях и разработках. В СРТ складываются следующие инженерные позиции:

- руководящий (главный) старший исследователь/научный сотрудник (Principal Scientist, он же Principal Investigator, он же Principle Program Investigator),
- координатор исследований (Research Coordinator),
- управляющий лабораторией (Operations Manager),
- проектный исследователь в междисциплинарных исследованиях (Project Scientist in interdisciplinary research),
- главный специалист по обработке и анализу данных (Principal Data Scientist),
- старший инженер по R&D (Senior R&D Engineer),
- главный изобретатель (Principal Inventive Scientist),
- исследователь / инженер машинного обучения (Research Scientist/ Engineer Computer Vision & Machine Learning),
- инженер по интеллектуальному анализу данных /программист (Data Mining Engineer),
- инженер-испытатель,
- специалист по компьютерному моделированию,
- исследователь в лаборатории прикладных R&D (R&D Scientist),

- лабораторный специалист по контролю качества (Quality Control Specialist),
- ассистент научного сотрудника / лаборант,
- аналитик данных исследований (Research Data Analyst),
- исследователь-прогнозист (Principal Forecasting Research Scientist).

Специализация и усложнение СРТ в сфере R&D в течение XX века



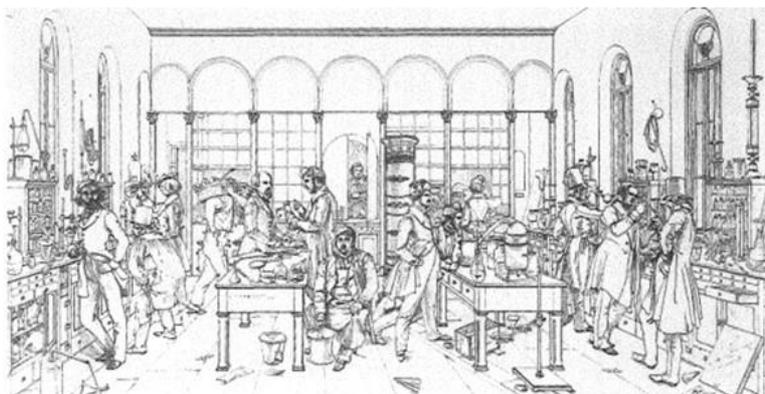
37 ▶

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

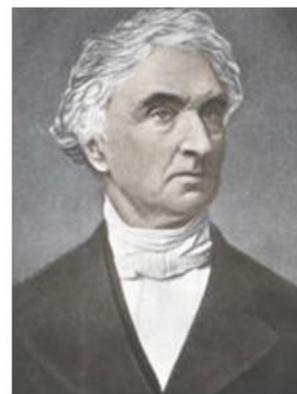
Подготовка исследователей складывается в Германии в первой половине XIX века. Первоначально исследователи, как правило, создавали лаборатории у себя дома и там же занимались со своими студентами. Подобные лаборатории складываются в химии, электротехнике и механике. «В 1824 году Либих создал химическую лабораторию в Университете Гиссена. Лаборатория Либиха была первой институциональной лабораторией, в которой студенты преднамеренно подготавливались к работе в высокоэффективных исследовательских школах посредством систематических научных экспериментов»⁵³.

⁵³ <http://web.uvic.ca/~berryde/chem362/plagiarism%20example.pdf>. 03.05.2023.

Химическая лаборатория Юстуса фон Либиха в университете Гиссена в 1824 году



Химическая лаборатория Юстуса фон Либиха



Юстус фон Либих
1803-1873

38 ▶

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Через некоторое время лаборатории получают поддержку государства и университетов и перемещаются в университеты. «Химические лаборатории... стали рассматриваться в качестве мест для исследований и внедрения новых практических навыков и быстро приобрели статус основной составляющей любого современного вуза»⁵⁴.

Во второй половине XIX века Германия становится мировым лидером в подготовке исследователей. «С 1877 по 1892 год в немецких университетах созданы 17 новых химических лабораторий, ...количество студентов на научных факультетах увеличилось в разы... Германия стала центром академического образования в области химии, в то время как англичанам в поисках химического образования до возникновения гражданских университетов пришлось прибегать к различным способам... Одним из способов было ехать в Германию... Практически все английские профессора химии конца века прошли через этот опыт»⁵⁵.

Немецкие компании скопировали лаборатории у университетов и наняли подготовленных в университетах исследователей. Исследования и лаборатории стали источником разработок новых материалов и продуктов, технологий их производства и в конечном итоге – выхода немецких ТНК на

⁵⁴ <http://www.cis.unibo.it/bshs/books/foxguagn.pdf>. 03.05.2023.

⁵⁵ http://www.mzwtg.mwn.tum.de/fileadmin/w00bmt/www/Arbeitspapiere/Wengenroth_sci-tech-ind-19c.pdf. 03.05.2023.

лидирующие позиции в мире в сферах химии, электротехники и точного машиностроения.

Копируя опыт немецких университетов, в конце XIX века подготовка исследователей была организована в университетах США и России.

С учетом новых инженерных позиций в СРТ, которые сложились на этапе Второй промышленной революции, набор инженерных позиций, из которых технологический предприниматель выстраивает предпринимательские проекты, еще более увеличился. Теперь он включает инженера-конструктора, проектировщика, менеджера и исследователя. Необходимо понимать, что за каждой из этих «принципиальных» позиций к концу Второй промышленной революции стоит целая система разделения труда.

Складывание новых инженерных позиций на этапе Второй промышленной революции



39 ▶

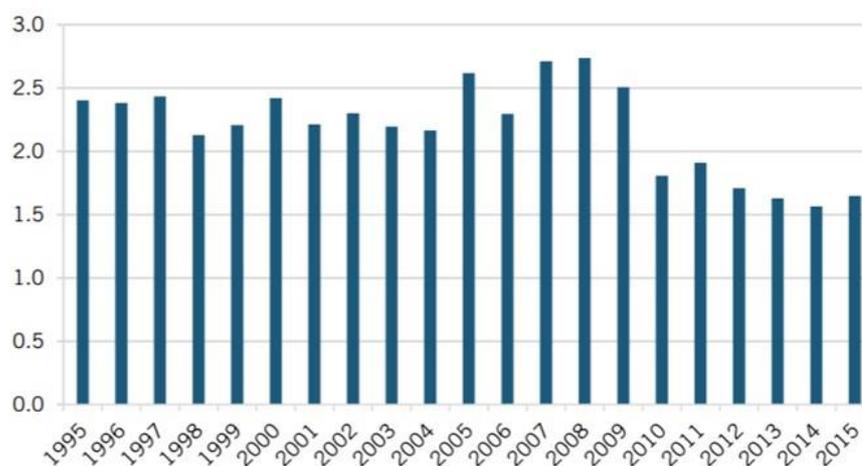
© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

В заключение следует сказать, что с последней четверти XX века аналитиками фиксируется снижение отдачи от инвестиций в исследования. Например, «с 1995 по 2009 год каждый миллион долларов, вложенный компаниями США в R&D, привел к получению примерно 2,5 патентов; с 2009 года этот показатель снизился до 1,5»⁵⁶.

⁵⁶ John Wu. Why U.S. Business R&D Is Not as Strong as It Appears <http://www2.itif.org/2018-us-business-rd.pdf>.

Число патентов, выданных на 1 миллион долларов вложений в R&D

Число патентов, выданных на 1 миллион долларов вложений в R&D¹



40

¹ JOHN WU. Why U.S. Business R&D Is Not as Strong as It Appears <http://www2.tiff.org/2018-us-business-rd.pdf> 03.05.2023.

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Одновременно «за последние три десятка лет <в США> отдача от R&D снизилась на 65%»⁵⁷.

⁵⁷ Anne Marie Knott. Is R&D Getting Harder, or Are Companies Just Getting Worse At It?, <https://hbr.org/2017/03/is-rd-getting-harder-or-are-companies-just-getting-worse-at-it>. 03.05.2023.

Динамика индекса производительности R&D Harvard Business Review

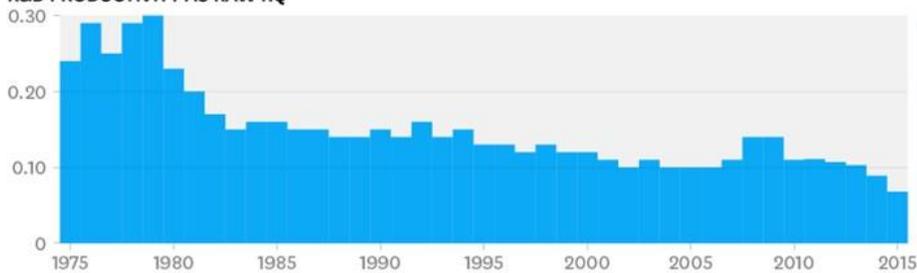
Индекс производительности R&D, разработанный экспертами Harvard Business Review, показывает, сколько выручки получают компании за вложения в исследования

$$Y = K^{\alpha} L^{\beta} R^{\gamma}$$

OUTPUT CAPITAL LABOR R&D

Коэффициент гамма показывает, какой процент увеличения выработки вы получите от увеличения расходов на НИОКР на 1%

R&D PRODUCTIVITY AS RAW RQ



«За последние три десятка лет <в США> отдача от R&D снизилась на 65%»¹

41

¹ Anne Marie Knott. Is R&D Getting Harder, or Are Companies Just Getting Worse At It?, <https://hbr.org/2017/03/is-rd-getting-harder-or-are-companies-just-getting-worse-at-it>

© В. Алейник, П. Щедровицкий и К*

Это свидетельствует о том, что технология мышления «исследования» уже не может обеспечить решение проблем, накопившихся к концу Второй промышленной революции. Сегодня складывается новая технология инженерного мышления «программирование».