

Вся наша жизнь — продукт производства

Как мы создаём вещи, почему это важно и как мы
можем делать это лучше

Тим Миншалл

Пролог

Всё шло совсем не по плану. Было совершенно ясно: добром это не кончится — кто-нибудь обязательно пострадает. — Пожалуйста! — взмолился я, едва перекрывая крики. — Здесь хватит на всех! Осторожнее, некоторые детали острые! По одному! Бесполезно. Клавиатура ноутбука словно взорвалась, из зияющей дыры в задней стенке компьютера безжизненно свисали провода, а мистеру Исключительному, похоже, уже требовалась медицинская помощь. Неделей раньше я сидел у себя в кабинете, когда позвонила учительница из местной начальной школы. Ей нужен был кто-нибудь, кто мог бы выступить перед детьми в рамках школьной «Недели науки». Я попытался объяснить, что вообще-то я не учёный, а преподаватель и исследователь в области производственной инженерии.

Ответ последовал незамедлительно: — Прекрасно, подходит. Будет около шестидесяти детей девяти-десяти лет, занятие — сорок пять минут. В следующий понедельник в 9:30 вам удобно? Придите чуть пораньше, мы покажем, куда идти. Большое спасибо! Щёлк. Я положил трубку и почесал щёку. О чём, чёрт возьми, я буду с ними говорить? До выступления оставалась целая неделя, поэтому особенно я не волновался. Через шесть дней я наконец взялся за дело. В воскресенье встал пораньше, чтобы мне никто не мешал. Достал из принтера чудесно чистый лист формата А4, вынул из треснувшей кружки на столе приятно остро заточенный карандаш, уселся и немедленно приступил к работе.

Чистый лист молча смотрел на меня. Я чуть подвинул его, выровняв точно по краю стола. Потом начал рисовать заводы и корабли. Наконец аккуратно написал посередине: «Как делают вещи и как они попадают к вам?» Несколько секунд я изучал написанное, затем, нахмутив лоб и высунув

от усердия кончик языка, медленно обвёл вопрос красивым облачком. Каждое слово подчеркнул. Дважды. Погрыз кончик карандаша и попытался подавить медленно подступавшее чувство паники. Как, скажите на милость, заинтересовать производством целую комнату десятилетних детей?

И тут меня осенило. Я бросил карандаш и решительно направился в сарай. Там, на полу, среди старых велосипедных деталей, покрытые паутиной и погружённые во мрак, лежали несколько давно умерших компьютеров. Я вытащил их на стол, вооружился отвёрткой и начал разбирать. Из корпусов один за другим появлялись платы, дисководы, высохшие пауки, пучки проводов и целые россыпи разъёмов — пока наконец я не нашёл именно то, на что рассчитывал. На маленьких аккуратных наклейках или прямо на кабелях и деталях, нанесённые неровными точками, красовались надписи:

«Сделано в Малайзии». «Произведено в Мексике».
«Собрано в США».

Изредка попадалось: «Сделано в Великобритании». Но чаще всего: «Сделано в Китае». Я вернулся за письменный стол. Теперь у меня был план.

Мы все живём в мире, созданном производством

Как бы глубоко в нашу жизнь ни проникли интернет, виртуальная реальность, облачные сервисы и приложения, без настоящих, осязаемых, произведённых кем-то вещей мы не проживём. Просто оглянитесь вокруг. Всё, что вы видите, — за исключением растений, камней, людей и других животных, — кто-то изготовил, а затем каким-то образом доставил туда, где эта вещь понадобилась. Если только вы в данный момент не парите голышом в открытом космосе, прямо сейчас ваше тело соприкасается сразу с несколькими промышленно изготовленными предметами.

Каждый день своей жизни вы что-нибудь носите, едите или пьёте, на чём-нибудь передвигаетесь, чем-нибудь укрываетесь от непогоды, с помощью чего-нибудь общаетесь — или лечитесь благодаря вещам, которые были произведены. И всё же процессы, благодаря которым эти предметы появляются в нашей жизни, для большинства из нас остаются почти невидимыми. И последствия у этой невидимости весьма тревожные. Так было не всегда. Перенеситесь на три столетия назад — и, скорее всего, вы лично знали бы людей, которые делали необходимые вам вещи: портного и гончара, мясника и пекаря, кузнеца и плотника.

Я вовсе не собираюсь рисовать умилительную картину жизни до промышленной революции в розовых тонах. Но небольшое расстояние между производителем и потребителем имело свои преимущества. Если производство находилось рядом, местное сообщество сразу видело и отходы, и загрязнение, которые оно порождало. О плохих условиях труда все знали бы потому, что в них работали люди из вашей же деревни или города. И было очевидно, что деньги, которые вы отдаёте за товар, помогают кормить семьи ваших соседей. Однако со временем — благодаря промышленным революциям, росту потребления и глобализации — связь между теми, кто производит, и теми, кто покупает, растянулась настолько, что стала почти невидимой.

Я не имею ни малейшего отношения к людям, которые изготовили ноутбук, на котором сейчас пишу эти строки. Четыре года назад я просто нажал несколько кнопок на сайте, и через пару дней это чудо инженерной мысли оказалось в коробке у моей входной двери. Столь же призрачна моя связь с теми, кто изготовил мои ручки, стул и кофейную кружку. То же самое относится к одежде, которая сейчас на мне, к дому, укрывающему меня от сегодняшнего дождя, к машине и велосипедам, припаркованным снаружи, к еде в холодильнике... Вы поняли.

Производство стало чем-то вроде канализации: без него наша жизнь невозможна, но мы вспоминаем о нём лишь тогда, когда что-нибудь перестаёт работать. А в последнее время ломаться стало многое.

Когда с производством что-то идёт не так

Нам всем нужны вещи. Мы все хотим вещей. Поэтому вещи производят. Мы получаем товары, которые нам необходимы или которых нам хочется; производители получают доход, позволяющий их предприятиям развиваться, обеспечивать людей работой и приносить прибыль владельцам. А иногда всё происходит наоборот: производитель сначала создаёт вещь, а затем с помощью рекламы создаёт желание её купить. Однако запоздалое осознание того, насколько важно сохранить нашу планету, меняет всё. Производители уже понимают: выкрасить логотип в зелёный цвет или прилепить на упаковку картинку с деревом или дельфином — теперь недостаточно.

Сегодня мы, потребители, и те, кто производит для нас товары, в большинстве случаев разделяем одну и ту же установку: действовать так, чтобы как можно меньше разрушать окружающий мир. Перемена произошла поразительно быстро. Её видно по стремительному росту продаж электромобилей, по тому, как радикально изменилось наше отношение к одноразовому пластику, и по лихорадочной гонке компаний и государств, наперебой обещающих достичь «нулевого уровня выбросов» к 2050, 2040 или 2030 году. Наше отношение изменилось потому, что связь между производством, потреблением и самим выживанием нашей планеты стала пугающе очевидной.

В этом контексте некоторые рассматривают производство как «проблему, которую необходимо исправить» — и основания для такого взгляда вполне понятны: производственная деятельность относится к крупнейшим источникам глобальных выбросов CO₂. Но одновременно

производство — важнейшая часть решения. Именно промышленные предприятия будут создавать оборудование, которое позволит широко использовать возобновляемую энергию, обеспечит устойчивое производство продовольствия и даст нам экологически чистый транспорт. Так можем ли мы сделать всё производство по-настоящему устойчивым?

И способны ли мы, обычные люди, хоть как-то этому помочь? На оба вопроса ответ один: да. И эта книга расскажет — как. В своей основе производство состоит из двух вещей: создания физических предметов — собственно производства — и их перемещения туда, где они необходимы, то есть логистики. Всё, чем мы пользуемся или что покупаем, необходимо доставить от места производства к месту использования. Мой письменный стол и всё, что на нём разбросано, — ручки, стикеры, ноутбук, скрепка для перезагрузки телефона, настольная лампа, фигурка Тинтина — сначала пришлось изготовить, а затем физически перевезти, зачастую за сотни, если не за тысячи километров.

Некоторые фрагменты этих путешествий нам всё-таки видны. Мы замечаем морские контейнеры на грузовиках, вездесущие белые фургоны служб доставки, иногда видим пролетающие над головой грузовые самолёты или различаем с берега корабли на горизонте. Но перед нами проходят лишь отдельные эпизоды пути товара. Мы редко представляем себе истинный масштаб и сложность этого движения. А самого процесса производства почти никогда не видим вообще. Словно существуют два параллельных мира. Первый — привычный, видимый мир: наши дома, рабочие места, школы и университеты, магазины, места отдыха и больницы.

А рядом с ним существует другой, лишь отчасти видимый мир производства: шахты, фермы, заводы, перерабатывающие предприятия, склады, стройки и электростанции, которые питают всем необходимым наш привычный мир. Иногда этот второй мир невозможно не

заметить: автомобильный завод, склад Amazon или нефтеперерабатывающий комплекс трудно спрятать. Но нередко он находится буквально на другом конце света и полностью исчезает из нашего поля зрения. И лишь немногим из нас доводится заглянуть внутрь и увидеть, что на самом деле происходит в самой сердцевине этого мира, где вещи делают.

То почти катастрофическое выступление перед школьниками пасмурным понедельничным утром в Кембридже стало одной из моих первых попыток навести мост между двумя мирами. Когда клавиатура ноутбука окончательно развалилась и с грохотом рухнула на пол, школьная встреча вступила в новую фазу. — Стоп! В комнате мгновенно воцарилась тишина. Учительница продемонстрировала навыки управления толпой, намного превосходившие мои. — Все вернитесь на свои места. Я уже машинально начал высматривать свой стул, но вовремя понял, что обращалась она не ко мне.

Пока дети, хихикая и толкаясь, рассаживались, мой пульс постепенно опустился ниже ста пятидесяти, а я окинул взглядом последствия погрома. И, к собственному удивлению, увидел примерно то, чего и хотел добиться, — пусть сам процесс оказался несколько хаотичнее, чем предполагалось. На столах перед классом лежала огромная карта мира, а поверх неё — более-менее аккуратными кучками, разложенными по разным странам, — детали расчленённых компьютеров, телефонов и игрушек. Самая большая гора возвышалась над Китаем. На вершине, поверх печатных плат и микросхем, сидел мистер Исключительный: голова его была жутко вывернута набок, и он безмолвно смотрел прямо на меня.

Путём более или менее организованного разрушения дети собственными руками создали простейшую и совершенно наглядную модель цепочки поставок — разбросанной по всему миру системы операций по производству и перемещению товаров, которые необходимо согласовать и

соединить между собой, чтобы в конце концов нужная вещь оказалась у вас. Этой книгой я хочу предложить вам более глубокую и гораздо более масштабную версию того школьного опыта — правда, с меньшим количеством криков и без учительских окриков. Когда я только собирался приступить к работе, трагические мировые события предельно ясно показали, почему каждому из нас необходимо лучше понимать, что происходит внутри мира производства.

Поразительная хрупкость наших производственных систем

В 2020 году жители богатых стран с недоверием смотрели на пустые полки супермаркетов. Люди были потрясены тем, что интернет-магазины внезапно перестали доставлять всё, что душе угодно, за двадцать четыре часа. Истории о стоимости морских контейнерных перевозок и нехватке рабочих на китайских фабриках — темы, которые прежде встречались разве что в специализированных изданиях вроде *Journal of Shipping and Trade* или прятались где-нибудь в глубине статей *Financial Times*, — вдруг переключались в обычные новостные ленты. Многие впервые столкнулись с порой устрашающим языком производства.

Здесь детали подвергают обжимке, фланцеванию и доводке, а сам процесс тонет в буквенном супе из сокращений — BOM, ECN, SPC, — щедро приправленном ещё и жаргоном логистики. Внутри завода gunners, repeaters и strangers перемещаются с помощью AGV, координируемых системой SLAM; за его пределами SKU упаковывают в TEU — разумеется, с надлежащим крепёжным материалом, — согласовывая Incoterms так, чтобы не попасть на demurrage. Когда вызванный пандемией хаос накрыл мировой производственный сектор, журналисты, эксперты и политики лихорадочно пытались понять, что происходит, объяснить это другим и хоть как-то отреагировать.

Мои коллеги, давно смилившиеся с тем, что на вечеринках никто никогда не интересуется их работой, внезапно оказались в центре внимания. Ну, по крайней мере, на некоторых вечеринках. Они поняли, что наконец настал их звёздный час, когда увидели, как премьер-министры и президенты, глядя в телесуфлёр, уверенно соединяют слова «цепочки», «поставок» и «устойчивость». А возмущённые вопли: «Да что вообще происходит?! Почему мы не можем просто производить всё это у себя?!» — оборачивались неловкими пресс-конференциями, на которых многим политикам с большим трудом приходилось объяснять, почему невозможно мгновенно запустить или резко увеличить внутри страны производство хирургических масок, резиновых перчаток или аппаратов искусственной вентиляции лёгких.

Получалось, что мир производства не только наносит ущерб планете. Он ещё и сам удивительно уязвим. А значит, в критические моменты уязвимы и мы: можем внезапно остаться без самых необходимых вещей — как показала пандемия COVID-19 и множество кризисов, последовавших за ней.

Так что же на самом деле происходит в этом «другом мире»?

Эта книга должна расширить трещины, которые недавние события пробили в стене между нашим привычным миром и миром производства. Но чтобы провести вас сквозь эту стену, мне сначала пришлось решить одну проблему. Когда я начал продумывать содержание книги, выяснилось, что в моих собственных знаниях о некоторых сторонах производства зияют довольно серьёзные пробелы. Отчасти причиной было явление, которому подвержены все мы. У него даже есть название: иллюзия глубины понимания. Что это означает? Что о многих вещах мы знаем гораздо меньше, чем нам кажется — или чем нам хотелось бы признавать.

Мы убеждены, что, если нас попросят, наверняка сумеем что-нибудь объяснить. Но стоит попытаться рассказать об этом хоть немного подробнее — и начинаются проблемы. Поэтому я отправился по заводам. Послушал множество исключительно умных людей. Много читал. Много смотрел. А затем попытался соединить всё узнанное в единую картину. Мне повезло: я работаю в Кембриджском университете, в подразделении под названием Institute for Manufacturing — Институт производственных технологий, поэтому мог обратиться к огромной сети специалистов, которые — к счастью для меня — охотно помогали.

Среди них были сотрудники производственных компаний любого масштаба; специалисты, разрабатывающие государственную промышленную политику; консультанты и инвесторы, работающие с производственными предприятиями; исследователи, занимающиеся самыми передовыми технологиями. А затем я воспользовался ещё одним ресурсом, который предоставляет мне моя основная работа: нашими замечательными студентами. Если вы пытаетесь научить производству очень умных студентов, вам поневоле приходится самому отлично понимать все его основные стороны и то, как они связаны между собой.

Однако какими бы требовательными ни были наши студенты, им далеко до неумоимо вопрошающего мозга ребёнка из начальной школы. Благодаря программе нашего института по работе со школами я получил возможность испытывать качество своих объяснений на самой беспощадной аудитории из всех возможных. Так что, читая эту книгу, вы пользуетесь плодами многолетних интеллектуальных избиений, которым меня подвергали кембриджские студенты, а также многочисленных закаляющих характер школьных собраний и уроков, проведённых мною перед сотнями детей.

Структура этой книги отражает и то, как менялось моё собственное понимание мира производства. Первые восемнадцать с лишним лет своей жизни я, как почти все,

кто рос рядом со мной в глухом сельском уголке Великобритании, практически никогда не задумывался о том, откуда вообще берутся окружающие меня вещи. Затем — благодаря весьма извилистой профессиональной траектории — производство постепенно стало важнейшей частью моей работы. Но чем больше я узнавал о нём и чем сильнее начинал ценить его значение, тем больше меня тревожило другое: насколько мало многие образованные, умные и прекрасно информированные люди знают — а порой, откровенно говоря, и хотят знать — о том, что происходит внутри этого другого мира.

И, как мы уже увидели, изменение климата и недавние кризисы с беспощадной ясностью показали, насколько опасными могут быть последствия такого равнодушия. Я хочу помочь вам прийти к этому пониманию гораздо быстрее, чем пришёл к нему сам. Однако я прекрасно понимаю: в восьмидесяти тысячах слов невозможно рассказать обо всём. По пути перед нами будет возникать бесчисленное множество соблазнительных кроличьих нор, в которые нам просто не хватит времени нырнуть. Поэтому для тех, кому захочется узнать больше, у книги есть собственный сайт.

Там вы найдёте рекомендации для дальнейшего чтения, видеоматериалы и другие ресурсы, позволяющие глубже разобраться в темах, которым посвящены следующие двести шестьдесят три страницы.

Что даст вам эта книга

Прежде чем вы продолжите чтение, хочу сделать, надеюсь, успокаивающую оговорку: эта книга не собирается читать вам нотации. Я люблю вещи — особенно всякие гаджеты, автомобили и самолёты, — а международные путешествия не только люблю, но и считаю чрезвычайно ценными. Мне совсем не хочется каждый раз, покупая что-нибудь, продираться через сложный этический выбор. Будь моя

воля, я бы и дальше жил по принципу «кликнул — и тебе доставили». Какая-то часть меня очень хотела бы верить, что все беды мира производства и его влияние на выживание планеты — чужая проблема и что каким-нибудь образом всё само собой уладится. Но ничего не уладится, если мы ничего не изменим — причём менять нужно уже сейчас. Нам с вами действительно придётся изменить и то, что мы покупаем, и то, как мы выбираем покупки. Чем лучше мы понимаем, что происходит в мире производства и как он связан со всеми сторонами нашей жизни, тем разумнее можем выбрать — для своих семей, своих сообществ и своей планеты.

Возможно, я слегка перехваливаю собственную книгу, но к последней странице у вас должна появиться новая замечательная суперспособность. В следующий раз, когда палец или курсор зависнет над кнопкой «Купить сейчас», когда вы остановитесь перед забитой товарами полкой супермаркета или будете бродить по торговому центру, вы сможете представить себе, что именно потребовалось, чтобы каждый из этих продуктов появился на свет и оказался перед вами, — и какую цепь событий запустит ваше решение его купить. И, рискуя прозвучать чрезмерно драматично и банально, скажу: эта способность действительно предполагает большую ответственность. То, как вы ею воспользуетесь, способно помочь замедлить — а возможно, даже начать обращать вспять — ущерб, который мы наносим природе, и улучшить жизнь будущих поколений.

Так что никакого давления. Чтобы развить эту новую суперспособность, нам предстоит отправиться в путешествие и найти ответы на два больших вопроса: почему современный мир производства настолько хрупок и настолько вредит планете? И что можно сделать, чтобы он стал менее хрупким и менее разрушительным? Для этого нам нужно заглянуть во внутренности того, другого мира и понять, почему мы именно так производим, перемещаем и

потребляем вещи. Затем — посмотреть, как всё уже меняется к лучшему и что можем сделать вы и я, чтобы ускорить эти перемены.

А теперь сделаем первый шаг и разберёмся в удивительно запутанной истории создания одного конкретного продукта — мягкого, прочного и хорошо впитывающего.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

КАК УСТРОЕН МИР ПРОИЗВОДСТВА

1. Магия

Ошеломляющая сложность производства даже самых простых вещей

В половине седьмого темным мартовским утром 2020 года я высунул руку из-под одеяла и выключил пищащий телефон. Поднеся его к лицу, я привычным движением большого пальца открыл приложение BBC News. Щурясь на экран, мой еще не вполне проснувшийся мозг пытался разобрать заголовок:

Коронавирус: что стоит за великой охотой за туалетной бумагой?

Сегодня сама фраза «великая охота за туалетной бумагой» звучит почти комично. Некоторые СМИ и вовсе доводили дело до абсурда: *«Австралийская газета напечатала дополнительные страницы, чтобы помочь читателям в условиях дефицита туалетной бумаги»*. Другие насмеялись в соцсетях над теми, кто кинулся делать запасы, — одновременно украдкой нажимая «+1» в собственных интернет-заказах, — по мере того как становилось ясно, насколько сильно связанные с COVID-19 локдауны изменяют повседневную жизнь. Но пустые полки в отделах товаров личной гигиены были лишь внешним проявлением гораздо более серьезной и тревожной проблемы.

Глобальная пандемия начала 2020-х показала, насколько поразительно хрупка система, связывающая между собой все компании и всех людей, которые производят, распределяют и продают нам самые обычные товары повседневного спроса — продукты питания, средства гигиены и многое другое. Когда эта система работает хорошо, мы ее попросту не замечаем. Но стоит ей задержаться или вовсе остановиться — и нас охватывают недоверие и возмущение. Почему система, без которой невозможна наша

повседневная жизнь, настолько уязвима, что начинает рассыпаться при первых же серьезных неприятностях?

Чтобы понять это, «великая охота за туалетной бумагой» дает нам прекрасный материал для разбора. Но прежде чем перейти к подробностям этой пандемической психодрамы, нам нужно разобраться, каким образом в обычные, некризисные времена эти мягкие бумажные листочки вообще оказываются в наших туалетах и ванных комнатах.

Как делают туалетную бумагу

В 2020 году мои познания о производстве туалетной бумаги были, мягко говоря, скромными. Я знал, что в процессе каким-то образом участвуют деревья и какие-то огромные валы, но все, что происходило между этими двумя этапами — да и после них, — представлялось мне весьма туманно. Поэтому я решил выяснить, как именно работает вся эта производственная система. Но прежде чем поделиться тем, что мне удалось узнать, я попрошу вас провести небольшой практический опыт. Если можете, отложите книгу или устройство и найдите рулон туалетной бумаги. Оторвите один лист и внимательно его рассмотрите.

Перед вами прямоугольник размером примерно десять на двенадцать сантиметров — возможно, с каким-нибудь узором или тиснением на поверхности. Вдоль коротких краев заметны тонкие пушистые волоконца — следы перфорации, благодаря которой вы смогли отделить лист от соседнего, приложив совершенно точно рассчитанное усилие. Возможно, вы заметите также, что бумага имеет выраженную фактуру или слегка смята. Это не случайность, а специально созданное в процессе производства свойство, повышающее ее впитывающую способность. Если осторожно поддеть край листа, его можно разделить на два, три, четыре, а если вы человек особенно утонченный — возможно, даже на пять отдельных слоев.

Если вам удалось расслоить бумагу, проведите пальцами по поверхности каждого слоя. Возможно, вы почувствуете небольшую разницу в текстуре — отчасти результат клея, которым слои соединены друг с другом. Но это также связано с различной длиной волокон, из которых сформирован каждый отдельный слой: их подбирают так, чтобы добиться оптимального сочетания прочности и мягкости. Единственный слой может состоять, например, из смеси целлюлозы, полученной из скандинавской древесины, обеспечивающей прочность, и южноамериканской, придающей бумаге мягкость.

Продукт, который вы сейчас частично разобрали у себя в руках, — результат десятилетий исследований, проведенных инженерами и учеными. Целые армии людей участвовали в его разработке, производстве и доставке, чтобы вы могли получить этот, казалось бы, простейший товар по цене и с качеством, соответствующими именно вашим возможностям и предпочтениям. В странах, где туалетная бумага широко распространена, средний потребитель использует более ста рулонов в год. И каждый лист прошел удивительный путь, прежде чем попасть вам в руки.

А теперь я хочу перенести вас в одно кишащее мошкаркой место, где начинается один из возможных маршрутов этого путешествия.

От дерева к целлюлозе

Я стою на берегу озера в Шотландском нагорье и откровенно себя жалею. Утро начиналось прекрасно. Я пил ранний кофе, сидя на травянистом склоне под чистым голубым небом, слушал щебет птиц и вдыхал запах папоротника, нагревающегося под солнцем. А теперь, среди влажных душных холмов, я весь в поту, измучен и местами окровавлен. Я люблю Шотландию. Но летом здесь есть две вещи, способные серьезно отвлечь вас от созерцания великолепных пейзажей: крошечные мошки, которые

раздражающими тучами окружают человека и впиваются во все открытые участки кожи, и настырные слепни, готовые полакомиться любой плотью, которая имела неосторожность оказаться в пределах досягаемости.

Наконец, на мгновение перестав отмахиваться и ругаться, я поднял глаза — и увидел нечто поразительное. Вокруг кишящего насекомыми озера, покрывая волнистые холмы до самого горизонта, стояли миллионы одинаковых деревьев, высаженных настолько густо, что лес казался почти черным. Но это был не древний лиственный лес. Это было промышленное производство хвойных деревьев — сельскохозяйственная культура, выращиваемая ради сырья для строительства, энергетики и, разумеется, производства бумаги. В Великобритании около двадцати тысяч человек заняты посадкой и вырубкой леса. Если добавить к ним всех тех, кто работает с древесиной после заготовки — на лесопильных предприятиях, целлюлозных производствах, заводах по изготовлению панелей, бумаги и вообще всего, что можно сделать из дерева, — число работников возрастет примерно до 140 тысяч.

В совокупности их вклад в британскую экономику составляет порядка 8 миллиардов фунтов стерлингов. Во всем мире лесная промышленность напрямую обеспечивает работой более двадцати миллионов человек, а косвенно — еще около сорока пяти миллионов. Соответствующий экономический вклад составляет примерно 0,5 триллиона и 1,3 триллиона долларов. Главный вывод: **это огромная индустрия**. Поскольку деревья проявляют досадное нежелание расти особенно быстро, лесное хозяйство представляет собой отрасль с чрезвычайно долгим производственным циклом.

От семени до рубки проходят десятилетия — от сорока до ста пятидесяти лет, в зависимости от вида дерева и назначения древесины. Производственный цикл состоит из четырех этапов. Сначала идет подготовка — от семени до маленького саженца. Затем посадка — в значительной

степени ручной процесс, при котором каждый саженец помещают в земляной холмик. После этого наступает прореживание: молодые деревья сажают очень близко друг к другу, чтобы они были лучше защищены от непогоды в своем, так сказать, «дошкольном возрасте», но когда выжившие деревья достигают «подросткового периода», им становится тесно, и часть из них приходится удалять.

И наконец, когда проходит необходимое число десятилетий, начинается рубка. Подобно тому как для уборки сельскохозяйственных культур были созданы высокотехнологичные машины — например, гигантские комбайны, с удовлетворяющей глаз аккуратностью прокладывающие пыльные полосы через золотые поля пшеницы, — лесная промышленность обзавелась собственными машинами. И выглядят они, надо признать, довольно устрашающе. Практически все в машинах для «лесозаготовки» производит впечатление. В коммерческом лесном хозяйстве давно прошли времена бригад лесорубов с топорами — и даже с бензопилами.

Представьте себе скорее трансформеров из японского аниме, которым почему-то дали убийственно скучные названия вроде **Komatsu 931XC-2020** или **John Deere 1470G** и снабдили ценником с шестью цифрами. Выглядят они примерно так, как выглядел бы гигантский робот-лесоруб, если бы группе инженеров, перебравших кофе, поручили собрать его из случайных деталей, найденных на складе завода сельскохозяйственной техники. У этих машин огромные колеса или гусеницы, позволяющие передвигаться по крутым склонам, мощный двигатель, кабина оператора, интерьер которой усеян джойстиком, экранами и совершенно нелепым количеством кнопок, и длинная сочлененная стрела.

А на конце этой стрелы болтается слегка безумная конструкция из зубчатых колес, цепных пил, ножей и датчиков. И хотя сама машина предельно материальна и механична, управляет ею сложнейшая цифровая система,

позволяющая оператору спланировать и провести весь процесс рубки почти с военной точностью. Еще до того, как будет тронут первое дерево, оператор продумывает каждый этап работ, определяет места складирования бревен и следит за тем, чтобы деревья, еще не готовые к жестоким объятиям 931XC-2020 или 1470G, остались невредимыми.

Само дерево валится почти неприлично быстро. Рабочая головка на конце стрелы раскрывает мощные захваты и обхватывает ствол у основания. Встроенная цепная пила перерезает его, и дерево из вертикального положения переходит в горизонтальное, по-прежнему удерживаемое за основание. Затем датчики измеряют диаметр и высоту дерева, а бортовой компьютер рассчитывает оптимальную схему его раскроя, сводящую отходы к минимуму. И тут начинается настоящий вихрь: вращаются колеса, визжат ножи, во все стороны летят щепки. Машина протягивает ствол через захваты, срезая все мелкие ветви, а затем точно останавливает его в тех местах, где цепная пила должна разрезать очищенный ствол на отрезки нужной длины для различных целей.

Получившиеся бревна и тонкие верхушки аккуратно укладываются в штабеля в ожидании вывоза.

Десятилетия роста — и все заканчивается за шестьдесят секунд.

Завершив свою жестокую миссию, эти лесорубы-трансформеры оставляют после себя отдельные части деревьев, которые на грузовиках отправляют на дальнейшую переработку. Пейзаж после этого напоминает местность, пережившую продолжительный артиллерийский обстрел. Практически каждая часть дерева находит применение. Даже корни и самые тонкие веточки намеренно оставляют на месте, чтобы они перегнили и обогатили почву для следующего поколения деревьев, которым предстоит быть срубленными детьми или внуками нынешних лесорубов. На лесопильном предприятии со

стволов снимают кору, после чего распиливают их на балки, брусья и доски. Затем древесина отправляется дальше — превращаться в стропила новых домов, крупную мебель или грузовые поддоны.

Кору и другие остатки используют для изготовления щепы для детских площадок и мульчи для садов. Даже опилки и древесную стружку продают: они становятся подстилкой для животных или прессуются в топливные гранулы. Крупные ветви и верхушки стволов обрезают и превращают в столбы для ограждений либо измельчают — еще одной устрашающей машиной с бешено вращающимися ножами, — а затем прессуют, получая напольные покрытия, кровельные панели и, конечно же, столь любимую нами мебель в плоских коробках. Часть древесной щепы отправляется в другое место — на целлюлозный завод, где начинается следующий этап превращения дерева в тот самый лист туалетной бумаги, который, надеюсь, все еще лежит где-нибудь рядом с вами.

Здесь щепу подвергают настоящей пытке жаром и химикатами, чтобы разделить три основных компонента древесины: лигнин, гемицеллюлозу и главное сырье для нашего листка туалетной бумаги — волокна целлюлозы. После отделения целлюлозные волокна поступают в специальную формующую машину, которая распутывает и выравнивает их, удаляет воду, а на выходе выдает довольно жесткие листы высушенной целлюлозы толщиной около двух миллиметров и размером примерно с плакат. Их складывают в тюки размером с чемодан и отправляют на бумажную фабрику — зачастую за сотни километров, а нередко и в другую страну.

От целлюлозы к бумаге

На бумажной фабрике тюки высушенной целлюлозы размером с чемодан вскрывают и бросают в машину, напоминающую гигантскую стиральную, где листы яростно взбиваются вместе с водой. Получившаяся жидкая

целлюлозная масса отдельными слоями распыляется на быстро движущуюся сетку шириной около пяти метров, которая несет ее со скоростью более шестидесяти километров в час через несколько стадий сушки. В конце процесса бумага наматывается на гигантский стальной цилиндр, с поверхности которого мягкое теплое полотно снимается огромным лезвием и перематывается на катушку.

Каковы скорость и масштаб? **Каждую минуту — один километр туалетной бумаги шириной пять метров**, намотанный на гигантский «материнский рулон». Слои с нескольких таких рулонов тиснят, наносят на них узор, склеивают, а затем разрезают до привычной нам ширины.

Четырнадцать тысяч рулонов туалетной бумаги в час.

На последнем этапе рулоны упаковывают, складывают упаковки на поддоны — возможно, сделанные из древесины того самого шотландского леса, — а затем грузят в фуры. В каждой — около пятидесяти тысяч рулонов. И начинается следующий этап их долгого путешествия в самую маленькую комнату вашего дома.

Распределение и розничная торговля

Где бы вы ни покупали туалетную бумагу, прежде чем попасть к вам, она наверняка некоторое время провела в огромном и внешне весьма унылом сооружении, которое называется распределительным или логистическим центром. Такие гигантские склады без окон обычно группируются в «стратегически важных местах», то есть там, откуда удобно добираться до множества других мест. Наверняка вы видели из окна автомобиля или поезда эти массивные складские коробки с рифлеными фасадами, стоящие группами в промышленных или деловых зонах. Сюда товары поступают крупными партиями. Здесь их сортируют, хранят, а затем с точностью, напоминающей работу авиадиспетчерской службы, отправляют меньшими

партиями на другие склады, заводы, в магазины или непосредственно покупателям.

С тех пор как в 1950-е годы супермаркеты стали привычной частью экономики, большинство из нас привыкло иметь постоянный доступ ко всем основным товарам в одном месте. Но супермаркеты просто не смогли бы существовать — то есть не смогли бы продавать нам то, что нам нужно, — без безупречной координации деятельности сотен компаний, производящих и перевозящих все те товары, которые мы ожидаем увидеть на полках, входя в магазин. Поэтому супермаркет — пожалуй, самая наглядная для обычного человека конечная точка огромного числа цепочек поставок.

«На самом деле, — говорит мой приятель Билл, управляющий большим супермаркетом одной из крупнейших британских сетей, — мы устраиваем что-то вроде фокуса. Покупатель входит — и именно та вещь, которая ему нужна, уже лежит на полке. Он понятия не имеет, как она туда попала, и считает само собой разумеющимся, что она там должна быть. Удивительно, насколько хорошо вся эта система работает». — **Чушь!** — кричит из кухни его партнер, готовящий ужин. — Я вот на днях была у тебя в магазине и пыталась найти... За этим последовала длинная тирада о товарах, которых не оказалось в наличии, о вещах, которые в очередной раз переставили в другой ряд, и о сотрудниках, которых невозможно было найти, когда понадобилась помощь.

Билл вздыхает. Подобные замечания ему хорошо знакомы — причем не только от собственного партнера. К семи утра он уже будет в магазине, и первым делом проверит, правильно ли завершено ночное пополнение полок, чтобы все было готово к приходу первых покупателей. В течение дня он несколько раз спустится из кабинета в торговый зал и вместе с сотрудниками займется так называемым «фейсингом» — будет подтягивать товары к переднему краю полок, чтобы покупатели хорошо их видели и могли легко

взять. Билл прекрасно знает: существуют ключевые товары, которые весь день должны быть на виду и в достаточном количестве.

Иначе покупатели начинают сердиться — и в следующий раз идут к конкуренту. Один из таких товаров — туалетная бумага. Несмотря на возмущение партнера Билла, сам факт того, что на полках почти любого супермаркета обычно лежит достаточное количество нужных рулонов, действительно напоминает небольшое чудо. Особенно если задуматься о разнообразии товаров. Посмотрим на цифры. Конкретная упаковка, из которой вы достали рулон и оторвали тот самый лист, представляет собой то, что супермаркеты называют **SKU** — **stock keeping unit**, то есть отдельной товарной позицией.

Каждой такой позиции присвоен код, позволяющий менеджерам магазина отслеживать все, что поступает в магазин и покидает его. Например, упаковка из четырех рулонов **Sainsbury's Super Soft Cushioned** и упаковка из двенадцати рулонов **Tesco Luxury Soft** — это две разные товарные позиции. Более крупные или мелкие упаковки того же самого продукта — тоже отдельные SKU. А теперь число, которое лично мне кажется весьма впечатляющим:

тридцать тысяч.

Примерно столько различных товарных позиций находится на полках среднего британского супермаркета. Речь не идет о тридцати тысячах отдельных буханок хлеба или бутылок шампуня. Это тридцать тысяч **разных видов продукции**, каждый со своим штрихкодом. Общее же число отдельных предметов в одном супермаркете исчисляется сотнями тысяч. И каждый из них кто-то должен произвести, доставить, а затем Билл и его коллеги должны выставить его на полку. А теперь умножьте все это более чем на шесть тысяч обычных супермаркетов по всей Великобритании — и ежедневный «фокус», который выполняют Билл, его коллеги

в магазинах и все работники розничной логистики, покажется еще более впечатляющим.

Миллионы отдельных товаров. Каждый из них произведен и перевезен так, чтобы оказаться **в нужном магазине, в нужное время, на нужной полке**, — именно там, куда вы протянете руку, когда вам понадобится этот товар. А когда вы берете упаковку туалетной бумаги, проходите с ней через кассу и доставляете домой к месту ее использования, именно вы становитесь последним звеном поразительной производственной цепочки, соединяющей **дерево и туалет**.

Не слишком ли много усилий ради такой мелочи?

Тот самый лист туалетной бумаги, который я прежде расслоил, лежит у меня на столе. Я смотрю на него, а рядом — нарисованная мной схема, вся покрытая стрелками и показывающая нелепо сложный путь, который проделал этот с виду совершенно простой предмет. Чтобы рулоны появились в магазинах и на складах, миллионы деревьев нужно посадить, проредить, вырастить, срубить, измельчить и пропустить через систему, потребляющую объемы воды, сравнимые с озерами, и количество энергии, сопоставимое с выработкой электростанций, — и все это лишь для того, чтобы извлечь один нужный компонент.

Для создания этого продукта необходимы ум и физический труд тысяч людей, инвестиции в миллионы долларов и перемещение сырья и полуфабрикатов на тысячи километров. Нужно спроектировать, доставить, установить, эксплуатировать и обслуживать гигантские машины. Целые флоты судов, грузовиков, поездов и фургонов должны носиться туда-сюда, чтобы все необходимое оказывалось в нужном месте и в нужное время. Столько труда. Столько ресурсов. И все ради того, чтобы обеспечить нашу жизнь одним совершенно обыденным

предметом, удовлетворяющим одну из самых элементарных человеческих потребностей.

Учитывая невероятную сложность синхронизации такого количества взаимосвязанных процессов, вряд ли стоит удивляться, что при столкновении с кризисом масштаба глобальной пандемии эта система начинает слегка раскачиваться.

Что же представляла собой «великая охота за туалетной бумагой»?

Во время пандемии COVID-19 временно исчезали многие товары первой необходимости, однако именно туалетная бумага особенно хорошо подходила для громких газетных заголовков — настолько элементарным и незаменимым казался этот товар. Панические закупки во многом были вызваны ощущением угрозы, связанной с пандемией, а исследования показывают — отчасти и индивидуальными чертами характера покупателей. Впрочем, можно утверждать, что потребители действовали вполне разумно. Если всем предстояло сидеть дома, туалетной бумаги действительно требовалось больше.

И уж без нее-то остаться совсем не хочется. Поэтому сразу после объявления локдаунов в 2020 году продажи туалетной бумаги выросли **более чем на 700 процентов** по сравнению с предыдущим годом. Поскольку обычно спрос на нее чрезвычайно стабилен, магазины держат запас всего примерно на две-три недели продаж. Но ни одна, даже самая гибкая производственная система не способна мгновенно справиться с семикратным ростом спроса. Кроме того, производители столкнулись с необычной структурой этого всплеска. У индустрии туалетной бумаги фактически существуют два отдельных рынка: коммерческий — офисы, общественные учреждения и тому подобное — и потребительский, то есть домашние хозяйства.

Бытовая туалетная бумага выпускается в сравнительно небольших рулонах, чаще производится из первичной целлюлозы и продается в фирменных упаковках. Коммерческая бумага, напротив, обычно имеет более крупные рулоны, содержит больше переработанного сырья и поставляется большими партиями. И зачастую эти два вида продукции производятся на разных фабриках. Локдауны резко сместили спрос в сторону бытовой туалетной бумаги: люди проводили гораздо больше времени дома и гораздо меньше — а иногда вообще нисколько — в офисах и общественных местах.

Теоретически фабрики, выпускавшие бумагу для коммерческого рынка, могли попытаться перенаправить часть продукции в розничный сектор. Но перевести производство с одного типа потребителя на другой — это не выключатель щелкнуть. Это сложно, дорого и медленно. А после отмены локдаунов, когда привычная структура потребления начала восстанавливаться, производители столкнулись бы с той же проблемой — только в обратную сторону. Таким образом, «великая охота за туалетной бумагой» стала следствием вполне рационального стремления людей создать запас — иногда усиленного определенными особенностями характера, — в сочетании с неспособностью фабрик мгновенно и лишь на короткое время перенастроить производство и распределение продукции между различными рынками.

Рассмотрение проблем, возникших всего с одним видом товара во время глобального кризиса, подводит нас к гораздо более широкому и фундаментальному вопросу, стоящему перед любым производителем:

как добиться того, чтобы объем производимого товара и желания покупателей всегда находились в равновесии?

Труднейшее искусство равновесия

Супермаркеты прекрасно показывают, почему так трудно уравновесить наши желания с возможностями производства. Когда все стабильно и изменения незначительны, удерживать равновесие еще более или менее возможно. В отделах планирования крупных торговых сетей накоплены терабайты данных, связывающих десятки тысяч товарных позиций с историей покупок миллионов клиентов. Благодаря этому можно с довольно высокой точностью предсказывать, что именно покупатели захотят купить и когда. Закупочные подразделения супермаркетов взаимодействуют с огромным количеством внешних поставщиков и собственными логистическими службами, чтобы в каждом магазине находилось ровно столько товара, сколько требуется покупателям.

В таких условиях спрос и предложение можно согласовать достаточно точно. Но небольшие отклонения возникают почти всегда. И если они предсказуемы — ничего страшного. Например, спрос и предложение отдельных товаров меняются в зависимости от времени года. Или намечается крупное заранее известное событие — праздник, спортивное состязание, королевская свадьба. Супермаркеты заранее знают, что покупательские предпочтения изменятся, а поставщикам придется до, во время и после события соответственно наращивать или сокращать производство.

Система становится сложнее — но все еще остается управляемой. А затем диапазон возможной ошибки начинает расширяться. Да, управляющие знают, что наступит лето. Но каким оно будет — прохладным или жарким? Дождливый или засушливым? Все это повлияет не только на поведение покупателей, но и на то, что смогут поставить производители. Тем не менее супермаркеты располагают невероятно сложными инструментами, способными извлекать полезную информацию из огромных

массивов данных — от прогнозов погоды до настроений, выявляемых по публикациям в социальных сетях.

Однако существует еще один уровень неопределенности, к которому гораздо труднее подготовиться и на который крайне сложно быстро отреагировать. Как учесть последствия войны? Или неожиданного результата выборов? Или глобального финансового кризиса? Специалисты по управлению рисками обычно рассматривают два параметра подобных неизвестных событий: **вероятность** и **последствия**. Очень немногие компании могут позволить себе вкладывать огромные средства в подготовку к событию, вероятность которого чрезвычайно мала, пусть даже последствия потенциально катастрофичны.

Только представьте, сколько стоило бы любой компании быть на сто процентов готовой к следующей глобальной пандемии. Реалистично? Просто невыгодно. Неопределенность отражается на трех основных сферах деятельности производственного мира: **изготовлении, перемещении и потреблении**. Чтобы показать это, я предлагаю пока остаться в супермаркете, но уйти от благоухающих ароматами отделов личной гигиены и перейти в прохладную зону свежих продуктов.

В производстве даже простое оказывается сложным

Я никогда не думал, что салат-латук можно считать промышленным продуктом, пока не поговорил со своим коллегой Мукешем. Он занимается изучением причин, по которым некоторые производственные системы плохо справляются с различного рода сбоями, а затем использует полученные знания, чтобы помогать компаниям и правительствам делать такие системы более устойчивыми. Когда я попросил его привести пример своей работы, он, к моему удивлению, заговорил о салате. Картина, которую он нарисовал, оказалась куда сложнее, чем я ожидал.

Цепочка поставок салата включает пять этапов между «полем и вилкой»: фермы, холодильные комплексы, распределительные центры, торговые точки и потребителей. Причем каждый из этих этапов, в свою очередь, состоит из множества операций. На ферме, например, необходимо подготовить землю, провести посадку, ухаживать за растениями и собрать урожай, причем сама уборка включает целый ряд операций — срезание, очистку и упаковку. У фермеров есть три типа покупателей. Первый — оптовики, закупающие продукцию у фермеров и перепродающие магазинам.

Второй — магазины, закупающие непосредственно у фермеров. Третий — переработчики, которые покупают салат, чтобы дополнительно повысить его «ценность»: нарезать, смешать с другими ингредиентами, превратить в готовый салат, упаковать в пакет — и уже после этого продать магазинам. Какие же сбои могут возникнуть в такой системе? Самый очевидный фактор — резкие изменения погоды. Последствия понятны. Сельскохозяйственные культуры выбирают потому, что они хорошо растут при определенных климатических условиях. Если условия меняются — урожайность падает.

Но проблема касается не только предложения. Как мы знаем, погода способна изменить и спрос. Прекрасное лето? Люди чаще устраивают пикники и барбекю — растет спрос на салаты. Однако слишком жаркая погода плохо подходит для выращивания латука. Поэтому во время жары супермаркетам приходится ввозить больше продукции из прохладных регионов. Но подобные системы зависят далеко не только от погоды. Например, после Brexit начал сокращаться поток сезонных рабочих, приезжавших в Великобританию для уборки и перевозки салата. А после начала войны в Украине и введения связанных с ней санкций против России возник дефицит **AdBlue** — жидкости, необходимой для экологичной работы современных дизельных двигателей.

Почему? Из-за роста цен на энергоносители ее стало экономически невыгодно производить. Без AdBlue современные дизельные двигатели работать не могут. Нет дизельных грузовиков — нет возможности доставить салат с фермы распределителям и продавцам. Пример производства и распределения салата показывает, насколько трудно поддерживать равновесие между спросом и предложением в реальном мире, где все постоянно меняется и где царят неопределенность и непредсказуемость. Но что происходит, если продукт немного сложнее пакета нарезанного салата?

Например, автомобиль, состоящий из **пятнадцати — тридцати тысяч деталей**? Или пассажирский самолет, в котором их около **шести миллионов**? Если трудно обеспечить бесперебойные поставки салата и туалетной бумаги, представьте себе головную боль людей, которым необходимо поддерживать устойчивость цепей поставок для всех деталей автомобилей и самолетов. И все же каким-то образом производителям удается синхронизировать изготовление и перемещение десятков тысяч или миллионов компонентов так, чтобы автомобили выезжали на дороги, а самолеты поднимались в воздух.

Как вообще можно управлять такой сложностью? Чтобы получить хотя бы шанс контролировать систему, для начала необходимо понимать, что происходит во всей сети поставщиков. Но, как вскоре объяснит мне еще одна коллега из Института производственных технологий, в случае автомобилей и самолетов это совсем не просто.

Чтобы управлять сложной системой, сначала нужно ее увидеть

Стояло безупречное раннее осеннее утро. Я ехал на велосипеде по дорожке, с приятным хрустом переезжая сухие листья, нанесенные ветром. В нашем институте в западной части Кембриджа меня ждала коллега Александра. Она заранее пообещала не смеяться, когда я начну задавать

ей совсем уж элементарные вопросы о цепях поставок в автомобильной и авиационной промышленности. Александра изучает способы визуализации и анализа процессов, происходящих в самых сложных сетях поставок. Недостатка в финансировании у нее нет: множество крупнейших производственных компаний отчаянно хотят лучше понимать собственные сети.

Разумеется, каждая компания знает своих непосредственных поставщиков. Но чем глубже вы погружаетесь в сеть, тем меньше знаете о **поставщиках своих поставщиков...**

а затем — о **поставщиках поставщиков ваших поставщиков...**

ну, вы поняли. И если вы не знаете, кто находится в самом основании этой сети и с какими проблемами могут столкнуться эти компании, как вы сможете оценить риск для собственного бизнеса, если одна из них вдруг перестанет поставлять продукцию? Мы сидим с Александрой в общей комнате нашего института, а я пытаюсь сосредоточиться на изображении на экране ее ноутбука. Передо мной нечто вроде сумасшедшей разноцветной паутины, скрещенной с одной из тех стереокартинок Magic Eye. Я протираю очки. Александра терпеливо объясняет: это карта всех организаций, участвующих в производстве одного продукта — в данном случае автомобиля.

Каждая точка — отдельная компания. Каждая линия — торговая связь между двумя компаниями. «Сложная сеть» — вполне точное определение того, что я вижу. И сложные сети действительно... сложны. Однако здесь слово «сложный» имеет вполне определенное значение. Сложность означает, что точки взаимозависимы: происходящее с одной из них влияет на другие. Когда в сети огромное количество взаимосвязанных точек — или узлов, — чрезвычайно трудно предсказать, что произойдет со всей системой, если что-то

случится с одной из компаний, представленных отдельным узлом.

А когда изменения начинаются, их последствия способны распространяться очень быстро. И именно это все чаще происходит в современном производственном мире. Один узел может представлять поставщика материала для малозначительной детали. Эта деталь входит в подсистему. Подсистема — в немного более важную систему. А та, в свою очередь, является частью чего-то жизненно необходимого для работы автомобиля, самолета, телефона, медицинского прибора или спутника. Если проблема возникает в самом первом узле — у поставщика сырья, — вам необходимо понимать, каким будет вероятное воздействие на всю остальную систему.

Но неприятности редко происходят аккуратно, по одной за раз. Что, если сразу несколько узлов сети столкнутся с проблемами? У одного — наводнение. У другого — забастовка. У третьего — уволили генерального директора. Как совокупность этих одновременных кризисов отразится на всей системе? Подобные задачи способны поставить в тупик даже самых опытных специалистов по производству. Именно поэтому все больше компаний обращаются за помощью к искусственному интеллекту. И поэтому лаборатория Александры называется **SCAIL — Supply Chain AI Lab**, Лаборатория искусственного интеллекта для цепей поставок.

Непреднамеренные последствия чрезмерной эффективности

Есть еще одна фундаментальная проблема, делающая сложные производственные системы — будь то производство салата, туалетной бумаги, автомобилей или самолетов — особенно уязвимыми перед потрясениями. Мы сами, не желая того, сделали их пугающе хрупкими, стремясь к одной, казалось бы, исключительно благой цели:

сократить потери.

Сети поставок, которые изучают Мукеш, Александра и их команды, десятилетиями совершенствовались и оптимизировались с одной целью — добиться максимальной эффективности. Очень часто для этого применялись принципы так называемого **бережливого производства — lean manufacturing**. Один из ключевых принципов этой системы заключается в сокращении — а в идеале полном устранении — любых потерь. В мире бережливого производства «потерей» считается любая деятельность, которая потребляет ресурсы, но не создает дополнительной ценности для конечного покупателя.

С этой точки зрения к потерям относится, например, хранение лишних деталей на складе. Или производство нескольких дополнительных изделий «на всякий случай». Сокращение потерь позволяет уменьшить издержки — а значит, удерживать низкие цены для покупателей. Но если зайти слишком далеко, последствия оказываются неприятными. На складе больше нет резервных запасов на случай производственного сбоя. Нет нескольких альтернативных поставщиков, способных заменить одного, если у него возникнут проблемы. Вместо этого все ресурсы сосредоточены на максимально эффективной работе при минимальных запасах и минимальном количестве поставщиков.

Результат? Дешевые и качественные товары, доступные практически мгновенно. Нам всем это нравится. Однако одержимость эффективностью резко снижает способность производителя реагировать, когда что-нибудь идет не так. А рано или поздно что-нибудь **непременно** идет не так. Каждый узел и каждая линия на картах сетей поставок Александры представляют собой риск. В погоне за дешевизной и мгновенной доступностью мы построили системы, у которых попросту **нет плана Б**. Хотя понять производителей можно. Кто всерьез предполагал, что

двухсоттысячетонный корабль, способный перевозить двадцать тысяч контейнеров TEU, застрянет поперек Суэцкого канала и остановит более десятой части всей торговли между Европой и Азией?

Кто мог ожидать, что в 2022 году на восточной окраине Европы разразится настоящая, кровопролитная и затяжная сухопутная война, взвинтив цены на энергоносители и сельскохозяйственную продукцию? И насколько вероятными казались до 2020 года глобальная пандемия и общенациональные локдауны? Подобные события заставили нас буквально на собственной коже почувствовать то, что раньше оставалось далеким и почти невидимым. Глобальные системы, производящие и доставляющие все необходимое для нашей повседневной жизни, начали скрипеть.

И этот звук нам не понравился. А когда отдельные звенья начали ломаться, последствия нашего крайне ограниченного представления о работе этих систем стали совершенно очевидными. Каждый новый кризис лишь усиливал необходимость — и общественное желание — внимательнее разобраться в том, **как производятся, доставляются и потребляются окружающие нас вещи**. И, как мы увидим далее, речь идет не только о том, чтобы создать производственные системы, способные лучше переносить периодические потрясения. Не менее важно добиться того, чтобы они ненароком не уничтожили саму возможность нашего дальнейшего существования на этой планете.

Мы почти подошли к концу этой миниатюрной версии всей остальной книги. Сначала мы приблизили изображение и рассмотрели один маленький уголок производственного мира. Промчавшись по всей цепочке «произвести — переместить — потребить» на примере одного из самых обыденных товаров, я надеюсь, мы убедились: даже изготовление предмета, столь внешне простого, как лист туалетной бумаги, требует координации

поразительно сложного множества процессов. Затем мы немного отделились и рассмотрели свойства всей системы целиком. Эта система поистине удивительна.

Сегодня она способна производить и доставлять невероятное количество и разнообразие товаров, стремясь утолить нашу, судя по всему, неутолимую жажду иметь все больше и все лучше. Но мы увидели и две возникающие характеристики этой системы, которые радуют нас значительно меньше:

она **невообразимо сложна**
и **тревожно хрупка**.

Если мы хотим избежать самых тяжелых последствий этих двух неприятных свойств, нам, потребителям, необходимо понимать собственную роль в этой системе — и последствия тех требований, которые мы ей предъявляем. Именно этому и посвящены следующие главы. Но чтобы разобраться в происходящем, нам понадобятся несколько простых инструментов, понятий и терминов. И я не могу придумать лучшего места, чтобы впервые познакомить вас с ними и добавить еще несколько деталей к нашей картине производственного мира, чем...

шоколад.

2. Производство

Что на самом деле происходит внутри фабрики?

Золотой конверт разрывают, карточку вынимают. Пауза. Я делаю вид, будто мне совершенно безразлично, какие слова сейчас произнесет Бриджит, председатель жюри. Сертификат и поныне с гордостью стоит у меня в кабинете. Победа в ежегодном благотворительном конкурсе выпечки нашего института — в категории «выпечка на противне» — безусловно, стала одной из ярчайших вершин моей карьеры. Победу мне принес противень шоколадных брауни, которые накануне вечером я в спешке испек, посыпал сахарной пудрой и упаковал, а утром привез на работу на велосипеде — в сумке, болтавшейся на руле.

Этот совершенно несерьезный пример производства поможет нам ответить на очень простой вопрос:

**что происходит внутри фабрик — в той части
производственного мира, где вещи, собственно, и
создаются?**

Чтобы ответить на него по-настоящему, мне придется провести вас по нескольким совершенно разным предприятиям. Но если не знать хотя бы основных принципов производства, простое заглядывание внутрь фабрики мало что даст. Это будет все равно что смотреть боевик на незнакомом языке без субтитров: драму и накал событий вы почувствуете, но так и не поймете, почему все друг на друга кричат, при чем здесь клоун и чью голову они только что обнаружили в мусорном баке. К счастью, у меня есть хорошая новость. В начале книги я говорил, что у мира производства есть собственный, порой устрашающий язык. Но некоторые его основы удивительно просты.

Чтобы понимать происходящее внутри любой фабрики, на мой взгляд, достаточно семи слов. Все предприятия делают одно и то же:

берут исходные ресурсы, подвергают их обработке и получают более ценный результат.

В процессе люди следуют определенному методу, используя машины и материалы. Вот, собственно, и вся производственная часть промышленного мира — в семи словах. Неважно, что именно выпускает предприятие: принцип остается тем же. Наверняка вы видели видеоролики с гигантскими заводами, похожими на целые города, где длинные ряды рабочих собирают тысячи смартфонов. Или огромные авиационные ангары, где из миллионов деталей складывается пассажирский самолет. И наверняка думали: *«Выглядит довольно сложно»*. И это действительно сложно.

Но основные составляющие неизменны: **методы, машины, материалы и люди**, объединенные в цикл:

входные ресурсы → процесс → результат.

Поэтому, если мы хотим понять основы работы фабрики, на самом деле не так уж важно, какой продукт взять для примера. Подойдет даже противень шоколадных брауни.

Маленькая домашняя пищевая фабрика

Эта фабрика совсем небольшая — три на четыре метра. В ней имеются две рабочие поверхности, духовка, плита, холодильник, несколько шкафов, посудомоечная машина и, откровенно говоря, совершенно нелепое количество кухонных приспособлений самых разных размеров — от используемых ежедневно до тех, которыми я, кажется, не пользовался никогда. Некоторые инструменты ручные. Некоторые электрические. Одни требуют моего непосредственного участия, другие частично или полностью

автоматизированы. Работник здесь один — средней квалификации.

Он же выполняет функции начальника смены и рабочего у станка. Я достаю с полки возле холодильника книгу рецептов и начинаю метаться зигзагами между шкапами, холодильником и рабочими поверхностями, собирая все необходимое. Вскоре передо мной лежат все ингредиенты и инструменты, которые, как мне кажется, понадобятся. Производство можно начинать. Я нагреваю немного воды в небольшой кастрюле, затем кладу пугающе большое количество сливочного масла и темного шоколада в миску из Ругех и водружаю ее сверху на кастрюлю с едва кипящей водой.

Пока два ингредиента медленно тают, я отмеряю столь же тревожное количество мелкого сахара в большую стеклянную миску и разбиваю туда два яйца. На моих глазах сахарные кристаллы и яичная слизь постепенно превращаются в гладкую кремовую массу; по изменению звука электрического венчика можно услышать, как смесь становится менее вязкой. Я возвращаюсь к плите и начинаю тыкать в куски шоколада и брусок масла в совершенно бесполезной попытке ускорить таяние. Чтобы занять время, готовлю себе кофе и пью его, проигрывая соревнование «кто кого пересмотрит» белке, сидящей на заборе за окном.

Теплый запах растопленного шоколада возвращает меня к реальности. Смесь в нагретой миске превратилась в блестящую темно-коричневую жидкость, готовую отправиться к яйцам и сахару. Я хватаю полотенце, неловко беру горячую миску за край и медленно, осторожно несу ее от плиты к рабочей поверхности. Выливаю шоколад в большую миску и наблюдаю, как две вращающиеся ленты — темный шоколад и светлая яично-сахарная смесь — под венчиком превращаются в однородную массу карамельного цвета. Горячая скользкая миска, которую я держу неудобной рукой, едва не выскальзывает.

Смешивание закончено. Теперь рецепт велит просеять муку, какао-порошок и загадочную добавку под названием ксантановая камедь. И тут случается кризис. Я открываю банку с какао и обнаруживаю на дне лишь жалкие остатки. Раздосадованный собственной неподготовленностью, хватаю ключи, пальто и сердито топаю в ближайший мини-маркет. Через несколько минут, запыхавшись, возвращаюсь с недостающим ингредиентом и продолжаю с того места, где остановился. Просеиваю какао, осторожно перемешиваю массу и добавляю апельсиновую цедру, чтобы создать хотя бы ложное впечатление полезности для здоровья.

Смесь, ставшая теперь слегка желеобразной, выливаю в застеленный бумагой противень и немного встряхиваю его, чтобы масса распределилась ровнее. Противень отправляется в духовку. Время выпечки я провожу в Duolingo, в очередной раз поражаясь фразам, которые разработчики считают необходимыми для моих будущих разговоров. Телефон подает сигнал. Я наклоняюсь к слегка грязноватому стеклу духовки. Идеально. Тесто поднялось, образовав красивую натянутую блестящую корочку. Я открываю духовку — и в лицо ударяет облако пара. Очки моментально запотевают, и я остаюсь совершенно слепым и беспомощным.

Когда зрение постепенно возвращается, я хватаю первое попавшееся полотенце, пытаюсь защитить руку, лезу в духовку за противнем, разворачиваюсь и почти швыряю раскаленный противень на решетку для охлаждения — жар, проходящий сквозь тонкую ткань, становится невыносимым. Пока я охлаждаю пальцы под струей воды, с противня доносится тихий треск: поверхность брауни начинает растрескиваться. Остаются последние две операции. Я посыпаю сахарной пудрой горячие брауни, свой свитер и практически все вокруг, а затем режу выпечку на приблизительно одинаковые кусочки.

Рука уже тянется к безупречному угловому куску, но я вовремя вспоминаю: они не для меня. Завтра конкурс.

Тяжело вздохнув, я беру пластиковый контейнер и запираю готовую продукцию подальше от искушения. Всем инженерам-технологам, читающим эту книгу, приношу свои извинения. Наверняка описание этого легкомысленного производственного процесса причиняло вам почти физическую боль. Но именно моя очевидная дилетантская беспомощность поможет показать всем остальным, **как следовало бы — и как на самом деле принято — работать на настоящих фабриках.**

Зачем нужно рисовать процесс

Одно из первых заданий, которое получают студенты, приходящие к нам в институт, — провести некоторое время на производстве и выполнить так называемое **картирование потока создания ценности — value stream mapping**. Это простое, но чрезвычайно полезное упражнение. Мы просим студентов просто наблюдать за происходящим, задавать вопросы, собирать данные, а затем нарисовать схему — карту движения людей, материалов и информации, необходимых для выполнения процесса. Такой подход прекрасно помогает понять, что происходит. Но еще важнее другое: он позволяет увидеть места, где движение ресурсов и выполнение операций организованы не настолько плавно и эффективно, как могли бы.

Если бы, например, студенты наблюдали за тем, как я пеку брауни, они быстро заметили бы мои бесконечные перемещения туда-сюда: сколько раз я прошел между шкафами, холодильником и столешницей? Они указали бы на потенциально опасные действия: почему я вообще разворачиваюсь и иду через кухню, держа скользкую миску с растопленным шоколадом? И непременно выявили бы проблемы подготовки: почему я не проверил наличие какао до начала работы? Подобные карты часто обнаруживают проблемы, связанные с планировкой фабрики и размещением оборудования.

По самым разным причинам — нехватка места, необходимость подвода энергии, невозможность передвинуть тяжелое оборудование или просто сакраментальное «*оно всегда тут стояло*» — машины и инструменты далеко не всегда располагаются там, где им было бы лучше всего находиться. Некоторое оборудование можно переместить. Я, например, мог бы поставить миски, венчик и ложки ближе к плите. Другое — нет. Встроенную духовку довольно трудно переставить поближе к рабочей поверхности. Студенты быстро понимают: на фабрике почти всегда можно найти вещи, которые потенциально организованы лучше.

Но нередко существуют вполне веские причины, почему все устроено именно так. Чтобы понять, почему процесс выполняется определенным образом, нам необходимо подробнее рассмотреть отдельные шаги этого «рецепта». Иными словами, нам нужно разобраться, как разрабатывается производственный рецепт — то, что инженеры называют **проектированием процесса**. Для этого ненадолго вернемся на кухню. Любое проектирование процесса начинается с двух простых вопросов:

Что мы производим?

Сколько единиц мы собираемся произвести?

Ко второму вопросу мы вернемся немного позже. Пока же сосредоточимся на том, как свойства самого продукта определяют процесс его изготовления. Если инженеру-технологу поручить разработать «рецепт», то есть процесс производства брауни, он начнет с конечного продукта, а затем определит все промежуточные **состояния**, через которые продукт должен пройти. В нашем случае это: подготовленные к смешиванию ингредиенты; жидкая смесь для брауни в противне; цельный испеченный пласт, охлажденный до комнатной температуры; отдельные нарезанные и посыпанные сахарной пудрой кусочки в пластиковом контейнере.

Затем инженер должен определить, какие методы необходимы, чтобы перевести исходные материалы — или по мере продвижения продукта полуфабрикаты, то есть **незавершенное производство** — из одного состояния в следующее. Для каждого такого перехода, или **единичного процесса**, может существовать несколько вариантов. Например, масло и шоколад можно было бы оставить таять на солнце вместо водяной бани. У каждого решения есть преимущества и недостатки. На солнце они будут плавиться довольно долго — особенно зимой в Англии. Однако какой бы вариант ни был выбран для конкретного этапа, конечный результат должен остаться неизменным.

Затем все эти отдельные операции соединяются в единую цепочку. Для брауни это относительно просто. Но когда вы производите что-нибудь немного сложнее — например ноутбук или самолет, — требуется значительно больше размышлений. После этого нужно решить, какие инструменты и машины понадобятся. И здесь возникает еще один ключевой вопрос:

какую роль в процессе будут играть люди?

Для каждой операции нужно определить: потребуются ли высококвалифицированные специалисты, работающие простыми инструментами? Или разумнее использовать более автоматизированное оборудование, для эксплуатации которого столь высокая квалификация уже не нужна? Следующий этап — оптимизация всей последовательности, чтобы обеспечить плавность производства. Для хорошего **потока** необходимо, чтобы у каждой машины и каждого работника в нужный момент было все необходимое. Значит, каждую единицу оборудования нужно разместить в оптимальном положении относительно остальных, а все материалы и детали должны поступать туда в нужное время и в нужном состоянии.

Когда производство запущено, необходимо также наблюдать за происходящим, чтобы своевременно заметить

любые отклонения и вмешаться. И наконец, прежде чем выпускать настоящий товар для продажи покупателям, весь процесс обычно испытывают, убеждаясь, что он работает как задумано и обеспечивает требуемое качество продукции. Наш простой пример с выпечкой продемонстрировал общие черты практически любого производства:

методы, машины, материалы и люди координируются так, чтобы превратить исходные ресурсы в результат более высокой ценности.

Однако у моей домашней фабрики есть еще одна важная характеристика: она рассчитана на **очень малый объем производства**. Я изготовил всего один противень брауни — и, откровенно говоря, существенно увеличить выпуск мне было бы трудно. Но что произойдет, если вы захотите ежедневно выпускать гораздо больше одного и того же продукта? Намного больше?

Выпечка партиями

Да, это уже стало клише, но я все равно скажу:

Fitzbillies — настоящий кембриджский институт.

Несмотря на многочисленные бедствия и новые старты — пожар, банкротство и неоднократную смену владельцев, — хлеб и выпечку здесь производят и продают с того самого дня, когда 4 октября 1920 года на двери магазина в стиле бельгийского ар-нуво впервые появилась табличка **Open**. Сегодня Fitzbillies принадлежит Элисон Райт и Тиму Хейворду, которые спасли предприятие от банкротства в 2011 году. Они проделали потрясающую работу, и теперь бизнес процветает. В его основе — прекрасно организованное небольшое производство. Элисон пригласила меня посмотреть, как оно работает, когда здесь выпускают сотни экземпляров своего самого знаменитого продукта — **булочек Chelsea bun**.

Будильник будит меня в три часа ночи. Через полчаса я уже еду на велосипеде по темным пустым улицам Кембриджа, уворачиваясь от печально знаменитых местных выбоин, к промышленной зоне за железнодорожной станцией. Войдя в пекарню, наполненную теплым сладким ароматом дрожжей, я сразу чувствую, что всем мешаю. В относительно небольшое пространство втиснуто невероятное количество всего. Каждый квадратный метр занят людьми, оборудованием или материалами. Некоторые машины — например тестомесы и печи — выглядят как гигантские версии приборов с моей кухни.

Ингредиенты те же, только находятся они в гораздо больших мешках и емкостях. В главном помещении доминируют три металлических стола. На одном рядами лежат крупные куски теста, похожие на буханки, — они проходят расстойку. На другом пекари Сэм и Тони раскатывают поднявшееся тесто в пласты примерно полтора метра длиной и полметра шириной. На поверхность наносят особую сладкую коричневую пасту, затем рассыпают смородину. После этого каждый пласт сворачивают в длинную колбасу и, слегка провисающую, руками переносят к Джин, работающей за третьим столом возле печей.

Там Джин с поразительной быстротой и точностью нарезает каждый длинный рулет ровно на сорок отдельных спиральных булочек, почти не оставляя отходов по краям. Булочки укладывают в противни — восемь рядов по пять штук. Каждый противень вставляется в направляющие высокой тележки, а тележку закатывают в одну из напольных печей. Выставляется таймер, и Джин сразу возвращается к следующей задаче. После выпечки тележки выкатывают обратно к тому же столу, где прежде раскатывали тесто. Когда противни выгружены, Тони макает большую кисть в ведро с сиропом и покрывает им каждую охлаждающуюся партию булочек.

У двери терпеливо ждет Стив. Первые блестящие, невероятно ароматные противни он понесет в фургон для

доставки по Кембриджу. Остальные булочки упакуют и отправят покупателям по всему миру. Способ, которым здесь производят Chelsea buns — как, впрочем, и почти всю остальную продукцию Fitzbillies, — называется **серийным, или партийным, производством**. Пекарня организована так, чтобы выпускать партии нескольких стандартных видов продукции. Пока я старался никому не попадаться под ноги, Сэм, Тони, Джин и их коллеги совершенно незаметно переходили от одной партии продукта к другой.

Еще до восхода солнца они успели приготовить круассаны, фокаччу и традиционные пасхальные булочки hot cross buns. Но этажом выше находится еще одна, меньшая часть производства, иллюстрирующая совершенно иной тип организации — **job shop**, производство на заказ. Здесь изготавливают индивидуальные изделия — например свадебные и праздничные торты. Работает этот участок примерно как чрезвычайно профессиональная версия обычной домашней кухни: универсальное стандартное оборудование используется для изготовления единичных, уникальных заказов.

Выпечка в массовом масштабе

Fitzbillies выпускает немало Chelsea buns — примерно восемьсот в обычный день. Но по сравнению с такими производителями, как **Premier Foods**, владельцем популярной марки **Mr Kipling**, это почти ничто. Завод Premier Foods в Сток-он-Тренте ежедневно производит **более четверти миллиона Cherry Bakewells**. Меняется ли организация фабрики, если одного продукта нужно производить гораздо больше? Если бы Элисон захотела, чтобы команда Fitzbillies выпускала не сотни, а тысячи булочек в день, что пришлось бы изменить? Можно было бы просто нанять намного больше пекарей, приписать несколько нулей к заказам поставщикам и включить дополнительные печи.

Но это было бы безнадежно неэффективно. Расходы стали бы огромными, а обеспечить неизменное качество оказалось бы крайне трудно. Для производства очень больших объемов продукции — то есть для **массового производства** — нужен совершенно иной подход. И основан он на одном фундаментальном принципе:

стандартизация.

Хотите производить много? Делайте каждую единицу абсолютно одинаковой. А если одну и ту же операцию приходится выполнять снова и снова, лучше всего поручить ее машине, способной повторять действие с безупречной точностью. Есть нечто особенное в крупных пищевых фабриках, выпускающих огромные объемы стандартизированной продукции. Что бы они ни производили, у них есть несколько общих черт. Они неизменно успокаивающе чисты. В воздухе царит странная смесь запахов моющих средств и еды. Повсюду сверкающий голый металл и синий пластик.

А сотрудники носят такую защитную спецодежду, в которой выглядеть круто практически невозможно. Автоматизация здесь бросается в глаза. Каждый этап производственного процесса — тот самый «рецепт» — заранее многократно уточнен и оптимизирован, а затем превращен в последовательность операций, выполняемых гипнотически однообразными специализированными машинами. Машины связаны сетью конвейеров и желобов — иногда при помощи человеческой руки, — чтобы поток продукции нигде не прерывался. Получается целый оркестр механизмов:

одни раскатывают, другие режут, третьи пекут, четвертые впрыскивают, пятые подхватывают, шестые переключают. Все это снижает потери и одновременно обеспечивает постоянное качество. Людям остается в основном подавать материал и обслуживать машины.

Непрерывное производство: еще один пример из выпечки

Существует еще один тип фабрики, который тоже удобно объяснить на примере продуктов для выпечки. Он выпускает **один-единственный продукт**, но в колоссальных объемах. По всей Восточной Англии разбросано несколько крупных заводов, которые легко заметить издали по клубам пара и гигантским силосам. Их главный продукт — неотъемлемая часть любой кухни и пекарни:

сахар.

Значительная часть сахара, потребляемого в Великобритании, производится из местной сахарной свеклы. Чтобы превратить тысячи тонн покрытых грязью корнеплодов в тысячи тонн белоснежного сахара, требуется огромное количество энергии для нагрева, множество машин для перемещения и измельчения материала, довольно хитрая химия и — на современном предприятии — удивительно небольшое число людей. Сахарный завод — пример **непрерывного производства**. Здесь не выпускают отдельные изделия. Здесь создают массу продукта. Каждый силос на сахарном заводе, который я недавно посетил, вмещал **двенадцать тысяч тонн сахара**.

А силосов было семь. Это довольно много сахара. Непрерывный процесс делает ровно то, что следует из его названия: сырье без остановок и перерывов подвергается химической, тепловой и механической обработке, пока не превращается в требуемый продукт. Затем в нашем случае сахар засыпают в мешки и отправляют в промышленные пекарни вроде Fitzbillies и Premier Foods либо в супермаркеты для домашнего использования.

Все дело в компромиссах

Производство — как и многое в жизни — представляет собой бесконечную череду компромиссов. Если я хочу X, возможно,

придется отказаться от Y. Если же я все-таки хочу получить Y, это может обойтись мне в целое состояние. Или придется очень долго ждать. Или результат окажется, скажем так, не слишком хорош. Один из главных производственных компромиссов возникает между двумя параметрами:

сколько единиц продукта вы хотите выпускать — объем;

и

сколько разных видов продукта вы хотите выпускать — разнообразие.

Четыре наших примера — моя кухня, пекарня Fitzbillies, завод Premier Foods и предприятие British Sugar — прекрасно показывают, как соотношение объема и разнообразия определяет устройство фабрики. Если я захочу испечь на своей кухне другой торт — никаких особых проблем. Домашняя кухня специально устроена так, чтобы на ней можно было приготовить практически любой базовый рецепт. Но она совершенно не приспособлена для массового выпуска. Очень скоро мне не хватит места, все начнет сталкиваться, мешать друг другу и превращаться в хаос.

А если я попрошу Premier Foods изготовить для меня единственный персонализированный праздничный торт, уже у них возникнут проблемы. Их фабрика оптимизирована совершенно для другого:

снова и снова производить одно и то же — быстро и дешево.

Посередине между этими крайностями находится Fitzbillies. Там могут многократно повторять один стандартизированный продукт — например Chelsea buns, — но при этом способны изготовить и отдельное уникальное изделие, например свадебный или праздничный торт. И наконец, существует мир сахарного производства. Масштаб необходимой системы настолько велик, что здесь требуется один огромный специализированный завод,

предназначенный исключительно для сахара. И ничего другого этот завод практически делать не умеет.

Оказывается, жизнь состоит не только из выпечки

Наше путешествие по миру хлеба и пирожных дало представление о том, как работает одна из центральных частей производственного мира — фабрика. Теперь вы знаете, что природа продукта и количество единиц, которое необходимо выпустить, напрямую связаны с устройством предприятия, где он производится. И что фабрики обычно строятся по нескольким достаточно стандартным схемам. Чтобы убедить вас, что принципы моей кухни, Fitzbillies, Premier Foods и British Sugar применимы почти ко всем предприятиям, давайте теперь отправимся туда, где производят вещи, которые есть нельзя.

Единичное производство — кузнец

Производство типа **job shop**, примером которого была домашняя кухня, — старейшая и простейшая форма «фабрики». Человек приобретает набор оборудования, осваивает соответствующие навыки и использует их, чтобы делать практически все, что укладывается в пределы его возможностей и бюджета клиента. Классический пример — кузнец. Нужны подковы для лошади? Металлическая защелка для двери? Кочерга для камина? Идете к местному кузнецу и объясняете, что вам нужно. У него имеется набор так называемых **универсальных инструментов** — молоты, наковальня, горн, — и с их помощью он изготавливает заказанное изделие.

В деревне в Норфолке, где я вырос, работала кузница **Thomas B. Bonnett's**. Лошади, нуждавшейся в подковах, у меня не было. Впрочем, не нуждавшейся в подковах — тоже. Зато у шестнадцатилетнего меня был мопед со сломанным кронштейном подвески. Решение? Нарисовать нужную

деталь на клочке бумаги и поговорить с владельцем мастерской Джоном. На следующий день я вернулся — и он изготовил ровно то, что мне требовалось. Вам может показаться, что все это отдает старомодным ремеслом. Но такой тип производства встречается и сегодня повсюду:

у ювелиров высокого класса, у мебельщиков, работающих на заказ, у изготовителей свадебных и праздничных тортов, как мы уже видели в Fitzbillies. Job shop остается важнейшей частью современного производства. Более того, интернет позволил ему расцвести заново. Вспомните сайты, где можно заказать индивидуально оформленную футболку или персонализированную поздравительную открытку. Если вам нужна **одна уникальная единица**, производство на заказ остается оптимальной моделью. Но Fitzbillies уже показала: как только вы хотите выпускать не единичный уникальный продукт, а несколько одинаковых изделий, вам понадобится предприятие, способное работать партиями.

И теперь я хочу показать вам производство, которое выпускает в год всего **два невероятно дорогих, высокоточных изделия**.

Серийное производство — фабрика гоночных автомобилей

Завод, выпускающий гоночные автомобили высшего класса, — место особенное. А предприятия команд, участвующих в том, что многие считают вершиной автоспорта — **Формуле-1**, — особенные вдвойне. Отчасти это лаборатория космической эпохи. Отчасти мастерская в стиле стимпанк. А рядом нередко располагаются музей и сувенирный магазин. Бюджеты, необходимые для создания этих необычайных машин, могут поражать воображение. Но по фундаментальному принципу работы такие предприятия очень похожи на любое другое серийное производство.

Конструкция машины жестко ограничена правилами **Fédération Internationale de l'Automobile — FIA**,

руководящего органа мирового автоспорта. Каждый год технический регламент меняется. Поэтому команды Формулы-1 вынуждены перестраивать своих людей, материалы, оборудование и методы под новые требования. Для этого фабрики оснащаются самыми современными и экзотическими производственными технологиями: высокоточным компьютеризированным металлорежущим оборудованием, способным изготавливать невероятно сложные металлические детали;

автоклавами для отверждения композитов, обеспечивающих максимальную прочность при минимальной массе. Поскольку производство серийное и продукт меняется каждый год, человек здесь остается центральным элементом. И эти люди — одни из самых талантливых инженеров, каких только можно нанять за деньги. Когда я недавно проходил по одному из таких предприятий, слово «фабрика» казалось мне почти неуместным. Да, участки металлообработки и изготовления углепластиков мало отличаются от многих современных небольших заводов. Но здесь все выглядит необычайно блестящим.

Очень новым. И совершенно очевидно — очень дорогим. В сборочном помещении находятся две U-образные рабочие зоны, внутри которых стоят наполовину готовые... штуки. Называть их автомобилями пока как-то неправильно: колес еще нет. Перед вами лишь сочетание крыльев, изгибов кузова, углубленной кабины и массивного двигателя. Атмосфера здесь напоминает операционную. Даже стеклянная стена отделяет посетителей от сотрудников в униформе, сплошь покрытой логотипами спонсоров. Эти люди трудятся над тем, чтобы вдохнуть жизнь в партию из двух машин — жизнь оглушительно громкую и головокружительно быструю.

Если эта фабрика гоночных автомобилей — автомобильный аналог Fitzbillies, то теперь, оставаясь в

автомобильной теме, я хочу показать вам аналог завода Premier Foods. Причем один из самых новых и передовых.

Массовое производство — автомобильный завод

Завод электромобилей **Zeekr** в Нинбо на востоке Китая — очень новый. Очень блестящий. И очень, очень большой. Территория занимает **восемь квадратных километров**, а производственная мощность достигает **300 000 автомобилей в год**. По территории меня везут на гольф-каре. Я чувствую себя слегка нелепо, зато такой транспорт позволяет прекрасно проследить движение материалов и деталей по производственным линиям. Сразу становится видно, какие процессы уже автоматизированы, а где — пока — еще требуется ручной труд. В начале завода, где методом **мегалитья** изготавливаются основные элементы шасси, горячий и тяжелый процесс автоматизирован почти на сто процентов.

Соединение и сборку основных частей автомобиля тоже преимущественно выполняют роботы. Но чем дальше движешься по линии и чем больше требуется гибкости, ловкости и разнообразия операций, тем заметнее человеческое участие. По всей фабрике снуют армии небольших **автоматически управляемых тележек — AGV**. Они выполняют бесчисленное количество задач, доставляя людям и роботам нужные инструменты и материалы и обеспечивая непрерывность потока производства. Завод Zeekr представляет собой один из наиболее совершенных вариантов массового производства.

Он специально спроектирован для выпуска огромных объемов электромобилей премиального класса. И, как мы увидим позже, когда рассмотрим этот завод подробнее, здесь применяют весьма изобретательные решения, пытаясь достичь своеобразной производственной нирваны:

массовой кастомизации — сочетания большого объема и большого разнообразия.

Непрерывное производство — бумажная фабрика

Если нам нужен не связанный с выпечкой аналог непрерывного процесса British Sugar, можно вернуться к примеру бумажной фабрики из предыдущей главы. Современная бумажная фабрика — это, по сути, **одна гигантская машина, вокруг которой построено здание**. Характеристики крупнейших бумагоделательных машин ошеломляют. Одна-единственная такая машина может иметь длину **шесть футбольных полей** и весить **тридцать тысяч тонн**. На полной скорости самые быстрые установки способны производить более **двух километров бумаги шириной десять метров за минуту**.

Когда я впервые прочитал эти цифры, мозг просто отказался их воспринимать. Как выглядит и звучит бумажное полотно, летящее со скоростью свыше 130 километров в час? Сколько времени нужно, чтобы пешком пройти от одного конца машины до другого? К счастью, одна такая фабрика находилась всего в полутора часах езды от нашего института. Я решил увидеть все собственными глазами. Мой сопровождающий на **Palm Paper**, Иэн, провел меня через весь процесс — очень длинный и совершенно линейный. Начали мы с грязного конца. Поскольку фабрика использует в качестве сырья стопроцентно переработанную бумагу, сначала старую макулатуру необходимо рассортировать и подготовить.

Грузовики выгружают потрепанные тюки бумаги. Их бросают на конвейеры, которые проводят сырье через целую последовательность стадий сортировки и фильтрации. Эти первые этапы крайне важны. Нельзя допустить, чтобы посторонний мусор — пластик, скрепки и тому подобное — проник в чувствительные внутренности гигантской машины, ради которой и был построен этот комплекс стоимостью **400 миллионов фунтов**. Под грохочущий и ревуший саундтрек, приглушенный берушами, мы ходим вверх-вниз по металлическим мосткам, следуя за

постепенно очищающейся, избавляемой от краски и измельчаемой бумажной массой.

Наконец мы выходим в огромное пространство, похожее на авиационный ангар, где почти нет людей. Здесь находится сама бумагоделательная машина РМ7. Хотя слово «машина» кажется совершенно недостаточным. РМ7 настолько огромна, что больше напоминает архитектурное сооружение, чем оборудование. Она поднимается от пола до потолка и тянется практически через все здание. Ревет РМ7 примерно как реактивный двигатель на крейсерском режиме. Идя вдоль установки, я замечаю, что большая часть механизмов скрыта за металлическими кожухами.

Через редкие окна в инспекционных дверях видны лишь размытые вращением гигантские валы и проходящее по ним все более совершенное бумажное полотно. Ближе к концу огромные желтые мостовые краны поднимают готовые гигантские рулоны ослепительно белой бумаги. Мы ненадолго сворачиваем в относительно тихую диспетчерскую. Здесь целые ряды экранов отображают данные, собираемые в каждой точке процесса: от входящей с одного конца грязной, покрытой краской макулатуры до идеальных рулонов готовой бумаги, которые через несколько сотен метров роботы уже выгружают для отправки.

Качество исходной макулатуры чрезвычайно непостоянно. Поэтому за «жизненными показателями» РМ7 круглосуточно следит команда специализированных инженеров. Они непрерывно корректируют параметры машины, чтобы нестабильность сырья не отразилась на стабильности готового продукта. Когда линия движется со скоростью два километра в минуту, внимание коллег Иэна полностью приковано к цифрам и цветам на экранах. Отклонение нужно заметить как можно раньше. И действовать необходимо мгновенно. Иэн мягко выводит меня из диспетчерской, пока я случайно не отвлек инженеров именно в тот момент, когда на экране появится

едва заметный сигнал, способный предшествовать производственной катастрофе.

Как и British Sugar, предприятие Palm Paper воплощает современное непрерывное производство:

огромный масштаб, высокий уровень автоматизации, сравнительно мало людей, колоссальное энергопотребление и неослабевающее стремление к стабильности результата и сокращению потерь.

Итак, теперь перед нами четыре «несъедобных» примера четырех основных типов фабрик. Но существует еще один вид производства, которому в мире выпечки прямой аналог подобрать трудно. Он выпускает чрезвычайно мало продукции — зачастую всего одну единицу, — но разнообразие максимально: практически каждое изделие уникально. И это один из самых странных видов фабрики. Представьте:

фабрика создается, выпускает единственный продукт, а затем исчезает.

Она существует ровно столько, сколько изготавливается изделие. И Сэм, координатор проектов французской строительной компании **Bouygues**, пригласила меня заглянуть внутрь такой фабрики.

Производственный проект — строительство здания

После недели, проведенной почти целиком в административной работе, поездка на что-нибудь «настоящее» казалась прекрасным способом перейти к выходным. А что может быть реальнее строительного проекта стоимостью **300 миллионов фунтов** — нового здания физического факультета Кембриджского университета? Я немного опаздывал и потому почти бегом пересек кампус Западного Кембриджа, направляясь к сплошному деревянному ограждению строительной

площадки. В просвете забора я увидел заламинированный лист А4:

«Вход на стройплощадку →»

Я пошел в указанном направлении по пластиковому противоскользящему сотовому настилу, уложенному прямо поверх грязи, пока не дошел до турникета. Один короткий звонок — и появилась Сэм, чтобы встретить меня и впустить внутрь этой весьма необычной «фабрики». Поскольку строительство находилось уже на поздней стадии, некоторые элементы временного производства начали исчезать. Офисные вагончики Portakabin, появившиеся здесь одними из первых четыре года назад, уже увозили краном. Вскоре за ними исчезнут и сами краны — чтобы где-нибудь в другой части страны стать началом нового проекта.

К этому времени команда уже покинула временные помещения и первой заселила один из огромных незавершенных залов внутри самого здания. Примерно через год здесь будет гудеть мастерская, где станут создавать экзотические установки для проверки теорий, объясняющих тайны Вселенной. А пока пахнущее цементом помещение заполнено менеджерами по закупкам, которые грызут дешевые шариковые ручки, пытаюсь понять, какую графу формы следует заполнить, чтобы подтвердить безопасное прибытие партии винтов для крепления дверных ручек.

Проходя по сети соединенных между собой полуготовых корпусов, я буквально видел различные стадии исчезновения фабрики. На верхних этажах одного крыла некоторые кабинеты исследователей уже полностью отделаны, закрыты и ждут мебели. На дверях приклеены предупреждения: любой рабочий, который оставит внутри инструменты или вообще сделает что-нибудь способное поцарапать краску либо повредить штукатурку, получит **«красную карточку»**. В других частях здания временные, кое-как навешенные двери из ДСП отделяют пространства,

которые все еще гораздо больше похожи на фабрику, чем на готовый продукт.

Подъемники и строительные леса располагают людей и оборудование там, где необходимо завершить электромонтаж и штукатурку. Временные верстаки позволяют плотникам собирать каркасы ступенчатых сидений лекционных аудиторий. Через несколько месяцев все эти следы производства исчезнут. Останется только сам продукт:

здание.

Когда Сэм провожала меня со стройплощадки, я спросил, чем она будет заниматься после завершения проекта. — О, — ответила она, — я уже начала следующий. В Лондоне. То, что мне представлялось производственным процессом с четкой конечной точкой, для работающих внутри оказывается лишь частью бесконечного цикла:

фабрика появляется → продукт создается → фабрика исчезает.

Фабрики отражают то, что они производят

Наши примеры — стройка как проектное производство, деревенский кузнец как job shop, гоночный автомобиль как серийное производство, сборка электромобилей как массовое производство и бумажная фабрика как непрерывный процесс — подтверждают главный вывод, к которому нас раньше привела выпечка:

что именно вы хотите производить и в каком количестве — именно это определяет, какая фабрика вам нужна.

Современный промышленный мир представляет собой гигантскую взаимосвязанную сеть из миллионов предприятий, построенных по этим нескольким базовым схемам. Возьмем завод Zeekr. Само строительство фабрики было отдельным **проектом**. Многие индивидуальные элементы оснащения изготавливались в небольших

производствах типа **job shop**. Роботы, которые теперь заполняют цеха, были выпущены поставщиками **партиями**. Сами автомобили производятся **массово**. Но они собираются из продукции сотен других фабрик, выпускающих партиями все — от колес и проводки до ветровых стекол.

А материалы для этих компонентов — металл, стекло и пластик — прежде появились на предприятиях **непрерывного производства**. Проектирование, расположение и работа фабрик постоянно меняются. Сегодня происходят поистине необыкновенные вещи, и они намекают на весьма неожиданное будущее промышленного производства. Но чтобы понять, куда все движется, сначала стоит галопом промчаться по истории возникновения современной фабрики.

Краткая история того, как мы научились производить вещи

Есть хорошая новость. Имея преимущество ретроспективы, мы можем посмотреть назад на триста лет истории производства и увидеть, что она довольно аккуратно делится на несколько этапов. Самый известный из них — **Промышленная революция XVIII века**. До нее основная часть товаров производилась ремесленным способом: вручную, в небольших мастерских, простыми инструментами, малыми объемами. А затем сочетание множества удачно совпавших инноваций и взаимосвязанных социальных и экономических факторов полностью преобразило способы производства.

Если свести все к максимально короткой формуле, произошло следующее:

производство, основанное главным образом на человеке, стало производством, основанным на машинах.

В результате резко выросли: **производительность** — количество товаров, которое мог изготовить один работник;

и **объем производства** — общее количество выпускаемых товаров. Рост оказался настолько колоссальным, что человечество перешло от производства вещей, которые были ему нужны, к производству вещей, на которые сначала приходилось **создавать спрос**. История того, как возникла первая промышленная революция и как она привела к последующим, заслуживает нескольких минут нашего времени. Она объясняет одну чрезвычайно важную вещь:

почему современный производственный мир устроен именно так. И одновременно показывает, как менялись наши отношения с ним как потребителей... и почему им предстоит меняться дальше.

Первая промышленная революция

Конец XVIII — начало XIX века вообще оказалось временем, весьма богатым на революции. Пока Америка отделялась от британской короны, а Франция отделяла головы от тел аристократов, в Великобритании революция была несколько иной... промышленной. То, что мы называем сегодня **Первой промышленной революцией**, стало результатом слияния нескольких процессов. Каждый из них по отдельности позволил бы несколько улучшить производство. Но вместе они изменили мир. И одна из важнейших идей пришла в голову французу, чьи взгляды оказались настолько скандальными, что ради его собственной безопасности его пришлось буквально запереть.

Оружейник **Оноре Блан** из Авиньона на юге Франции в 1785 году провел демонстрацию, которой суждено было изменить мир. Его цель была проста: сломать закостеневшее мышление оружейников. В те времена любой мастер «знал», что каждая деталь ружья должна изготавливаться специально для конкретного оружия. Сначала делали приблизительную заготовку. Потом подпиливали, подгоняли, шлифовали и возились с ней до тех пор, пока она не подходила именно к этому ружью. Если какая-нибудь

деталь ломалась, приходилось разыскивать оружейника, который поворчал бы по поводу вашей неуклюжести, а затем нехотя изготовил новую — опять же индивидуально под ваше оружие.

Система была не слишком эффективной. А посреди сражения и вовсе крайне неудобной: за армией приходилось таскать едва ли не целую мобильную кузницу. Блан предложил другой подход. Использовать методы, позволяющие изготавливать детали с такой постоянной точностью, чтобы **любая деталь подходила к любому ружью**. То есть сделать компоненты **взаимозаменяемыми**. Идея была гениально простой. А задним числом кажется почти до обидного очевидной. Она позволяла резко ускорить массовое производство и одновременно упростить ремонт. Детали следовало изготавливать при помощи стандартных измерительных шаблонов и приспособлений, гарантировавших одинаковые размеры каждой единицы.

Тогда вместе с войсками можно было перевозить ящики запасных частей. Что-то сломалось? Солдат получает новую деталь — и она подойдет к любому оружию этого типа. Оружейники идею возненавидели. Они опасались, что их мастерство обесценится: если работа сведется к изготовлению стандартных деталей при помощи простых направляющих и приспособлений, зачем вообще нужны высококвалифицированные мастера? Как пишет Саймон Винчестер в книге *Exactly*, Блан и его рабочие столкнулись с такой враждебностью коллег, что французскому правительству пришлось перевести их в подвал Венсенского замка к востоку от Парижа, где они могли продолжить работу, не рискуя быть избитыми разгневанными оружейниками.

Во время своей знаменитой демонстрации Блан перемешал детали нескольких ружей, а затем без малейших затруднений собрал оружие заново на глазах у скептически настроенных генералов и кипевших от ярости мастеров. Ценность метода стала очевидной. Начавшаяся вскоре во

Франции революция другого — значительно более кровавого — рода затормозила дальнейшее развитие идеи. Однако среди зрителей демонстрации находился человек, которого увиденное чрезвычайно впечатлило: американский посланник во Франции **Томас Джефферсон**. Джефферсон увез эту идею в Соединенные Штаты, где после ряда довольно любопытных событий она получила широкое распространение.

Для производства по-настоящему взаимозаменяемых деталей требовались две вещи. Во-первых, нужно было установить допустимые пределы отклонения размеров детали от идеального значения — то, что инженеры называют **допуском**, — и научиться проверять, укладывается ли каждая изготовленная деталь в эти пределы. Для этого потребовалось создание метрологических приборов, способных чрезвычайно точно измерять размеры. Во-вторых, понадобились станки, которые могли бы раз за разом изготавливать детали с необходимой точностью. **Станком** называют любое оборудование, способное стабильно создавать размерно точные детали путем резания, шлифования, сверления, сдвига или деформации материала.

Одну из первых таких машин в конце XVIII века построил Джон Уилкинсон по прозвищу **Безумный по железу** — для точного изготовления пушечных стволов. Вскоре появились аналогичные машины для расточки цилиндров паровых двигателей. А затем — практически для всех промышленных деталей, где требовались точность и массовость. Станки позволили не только серийно выпускать точные изделия для конечного покупателя. Они позволили изготавливать высокоточные детали **для машин, которые сами производили другие изделия**. Станок стал, по сути, **«машинной для изготовления машин»**.

Теперь можно было массово производить точное оборудование, которое, в свою очередь, надежно выпускало

ткани, часы, сельскохозяйственные инструменты и, разумеется, оружие. Но этим машинам требовалась энергия. Предприятие либо приходилось строить возле реки, чтобы использовать энергию текущей воды, либо применять новейшее изобретение — паровой двигатель, позволявший получать механическую энергию практически в любом месте. Освоение источников энергии и использование станков для создания взаимозаменяемых деталей перенесли производство из мира ручного ремесленного изготовления малых серий в мир машинного выпуска огромных объемов товаров невиданного прежде масштаба.

Мы вступили в эпоху **массового производства**. Но на горизонте уже появлялось нечто, способное увеличить выпуск еще на несколько порядков. Это изменение оказалось настолько значительным, что породило — с весьма предсказуемым названием — **Вторую промышленную революцию**.

Вторая промышленная революция

Эта новая революция во многом определялась тем, что происходило в быстро растущей экономике США конца XIX — начала XX века. Многие процессы представляли собой ускоренное и многократно увеличенное развитие идей, появившихся во время первой революции в Европе — прежде всего, хотя и не исключительно, в Великобритании. Распространялись прецизионные станки. Параллельно развивалась метрология. В гигантских масштабах совершенствовались дешевые методы производства стали. Пар и вода постепенно уступали место электричеству. Но одна из определяющих идей этой преимущественно американской стадии развития производства родилась из размышлений автомобильного предпринимателя **Генри Форда** о том, что происходит на скотобойне.

С производственной точки зрения бойня — тоже разновидность фабрики. И Форда особенно заинтересовал

один элемент работы передовых мясокомбинатов. Приводной конвейер доставлял тушу к рабочему. Тот выполнял одну определенную операцию — что-то отрезал или удалял. Затем линия несла уже несколько облегченную тушу к следующему человеку. Форда поразила эффективность такого подхода: каждый рабочий остается на месте и снова и снова выполняет одно действие, пока объект перемещается мимо него. Форд взял эту систему, развернул ее в обратную сторону и применил к автомобилям.

И — voilà —

родился сборочный конвейер.

Вскоре благодаря резкому росту производительности, который обеспечило повсеместное внедрение сборочных линий, стало возможно выпускать огромные количества стандартизированной продукции. Но тут возникла новая проблема:

как гарантировать, что каждый из тысяч товаров, с огромной скоростью сходящих с конвейера, имеет нужное качество?

Можно было чрезвычайно быстро собирать огромное количество продукции, а потом обнаруживать при проверке, что значительная ее часть недостаточно хороша. Тогда требовалась так называемая **доработка** — **rework**: исправлять, переделывать, подгонять и фактически снова создавать то, что изначально следовало изготовить правильно. Это колоссальная трата времени и денег. Фабрики нанимали целые армии инспекторов, которые выявляли дефектные изделия на выходе из высокоскоростных линий. Потом требовались другие бригады работников, чтобы устранить замеченные дефекты.

Если исправить продукцию было невозможно, ее отправляли в брак. Если бы только существовал способ сделать так, чтобы дефектный товар практически **невозможно было произвести с самого начала...** К счастью,

такой способ нашелся. И, как ни странно, его развитие оказалось связано с задачей выяснить, кто живет в Японии после окончания Второй мировой войны. В 1947 году американского инженера и статистика **Уильяма Эдвардса Деминга** пригласили помочь японскому правительству провести национальную перепись населения. Очевидно, справился он неплохо, поскольку затем ему предложили остаться и обучать японских промышленников статистическим методам и контролю качества.

Те в то время пытались наладить устойчивый выпуск больших объемов надежной продукции. Сказать, что японские производители с энтузиазмом восприняли идеи Деминга, — значит сильно недооценить масштабы его влияния на японскую экономику. Одна компания добилась настолько большого успеха, что помогла экономике Японии подняться от почти полного разрушения в 1945 году до второго места в мире уже к концу 1960-х. Этой компанией была **Toyota**. А разработанная **Тайити Оно** и **Эйдзи Тоёдой** **Toyota Production System — TPS**, которую затем стали копировать десятки других фирм, позволила японскому автопрому занять доминирующее положение в 1970–1980-е годы.

Японские компании с необычайным упорством повышали производственную эффективность и благодаря этому стабильно выпускали автомобили, которые британским покупателям — например моим родителям — казались почти чудом техники. Эти машины, представьте себе:

заводились холодным утром;

имели оба работающих стеклоочистителя;

и даже доставлялись вовремя **со всеми положенными деталями на месте**. Широкое распространение TPS и очевидный успех системы, а также множества ее вариантов с не особенно вдохновляющими названиями, породили более общее понятие **бережливого производства — lean**

manufacturing. С философией Тайити Оно, направленной на устранение потерь, мы уже познакомились в первой главе. Очевидно, если изделие сходит с линии и после этого требует дополнительной работы, это чистая потеря. Нужно стремиться к тому, чтобы продукт был изготовлен **правильно с первого раза.**

Для этого каждый рабочий должен понимать: в конце линии не стоит кто-то другой, кто исправит допущенную им ошибку. Проблема должна быть устранена **там и тогда, где она возникла.** А значит, работник на конвейере должен иметь право остановить всю линию, как только заметит неисправность. Когда эта идея появилась впервые, она казалась почти ересью. Все «знали», что главное в производстве — непрерывный поток сырья и деталей, движущийся через процесс в постоянном ритме и выдающий готовую продукцию. Если рабочий конвейера допустил ошибку или увидел проблему, привычной реакцией было пропустить изделие дальше.

Почему? Потому что где-то ниже по линии кто-нибудь все равно это исправит. Это не его проблема. А признаться, что ты ошибся, и остановить весь конвейер означало, вероятнее всего, получить неприятности. Но когда рабочим на каждом этапе дали право и поддержку отвечать за качество собственной продукции, производство изменилось радикально. Именно благодаря широкому распространению идей Деминга, Оно и Тоёды сегодня мы, потребители, имеем доступ к невероятному разнообразию недорогих промышленных товаров, почти не имеющих дефектов.

К 1960-м годам уже существовали фабрики со сборочными линиями, использовавшие системы типа TPS и выпускавшие огромное разнообразие товаров из взаимозаменяемых деталей. А затем произошло еще одно качественное изменение.

Пришли роботы.

Хотя, если быть точным, появление промышленных роботов действительно имело значение, но было не самым важным событием. Куда существеннее оказался общий рост **автоматизации**: технологии стали выполнять задачи, которые раньше выполняли люди. Причем речь шла уже не только о физических действиях. Автоматизироваться начали и умственные процессы — например обработка и анализ данных. Главной технологией, сделавшей это возможным и запустившей очередную революцию, стал сравнительно недорогой электронный компьютер.

Третья промышленная революция

Промышленные компании начали использовать электронные компьютеры еще в конце 1940-х годов. Но первые машины были огромными, баснословно дорогими и доступны лишь крупнейшим корпорациям. Однако благодаря отмеченному Нобелевской премией прогрессу в миниатюризации электронных компонентов, лежащих в основе любого компьютера, к концу 1960-х и в 1970-е компьютеры стали **на порядки меньше и дешевле**. В результате вычислительные возможности начали становиться доступными предприятиям любого масштаба. Данные о работе фабрик и состоянии рынка теперь можно было обрабатывать быстрее и точнее.

Производство становилось эффективнее. А компании получили возможность быстрее реагировать на изменения спроса. Затем, в 1990-е, мир вычислительной техники словно получил инъекцию адреналина. Инженеры научились соединять все эти небольшие компьютеры в одну гигантскую **inter connected net work** — то есть...

internet.

И тут игра окончательно изменилась. Производители получили доступ к данным из гораздо большего числа источников. Теперь информацию можно было получать,

анализировать и передавать внутри отдельных фабрик, между фабриками одной компании и между предприятиями поставщиков. А когда интернет стал массово доступен нам, потребителям, производители быстро поняли: он позволяет намного лучше разобраться в наших нуждах и желаниях. А значит, можно точнее предлагать нам товары, которые мы действительно хотим — или которые нам внезапно захотелось.

Интернет-технологии позволили связать воедино всю цепочку:

произвести — переместить — потребить.

В эпоху Третьей промышленной революции фабрики научились выпускать: почти бездефектные товары, по разумной цене, в поразительных объемах, с невероятным разнообразием. Компьютеры и роботы сделали цикл

вход → процесс → выход

поразительно эффективным. И одновременно позволили очень быстро реагировать на изменения покупательского спроса. Проблема промышленных революций, если сравнивать их, скажем, с политическими, состоит в том, что невозможно указать конкретный момент и сказать: *«Ага! Вот толпа зажгла факелы, пошла штурмовать парламент — и революция началась»*. Промышленные революции скорее эволюционны, чем революционны. И порой мы осознаем, что революция вообще произошла, лишь тогда, когда она уже давно идет полным ходом. А иногда — только оглянувшись назад.

Так где же мы находимся сегодня?

Четвертая промышленная революция

Процесс еще продолжается

Не все согласны с утверждением, что человечество уже переживает **Четвертую промышленную революцию**. Многие считают, что перед нами просто продолжение

третьей — пусть значительно ускоренное и усиленное. Но как ни называй происходящее, одно несомненно:

способ, которым мы производим вещи, меняется.

Отчасти перемены вызваны технологиями. Объем доступных данных вырос феноменально. Вычислительные мощности стали дешевыми. Все это позволило искусственному интеллекту проникнуть практически во все сферы жизни. Другие факторы — геополитические. Меняющийся баланс сил приводит к политике балансирования на грани конфликта, а иногда и к настоящим войнам, разрывающим цепочки поставок. Есть и социальные причины. Наш глобализированный и гиперсвязанный мир позволяет пандемиям распространяться с огромной скоростью. Но самый важный фактор нынешних перемен в производстве —

устойчивое развитие.

Сегодня мы уже совершенно ясно понимаем: то, **как** мы производим вещи, оказывает прямое и значительное влияние на способность человечества продолжать жизнь на Земле. Столетия промышленности, основанной на ископаемом топливе и постоянном извлечении природных ресурсов, нанесли окружающей среде колоссальный ущерб. А наша экономическая модель потребления требует выпускать и продавать все больше и больше вещей. Причем значительная часть этих вещей выбрасывается задолго до окончания реального срока службы. В результате растут горы отходов.

Но сегодня, как мне кажется, мы начинаем видеть очень важные и обнадеживающие изменения — первые шаги к совершенно иной, более устойчивой модели производства. Называть ли это новой промышленной революцией — не так уж существенно. Важно другое: мы начинаем менять способы производства не только для того, чтобы наносить **меньше ущерба**. Мы пытаемся сделать так, чтобы производство начало **исправлять часть того вреда,**

который уже причинен. Новая модель должна стать не только лучше для планеты. Она должна быть устойчивее к кризисам и сбоям.

И одновременно создавать лучшие возможности для людей, которые в ней работают. Как именно это происходит, мы подробно рассмотрим во второй половине книги. Теперь у нас есть первый важнейший инструмент, необходимый для понимания того, почему производственный мир устроен именно так. Мы рассмотрели основные способы организации той его части, которая отвечает за **«сделать»**. Мы увидели, что происходящее на любой фабрике можно описать несколькими простыми словами:

предприятие берет исходные ресурсы и подвергает их обработке — люди действуют определенным методом, используя машины и материалы, — чтобы получить на выходе нечто более ценное.

Мы увидели тесную связь между:

объемом производства

и

разнообразием продукции.

И поняли, что именно это соотношение во многом определяет, какой тип фабрики нужен для изготовления конкретного продукта. Мы увидели также, насколько радикально изменились наши отношения с производственным миром. Когда-то все основывалось на простом, зачастую местном ремесленном принципе:

изготовить то, что нужно.

Сегодня мы живем в мире глобального производства, где товары создаются в почти немыслимых масштабах, с невероятным разнообразием и качеством. Теперь мы готовы покинуть часть истории под названием

«сделать»

и перейти к следующей:

«переместить».

Почти все, о чем мы говорили в этой главе — за исключением моей вылазки за какао, — происходило внутри отдельных фабрик. Мы намеренно сосредоточились на самом **процессе**: методах, машинах, материалах, людях, то есть всем, что находится между входными ресурсами предприятия и его конечной продукцией. Теперь, продолжая исследование производственного мира, нам придется выйти **за ворота фабрики**. Там все станет немного сложнее. Но не волнуйтесь. Мы вместе распакуем новый велосипед из коробки, поднимемся на головокружительную высоту портового контейнерного крана

и выясним, каким образом мороженое остается холодным после того, как покидает фабрику. И тогда все станет понятно.

3. Движение

Почему производство — это прежде всего путешествия

Я выругался и резко ударил по тормозам. Идущий впереди грузовик вылез из своего ряда, чтобы обогнать другой, который двигался буквально на волосок медленнее. Кипя от злости и что-то бормоча себе под нос, я дождался, пока он завершит свой ледниково-медленный обгон и наконец вернётся в левую полосу, после чего демонстративно пронёсся мимо, по-детски взревев двигателем и щёлкнув передачей... только затем, чтобы снова со вздохом сбросить скорость: впереди грузовики в очередной раз затеяли перестановку. Дорога поднялась на гребень холма, затем плавно спустилась в широкую долину, и вереницы всё медленнее ползущих автомобилей, фургонов и грузовиков протянулись до самого следующего подъёма.

Чтобы хоть как-то отвлечься от скуки — вскоре движение и вовсе встало, — я начал разглядывать грузовики. На одних красовались знакомые названия, на других — совершенно неизвестные, а некоторые не имели вообще никаких приметных обозначений. Большинство машин были с британскими номерами, но попадались и грузовики из континентальной Европы.

И тут я подумал: внутри каждого морского контейнера, каждого фургона с жёсткими стенками или тентованного полуприцепа, в каждой цистерне и на каждой открытой платформе находятся материалы, детали или готовые изделия — бесчисленные составляющие тысячи и одного товара. Каждый груз совершает свой путь: иной — всего несколько километров, иной — многотысячную одиссею. Одни машины везут сырьё на заводы, другие перевозят полуфабрикаты с одного предприятия на другое, третьи

доставляют готовую продукцию в распределительные центры и магазины, откуда её получают такие потребители, как мы с вами.

Передо мной была уже не просто автомобильная пробка. Я видел мгновенный снимок множества взаимосвязанных производственных цепочек поставок. Через некоторое время, сидя на придорожной станции обслуживания и в очередной раз заправляя себя кофеином, я продолжал размышлять о том, что только что увидел — и что каждый из нас ежедневно наблюдает на дорогах. Мир производства невероятно сильно зависит от перемещения вещей. Невероятно. И я подумал: если бы на Землю спустился инопланетянин и посмотрел, как мы производим всё необходимое для нашей жизни, он, пожалуй, пришёл бы в некоторое недоумение и спросил:

Почему земляне тратят столько времени и сил на то, чтобы таскать вещи по всей планете ради производства нужных им вещей?

К концу этой главы вы будете отлично подготовлены к тому дню, когда наши новые инопланетные повелители призовут вас дать ответ. Боюсь только, ваш ответ их не слишком впечатлит.

Логика логистики

В производственном мире всё это перемещение вещей принято обозначать одним словом — **логистика**, которую мой словарь определяет как «тщательную организацию сложной деятельности таким образом, чтобы она осуществлялась успешно и эффективно». Любое место, где что-либо производят, так или иначе занимается логистикой. Это может быть я, бродящий по кухне и достающий продукты из шкафчиков; конвейеры, подающие электронные компоненты к станкам, на которых собирают телефоны; или автоматические транспортные платформы,

доставляющие автомобильные детали рабочим на производственной линии.

Как мы видели в предыдущей главе, когда такие системы работают как задумано, всё плавно проходит через завод — от приёмки сырья и компонентов до отгрузки готовой продукции. Но никакого плавного потока не получится, если необходимые материалы не будут вовремя доставлены на предприятие, а готовая продукция — упакована и отправлена нужному заказчику в нужный срок. Руководители заводов прекрасно понимают: чтобы достичь нирваны идеально отлаженного производства, необходимо синхронизировать процессы не только внутри предприятия, но и за его воротами.

И если всё, что происходит внутри собственного завода — внутреннюю логистику, о которой шла речь в предыдущей главе, — руководство в значительной степени способно контролировать, то управление внешними поставщиками и заказчиками куда сложнее. Это примерно как разница между тем, чтобы распоряжаться на собственной кухне, и тем, чтобы влиять на работу местного или интернет-супермаркета. Чтобы понять, как достигается такая синхронизация, нам придётся выйти за ворота завода и отправиться в мир с довольно предсказуемым названием — **внешняя логистика**.

Двадцать тысяч километров на велосипеде

Я сидел на совещании, когда телефон завибрировал, сообщая важную новость: мой новый велосипед доставили домой. В пятьдесят пять лет это событие вызвало у меня почти такой же восторг, как когда мне было пять. Мой верный старый велосипед наконец испустил дух, и пришлось покупать новый — более подходящий моему возрасту и нынешним потребностям. Хватит с меня карбоновых рам и педалей, в которые обувь защёлкивается специальными креплениями. Пришло время крыльев от грязи и благоразумной

вертикальной посадки. Когда я вернулся с работы, у стены гаража стояла большая коричневая картонная коробка — слегка отсыревшая, местами помятая и надорванная.

Я так спешил увидеть покупку, что даже не зашёл в дом: разорвал один конец коробки и заглянул внутрь. Там, упакованный с почти оригами-подобной аккуратностью, угадывался целый велосипед. Правда, одна деталь выглядела совершенно противоестественно: руль лежал параллельно раме, а не перпендикулярно ей. Вид был примерно такой, как у человека с ужасно сломанной рукой или ногой: эта часть тела просто не должна торчать под таким углом. Желая как можно скорее исправить это безобразие, я наступил одной ногой на коробку, вытащил оттуда чересчур блестящий красный велосипед и осторожно прислонил его к шероховатой кирпичной стене.

Затем снова заглянул в глубину упаковки и заметил у дальнего края небольшую белую картонную коробочку. Я приподнял большую коробку, и маленькая выскользнула наружу. Внутри аккуратно лежали все инструменты, необходимые для окончательной сборки. Через пять минут велосипед был готов к дороге. Напоследок проверяя, всё ли выглядит и работает как следует, я заметил у основания рамы маленькую чёрную наклейку. Белыми буквами на ней были написаны три слова, которые можно увидеть примерно на трети всей промышленной продукции мира:

Made in China. Сделано в Китае.

Распаковка, поворот руля в правильное положение и подтягивание нескольких гаек завершили двадцатитысячное путешествие этого велосипеда — теперь ему предстояло начать трудовую жизнь, каждый день доставляя меня на работу и обратно. А его путешествие даёт прекрасное представление обо всех ключевых особенностях необычайно сложного, идеально скоординированного — и всё-таки слегка безумного — мира внешней логистики. Мой велосипед — самый обычный городской велосипед —

вероятно, был изготовлен за пару месяцев до того, как оказался у моей входной двери.

Как у любого велосипеда, у него есть рама, два колеса с шинами, педали, цепь и передачи, руль, тормоза и седло. И, как у большинства велосипедов такого типа, рама изготовлена из сваренных между собой алюминиевых труб. Обода спицованных колёс штампуются из алюминия, а механизмы переключения передач и тормоза велосипедная компания покупает уже в собранном виде у специализированного производителя — в данном случае японской корпорации Shimano. Другие детали — крылья, фонари, седло — также приобретаются у отдельных поставщиков.

Мой конкретный велосипед был изготовлен **на склад** для розничной велосипедной компании. Иными словами, его произвели ещё до того, как конечный покупатель — то есть я — сделал заказ. Изучив рынок, продавец был достаточно уверен, что рано или поздно найдётся человек вроде меня, которому понадобится именно такой велосипед. Поэтому компания заранее заказала целую партию, чтобы после моего заказа велосипед можно было в течение пары дней отправить со склада в Великобритании прямо ко мне домой. Хотя на велосипеде стоит марка американской компании, как и большинство производителей массовых велосипедов, значительную часть продукции она заказывает в Китае.

В одном из многочисленных гигантских заводов промышленного востока Китая требуется всего несколько часов, чтобы собрать около сотни деталей, из которых состоит мой велосипед. И это лишь один из более чем семидесяти миллионов велосипедов, ежегодно выпускаемых в Китае — примерно трёх четвертей мирового производства. Некоторые компоненты делают непосредственно на заводе, другие поступают с предприятий-поставщиков, преимущественно находящихся в других частях Китая. После формовки и сварки металлическая велосипедная рама помещается на конвейер, который проводит её через завод,

где к раме постепенно добавляются остальные компоненты, пока она не превращается в полностью работоспособный велосипед.

На выходе с производственной линии велосипеды помещают в картонные коробки подходящего размера, снабжая их защитными внутренними прокладками — в логистике такая упаковочная оснастка называется **dunnage**, — а затем аккуратно загружают в морские контейнеры, ожидающие у зоны отгрузки. Контейнер по железной дороге или на грузовике отправляется в морской порт. Оттуда контейнер, в котором находится мой велосипед, грузят на судно — начинается самый длинный этап его путешествия: более сорока дней и около двадцати тысяч километров.

Запертый во тьме среди тысяч других контейнеров, громоздящихся над и под палубой, мой велосипед понятия не имеет, что плывёт через Южно-Китайское море, Малаккский пролив, Андаманское море, Бенгальский залив, Индийский океан, Лаккадивское море, Аравийское море, Аденский залив, Красное море и Суэцкий залив. Затем судно протискивается через Суэцкий канал — если, конечно, его снова чем-нибудь не перегородили, — выходит в Средиземное море, проходит Гибралтарский пролив, огибает восточную окраину Северной Атлантики, пересекает Бискайский залив и направляется вверх по Ла-Маншу, пока наконец не швартуется в крупнейшем контейнерном порту Великобритании, несколько неожиданно расположенном на окраине сонного саффолкского городка Филикстоу.

Внимание! Перед управлением краном пристегните ремень безопасности.

Эта надпись наклеена над окном кабины, а я сижу в удивительно удобном кресле высоко над причалом порта Филикстоу. Наклоняюсь вперёд и смотрю вниз, между ботинками с защитными носками, сквозь металлическую решётку пола. На обоих подлокотниках кресла установлены чёрные пластиковые джойстики, похожие на игровые.

Справа находится ещё и панель управления размером примерно с лист А4, а рядом — внушающая некоторое спокойствие ярко-красная кнопка **STOP**. Стрела крана вытянулась далеко вперёд — над сотнями разноцветных контейнеров, сложенных на светло-голубом судне датской судоходной компании A. P. Møller-Maersk.

На тросах с тёмно-синей стрелы свисает жёлтый **спредер** — устройство, которым захватывают контейнер сверху. Каждый контейнер может весить до пятидесяти тонн, и именно спредер переносит его с судна на причал и обратно. Ладони в защитных перчатках становятся влажными, когда я осторожно тянусь к органам управления. — Всё нормально, — говорит Дэйв, мой сопровождающий. — Ты ничего не испортишь. Мы здесь всё отключили. Я, конечно, и не думал, что Дэйв позволит мне управлять машиной стоимостью двенадцать миллионов фунтов. И всё же лёгкое разочарование испытал.

Через несколько минут я уже стоял на продуваемой ветром площадке позади крана и пытался осмыслить картину целиком. Под мягким весенним солнцем впереди и по обе стороны от меня простирались тысячи и тысячи контейнеров. Издали они напоминали длинные ребристые кирпичики Lego. На фоне белых контейнеров с надписью **Maersk** и тускло-жёлтых **MSC** особенно ярко выделялись зелёные контейнеры компании с подходящим названием **Evergreen**. Если глазам трудно было охватить масштаб увиденного, то ушам не легче было переварить цифры, которые сообщал Дэйв.

Кран, которым мне позволили понарошку поуправлять, — один из тридцати трёх, выстроившихся вдоль почти четырёх километров причальной линии. Ежегодно порт обрабатывает четыре миллиона контейнеров в пересчёте на TEU, а одновременно на его территории может находиться до 150 000 контейнеров. Но ещё удивительнее другое. Несмотря на то что Филикстоу — крупнейший контейнерный порт Великобритании, через который проходит почти 30

процентов всех контейнеров, прибывающих в страну и покидающих её, он даже не входит в число пятидесяти крупнейших контейнерных портов мира.

Но вернёмся к контейнерам. Если вам порой бывает трудно вспомнить, где вы оставили машину на многоэтажной парковке, представьте задачу: необходимо знать не только точное местонахождение каждого контейнера среди остальных 149 999, но ещё и когда именно его должны забрать и кто за ним приедет. Более того, нужно знать, что находится внутри каждого контейнера, чтобы опасные или скоропортящиеся грузы размещались в правильных местах. Скоропортящиеся продукты перевозятся в так называемых **рефрижераторных контейнерах — reefer containers**, оснащённых собственными холодильными установками; значит, их нужно ставить там, где обеспечены безопасность и доступ к электропитанию.

За всем этим работает чрезвычайно сложное программное обеспечение — оно управляет гигантской трёхмерной физической игрой в тетрис. И что же находится во всех этих тысячах контейнеров? Небольшое изучение судовых манифестов показывает, что передо мной, скорее всего, разложены — без всякого определённого порядка — бананы, бутылки вина, компьютеры, игрушки, автомобильные шины, электрообогреватели, серебро, запчасти для автомобилей, мебель и, разумеется, велосипеды. Проведя какое-то время в строго определённой ячейке этого разноцветного многоэтажного контейнерного города в порту Филикстоу, контейнер с моим велосипедом будет извлечён козловым краном на резиновых колёсах — он напоминает гигантскую четырёхногую табуретку на колёсах, которая поднимает контейнер тросами, свисающими из-под «сиденья».

Затем контейнер аккуратно установят на полуприцеп ожидающего тягача и закрепят. Грузовик выедет из порта, ненадолго остановится у проходной для проверки документов, повернёт на запад и по трассе A14 направится к

распределительному центру в центральной части Великобритании. Через несколько сотен километров и одну кофейную остановку грузовик свернёт в промышленную зону и подъедет к распределительному центру. Там контейнер зарегистрируют и направят к конкретному погрузочному доку. С тягача его снимут специализированной машиной — контейнерным погрузчиком или боковым погрузчиком — и установят у назначенной разгрузочной позиции.

В зависимости от того, лежит ли груз непосредственно на полу контейнера или размещён на паллетах, разгрузка производится с помощью согласованной комбинации ручного труда, вилочных погрузчиков, гидравлических тележек и конвейеров. После выгрузки товары сортируют в соответствии с местом назначения и особыми требованиями и размещают в строго определённых точках огромного здания размером с авиационный ангар. Там мой велосипед терпеливо ждал в коробке, пока я, сидя дома на диване, несколькими щелчками мыши не оформил заказ на ноутбук.

После этого его отправили одним из десятков тысяч небольших развозных фургонов, и примерно через сутки он оказался у меня дома.

Чем сложнее изделие, тем сложнее логистика

Как мы уже знаем, даже столь простой товар, как рулон туалетной бумаги, прежде чем попасть к потребителю, проделывает удивительную череду путешествий. А когда речь идёт о более сложных изделиях, состоящих из множества высокотехнологичных компонентов, логистика становится значительно запутаннее. Велосипед — пример собранного изделия средней сложности: для его производства необходимо соединить примерно сто компонентов, если считать каждую гайку и каждый болт. А теперь представьте логистику, необходимую для

производства и доставки изделий, состоящих из тысяч или миллионов компонентов, — например, мобильного телефона или пассажирского самолёта.

Чем же внешняя логистика действительно сложных промышленных изделий отличается от путешествия моего велосипеда? В случае телефона одно из различий заключается в количестве перемещений деталей и компонентов между различными точками мира. Почему? Потому что чрезвычайно специализированные знания и технологии, необходимые для создания различных систем современного, до смешного сложного телефона, не сосредоточены в одном месте. Ни одна компания не обладает всем колоссальным спектром компетенций, необходимых для производства невероятно сложных подсистем связи, сенсоров, обработки информации и исполнительных механизмов, из которых состоит современный смартфон.

Поэтому полуфабрикаты, детали и подсистемы приходится отправлять из одной компании в другую по всему миру — чтобы где-то выполнить особо высокоточный технологический процесс, а где-то установить очередную крошечную капризную деталь. Во что всё это выливается? Дэвид Хьюмс в книге *Door to Door* подсчитал, что суммарное расстояние, которое проходит iPhone вместе со всеми своими компонентами, прежде чем попасть к покупателю, составляет не менее **250 000 километров** — то есть более шести оборотов вокруг Земли. Это более чем в двенадцать раз дальше, чем путешествовал мой велосипед.

А ведь даже его путь уже казался совершенно абсурдно длинным. В случае пассажирского самолёта сложность логистики прежде всего обусловлена невероятным количеством деталей. Каждая из них должна быть безупречной, причём происхождение и история каждой должны полностью прослеживаться. Почему? Потому что при любой неисправности — от мелочи вроде сломавшейся защёлки столика до катастрофы, при которой самолёт падает с неба, — необходимо точно установить, на каком

этапе цепочки поставок возник производственный дефект, чтобы исключить его повторение.

Есть и ещё одно отличие между моим велосипедом и авиалайнером — размеры некоторых компонентов. Возьмём типичный широкофюзеляжный дальнемагистральный самолёт, например **Airbus A350**. На нём установлены два двигателя массой более семи тонн каждый. Длина каждого — около пяти метров, а диаметр вентилятора, главного рабочего элемента, который мы видим в передней части двигателя, — около трёх метров. Крылья имеют длину по тридцать два метра, а комплект шасси — тормоза, колёса, шины и амортизаторы — весит более девятнадцати тонн.

Можно представить, какие внутренние логистические задачи приходится решать руководителю завода, чтобы перемещать все эти громадные детали и обеспечивать их сборку в правильной последовательности. Но, как и в случае велосипеда или телефона, многие компоненты изготавливаются вовсе не здесь, а на других предприятиях, после чего отправляются на окончательную сборку — в данном случае в Тулузу на юге Франции.

Геополитика логистики

Производить детали в разных местах — обычная практика. Однако в случае Airbus к этому добавляется ещё один фактор — **геополитика**, которая оказывает непосредственное влияние на устройство внешней логистики компании. Airbus возник в 1970-х годах как консорциум европейских авиастроительных компаний, когда стало очевидно: разработка современного дальнемагистрального пассажирского самолёта обходится настолько дорого, а сам он настолько сложен, что поодиночке европейские производители не смогут конкурировать с могущественной американской корпорацией Boeing.

Решение было вполне разумным. Вот только тем, кто отвечал за логистику, оно доставило немало головной боли.

Разделение работ между различными организациями, входящими в консорциум Airbus, означает, что крупные части самолёта производятся на разных заводах — причём многие находятся очень далеко и друг от друга, и от главного сборочного предприятия на юге Франции. Поэтому крупные компоненты A350 изготавливают в разных странах, после чего перевозят морем или специально переоборудованными самолётами в Тулузу для окончательной сборки.

Что именно приходится перевозить? Двигатели могут производиться и отправляться из США — если заказчик предпочитает двигатели GE, — или из Великобритании, если он хочет получить, так сказать, **Rolls-Royce среди авиационных двигателей**. В этом есть логика: изготовление реактивных двигателей — чрезвычайно специализированная область, и куда разумнее покупать их у профильных компаний, чем пытаться освоить производство самостоятельно. Учитывая размеры самолётных крыльев, можно было бы предположить, что их разумнее производить непосредственно в Тулузе или неподалёку — ведь перемещать конструкцию весом более двадцати тонн, длиной тридцать метров и шириной шесть метров — удовольствие сомнительное.

Но нет. Крылья производят почти в семистах милях от Тулузы — в Уэльсе. Оттуда их специальным самолётом доставляют в Бремен, в Германию, где устанавливают системы механизации крыла — закрылки и предкрылки, позволяющие самолёту лететь на малых скоростях, — после чего крылья наконец отправляются на юг Франции для установки на самолёт. И крылья — далеко не единственные путешественники. Заднюю часть фюзеляжа и вертикальное хвостовое оперение производят на севере Германии, горизонтальное оперение — в центральной Испании, а шасси — в Великобритании или Канаде, в зависимости от конкретной версии A350.

Координация всей этой географически рассредоточенной системы осуществляется с поразительной точностью. Одним

из результатов столь успешной работы стала процветающая европейская аэрокосмическая промышленность, в которой занято более 400 000 человек. А мы с вами, когда нам требуется перелететь из одного места в другое, можем пользоваться надёжными и безопасными самолётами, производимыми по цене, позволяющей авиакомпаниям оставаться прибыльными.

Иногда цепочке поставок необходимо охладиться

Однако не только количество, сложность или размеры компонентов превращают управление внешней логистикой в серьёзную головную боль. Что делать, если сырьё, компоненты или готовая продукция должны сохранять строго определённую температуру на всём пути — от исходного материала до производства, а затем до потребителя? Для перевозки подобных товаров необходима особая система поставок, известная как **холодовая цепь**. Холодовой цепью называют систему транспортировки и хранения чувствительных к температуре грузов. Это настолько специализированная область логистики, что у неё существуют собственные профессиональные организации — например, британская Cold Chain Federation.

Если перевозится пищевой продукт вроде мороженого, на всём пути от производителя до потребителя его необходимо постоянно поддерживать при температуре ниже **-18 °C**. От завода до грузовика, от грузовика до распределительного центра, оттуда — в другой грузовик и далее в супермаркет: **холодовая цепь не должна прерываться**. Если на каком-либо этапе температура хотя бы ненадолго поднимется выше **-18 °C**, внутри продукта могут образоваться кристаллы льда, которые испортят удовольствие покупателя и, чего доброго, спровоцируют гневную тираду в социальных сетях, наносящую ущерб бренду.

Для других товаров небольшое потепление в дороге может привести к куда более серьёзным последствиям — уже для

здоровья доверчивого потребителя. Достаточно вспомнить морепродукты или вакцины. Такие организации, как Cold Chain Federation, помогают логистическим компаниям обеспечивать полное соответствие самым современным законодательным и санитарным требованиям — причём следят не только за температурой продукции, но и за тем, чтобы сотрудники сами не замёрзли на работе. Разумеется, перед теми, кто управляет холодовой логистикой, стоит серьёзный вопрос: как уменьшить воздействие всех этих охлаждаемых грузовиков и распределительных центров на окружающую среду?

Помимо очевидных решений — например, перехода на возобновляемые источники энергии, — сами производители продуктов ищут способы снизить необходимость в интенсивном охлаждении при перевозке. Например, компания Unilever недавно разработала мороженое, которое сохраняет стабильность уже при -12°C , а не при -18°C . На первый взгляд разница невелика. Но благодаря этому энергопотребление морозильников для мороженого удалось снизить на **25 процентов**. Более того, в благородном порыве Unilever сделала патент на новую рецептуру мороженого свободно доступным для других производителей.

Эти три примера — телефон, самолёт и мороженое, — вместе с историей сравнительно простого велосипеда, надеюсь, дали вам представление о той невероятной сложности и профессиональном мастерстве, которые скрываются за довольно унылым термином **«внешняя логистика»**. Прямо сейчас буквально миллионы людей во всех странах мира планируют и координируют, перевозят морем и по воздуху, обслуживают и совершенствуют, упаковывают и сортируют — всё ради того, чтобы каждая часть этой гигантской **«системы систем»** работала почти безупречно, заводы продолжали выпускать продукцию, а мы, потребители, оставались довольны.

То, что эта колоссальная система внешней логистики практически всё время действительно работает, — одно из

самых поразительных чудес современного производственного мира. Итак, теперь вы почти готовы ответить на вопрос инопланетян. Надеюсь, у вас уже сложилась картина того, как мы перемещаем вещи и зачем это делаем. Однако прежде чем собирать записи и нервно ждать вызова на аудиенцию к пришельцам, нам необходимо разобраться ещё с одним вопросом:

Всегда ли человечество перемещало такое невероятное количество вещей?

Как мы одновременно уменьшили и увеличили производственный мир

В 1997 году моя докторская диссертация была «почти закончена» — но деньги у меня закончились вполне окончательно. Чтобы решить эту проблему, требовалась подработка. Мой научный руководитель услышала, что одному из её коллег нужен ассистент-исследователь. Когда мне за чашкой растворимого кофе в подвальном помещении инженерного факультета дождливым пятничным вечером объяснили суть работы, она прозвучала довольно заманчиво: я мог присоединиться к проекту, посвящённому исследованию явления под названием **«международная мобильность производства»**.

Судя по моему откровенно туповатому выражению лица, термин ничего мне не сказал, поэтому Майк, вскоре ставший моим начальником, терпеливо объяснил подробнее. Мне предстояло посещать заводы и подробно фиксировать, как тот или иной продукт производится в одном месте, чтобы затем точно такой же продукт можно было выпускать в другом. Намекнули, что этими «другими местами» станут Китай, США и Мексика. Перспектива международных поездок звучала чрезвычайно заманчиво, и я с энтузиазмом подписался. Однако несколько дней спустя, когда я на арендованной машине проезжал через дыру в ржавом сетчатом заборе к наполовину снесённому заводскому

комплексу в одном из прихордивших в упадок уголков британского промышленного сердца, меня начали терзать подозрения, что вакансию мне, возможно, слегка приукрасили.

Оглядываясь назад, я понимаю: тогда я сыграл микроскопически малую роль в одном из этапов огромной и до сих пор продолжающейся трансформации мирового производства, начавшейся задолго до того.

От «делаем всё сами» к аутсорсингу

Генри Форд преобразил автомобилестроение. Он стал знаменит во всём мире благодаря тому, как организовал производство: стоило кому-нибудь произнести слова **«сборочный конвейер»**, как почти неизбежно следовало: — А, ну да, как у Генри Форда с Model T. Но на заре крупномасштабного промышленного производства в начале XX века Форд — как, впрочем, и многие другие — сделал ещё кое-что. Чтобы Ford Motor Company всегда имела доступ ко всему необходимому, компания старалась почти всё производить самостоятельно. У Форда были собственные сталелитейные заводы для производства стали, из которой делали кузова автомобилей, стекольное производство для изготовления ветровых и боковых стёкол и даже собственные лесные угодья, обеспечивавшие надёжные поставки древесины для других компонентов.

И это касалось не только деталей. Ford содержал собственный парк грузовиков для доставки, собственные столовые для рабочих, собственные службы обслуживания клиентов и, по сути, почти всё остальное. Такой подход называется **вертикальной интеграцией**: все материалы и этапы производства на пути от идеи до готового продукта принадлежат компании, выпускающей этот продукт. Вертикальная интеграция позволяет производителю контролировать практически всё и не тратить силы на бесконечную возню с поставщиками, споры о ценах и

нервотрёпку из-за того, что очередная партия деталей не прибыла вовремя.

При вертикальной интеграции всё находится под вашим контролем. Однако есть и обратная сторона. Что происходит, когда мир меняется? Вернёмся к ранним автомобилям Форда. Представьте следующую ситуацию. Первые автомобили заводили рукояткой. Каждый раз, отправляясь в поездку, водитель получал бесплатную физическую разминку с некоторым элементом риска: вполне можно было вывихнуть плечо или сломать большой палец. И вот кто-то изобретает электрический стартер. Вы понимаете, что вашим покупателям такая штука наверняка понравится.

Вот только делать электростартеры вы не умеете. Если придерживаться вертикальной интеграции, можно создать инженеров, велеть им разобраться, как устроен стартер, и построить производственную линию. Можно поручить финансистам найти компанию, выпускающую стартеры, и скупить достаточное количество её акций, чтобы включить её в состав Ford Motor Company. А можно просто обратиться к одной из уже существующих компаний и попросить поставлять вам эти новомодные устройства. Последний вариант и называется **аутсорсингом**. Именно широкое распространение такого подхода со временем радикально изменило то, как мы производим вещи.

Сегодня, если посмотреть на Ford или практически любого другого автопроизводителя, окажется, что большая часть компонентов автомобиля произведена вовсе не им. Их выпускает сеть из сотен, а в некоторых случаях — тысяч поставщиков, каждый из которых специализируется на каком-то определённом виде продукции.

Как сделать расстояние дешёвым

Аутсорсинг — первое из двух крупнейших явлений, преобразивших внешнюю логистику. Второе — **глобализация**. Чтобы понять её происхождение, снова обратимся к истории — на этот раз к 1950-м годам, когда

американский предприниматель в сфере грузоперевозок Малкольм Маклин пытался совершить революцию в судоходстве. Маклин преобразил транспортную отрасль идеей настолько простой и логичной, что невольно задаёшься вопросом: почему до этого не додумались раньше? Вместо того чтобы мучительно перегружать отдельные товары с корабля на поезд, с поезда на грузовик и обратно, почему бы не складывать всё в большие металлические ящики и перевозить уже сами ящики?

Но Маклин понимал: чтобы эта на первый взгляд простая идея заработала, необходимы стандартизация и сотрудничество. Следовало убедить всю грузовую отрасль согласиться на единый стандарт контейнеров, чтобы их можно было без проблем переносить с корабля на грузовик или железнодорожную платформу. Судостроителям пришлось создавать суда, рассчитанные на контейнерные грузы. Портам понадобились новые краны. Да и сами порты пришлось перестраивать так, чтобы контейнеры могли быстро поступать туда и покидать их. Но если всё это удалось организовать, возникает то, что называется **интермодальной системой грузовых перевозок**.

И тогда перевозить огромное количество товаров на большие расстояния становится гораздо проще — и, что особенно важно, гораздо, гораздо дешевле. А если перевозки обходятся дёшево, производство можно размещать на заводах далеко от рынка — например, там, где намного дешевле рабочая сила, — а затем доставлять готовые товары потребителям за тысячи километров. Производство стало возможно рассредоточивать и координировать в глобальном масштабе. В результате аутсорсинга и глобализации географический «след» множества производственных систем растянулся по всей планете.

И эта эволюция имела долгосрочные и чрезвычайно серьёзные последствия для того, каким образом разные

государства создают богатство, лежащее в основе их экономики.

Как некоторые страны разучились производить вещи

Когда-то крупные индустриальные страны производили товары у себя дома и отправляли их за рубеж. Затем заводы начали переносить туда, где рабочая сила обходилась дешевле или где имелись специалисты с необходимыми навыками. Если же транспортные расходы были велики, становилось выгоднее производить товар «ближе к рынку». Иногда государство, в котором компания хотела продавать свою продукцию, прямо требовало организовать производство на его территории и пользоваться услугами местных поставщиков. Почему? Потому что это позволяло стране укреплять собственную экономику, развивая местную промышленную инфраструктуру.

В последние годы многие крупные компании уже думают не столько о том, какие именно заводы им принадлежат, сколько о доступе к тому, что звучно именуется **производственными возможностями** — то есть к нужному сочетанию квалифицированных людей и оборудования, способных произвести конкретную вещь. При таком подходе производитель избавляется от головной боли, связанной с самостоятельным управлением заводами, и вместо этого становится своего рода дирижёром оркестра из других компаний — обладающих нужными компетенциями и расположенных где угодно, — которые производят и поставляют его товары.

В разгар всех этих тектонических преобразований производственные возможности оказались разбросаны по всему миру. А чтобы всё это работало, кто-то должен был понять, как устроено производство на одном заводе, а затем объяснить человеку на другом конце света, как делать то же самое. Этот кто-то должен был приезжать на предприятия, многие из которых десятилетиями являлись сердцем

процветавших местных сообществ, но теперь готовились к закрытию. И, оказавшись там, он должен был беседовать с людьми, проработавшими на заводе много лет, и добиваться от них подробного объяснения того, что именно они делают, — чтобы затем человек в другой стране мог выполнять их работу вместо них.

А эти люди лишились бы работы. Одним из таких людей был я. Сидя промозглым ноябрьским утром 1997 года на парковке рядом с полуснесённым заводом и набираясь мужества перед разговором с высококвалифицированными и вполне объяснимо враждебно настроенными рабочими, я начал всерьёз пересматривать некоторые свои жизненные решения.

Чепуха постиндустриализации

Конец прошлого тысячелетия стал эпохой поразительных перемен в промышленности. Некоторые экономисты считали происходящее естественной и благотворной эволюцией экономики. Они с восторгом рассказывали о том, насколько закономерно и разумно превращение отдельных стран в **«постиндустриальные экономики»**. Что это вообще означало? Экономист Ха-Джун Чанг пишет, что в 1990-е годы считалось гораздо разумнее оставить промышленное производство странам с низкими зарплатами, таким как Китай, а богатым государствам сосредоточиться на **«высококласных услугах»** — финансах, информационных технологиях и управленческом консалтинге.

Швейцарию и Сингапур приводили как образцы стран, способных процветать в такой постиндустриальной модели. Но, утверждает Чанг, это попросту неверно. На самом деле самая индустриализированная экономика мира — если измерять объём промышленного производства на душу населения — это...

Швейцария.

А второе место в рейтинге индустриализированных экономик занимает?

Сингапур.

Несмотря на это, правительствам Великобритании и США в 1990-е годы идея постиндустриальной экономики казалась чрезвычайно привлекательной. Обе страны начали отходить от «традиционной» промышленности, а государственная политика всё больше концентрировалась на преимуществах сектора финансовых услуг и развитии того, что получило название «экономика знаний». Одна из ключевых идей экономики знаний заключается в создании идей, которые можно юридически защитить, а затем лицензировать другим для практического использования.

Вам необязательно самим что-либо производить. Вы позволяете другим компаниям выпускать товары на основе ваших идей — и каждый раз получаете за это деньги. Когда такая модель работает, она способна приносить колоссальный результат. Прекрасный пример — компания **ARM**, проектирующая микропроцессоры, лежащие в основе 95 процентов всех наших мобильных устройств. При этом сама ARM физически не изготовила ни одного из более чем **250 миллиардов микросхем**, созданных по её разработкам. Другие компании платят ARM за право производить эти чипы.

Каждая выпущенная микросхема — а большинство их, как мы увидим позднее, производится на Тайване — приносит ARM доход. В результате в 2024 году стоимость ARM оценивалась более чем в **150 миллиардов долларов**. Но невозможно построить целую устойчивую экономику исключительно на ARM, инвестиционных банках и управленческих консультантах. Как формулирует Ха-Джун Чанг:

«...способность конкурентоспособно производить промышленные товары по-прежнему остаётся

важнейшим фактором, определяющим уровень жизни страны».

Теперь, взглянув на мировую производственную логистику с высоты птичьего полёта, мы яснее понимаем, что имеется в виду, когда производство называют **сложной системой**, то есть системой, «состоящей из множества различных, но взаимосвязанных частей». Необходимо синхронизировать движение огромного количества этих «различных, но взаимосвязанных частей» — как внутри предприятий, так и за их пределами. Сначала мы рассмотрели перемещение вещей внутри завода. Теперь увидели, насколько тщательно приходится синхронизировать всё происходящее за его воротами, чтобы производственные процессы могли течь непрерывно.

На протяжении веков мир производства становился всё сложнее и совершеннее. Экономике развивались благодаря техническому прогрессу — от производства энергии до обработки информации, связи и транспорта, — а также благодаря общественным изменениям: качество нашей жизни выросло, и теперь нам требуется всё больше вещей. И, конечно, благодаря взаимодействию этих двух процессов. В результате производственные системы дошли до такой стадии, что критически зависят от беспрепятственного, быстрого и дешёвого перемещения по планете **миллиардов предметов**.

Однако создание и функционирование этой умопомрачительно сложной и взаимосвязанной логистической системы породило ряд весьма впечатляющих непредвиденных последствий.

Когда хрупкие цепочки поставок рвутся

23 марта 2021 года **Ever Given** — грузовое судно водоизмещением около 200 000 тонн и длиной четыреста метров, на борту которого находилось более восемнадцати тысяч TEU-контейнеров, — каким-то образом умудрилось

встать поперёк Суэцкого канала. А канал этот пугающе узок, притом что через него проходит около **30 процентов мировых контейнерных перевозок**, что соответствует примерно **12 процентам всей мировой торговли** — товарам стоимостью порядка **одного триллиона долларов**. Канал настолько узок — или, точнее, современные суда стали настолько огромными, — что на отдельных его участках движение возможно лишь в одном направлении.

Потребовалась неделя лихорадочных усилий, чтобы снять Ever Given с мели и вновь открыть канал. За это время, по оценкам, ежедневно задерживалась торговля примерно на **10 миллиардов долларов**. Пока канал оставался заблокированным, суда, следовавшие между Европой и Азией, вынуждены были огибать южную оконечность Африки, увеличивая путь более чем на пять тысяч километров и примерно на десять дней. Случай с Ever Given наглядно показал, насколько хрупкой стала наша глобальная логистическая сеть. Одно решение одного человека на мостике одного-единственного судна способно мгновенно вывести из строя огромный участок всей системы.

Наша замечательная глобальная интермодальная производственная система временами оказывается **обоюдоострым мечом**. Мы, потребители, получаем возможность покупать колоссальное разнообразие качественных товаров по низким ценам. Но история Ever Given показывает, что происходит, когда в этой системе что-нибудь ломается. Можно, конечно, сказать: ну и что, если новый телевизор или наушники придут на десять дней позже? Не такая уж беда. А если задержавшиеся корабли перевозят жизненно необходимые медикаменты? Или компоненты для крупного инженерного проекта, без которых работы просто невозможно продолжить?

Но хрупкость — увы — далеко не единственная серьёзная проблема этой системы.

Подлинная цена производства далеко от дома

Ещё одно непредвиденное следствие нашей якобы сверхэффективной, предельно «бережливой» системы перемещения вещей состоит в том, что она, по иронии судьбы, оказывается чрезвычайно расточительной. Возьмём пример, на первый взгляд совершенно абсурдный. Благодаря дешевизне перевозок при определённых экономических условиях оказывается выгодно выловленную у побережья Шотландии рыбу отправлять за тысячи километров в Китай для переработки, а затем везти обратно, чтобы продать в британских супермаркетах. С экономической точки зрения такое решение может казаться разумным.

Но оно игнорирует то, что экономисты называют **внешними эффектами** — **externalities**. Внешний эффект возникает тогда, когда ваши действия затрагивают кого-то или что-то ещё. Загрязнение окружающей среды, возникающее из-за перевозки замороженной рыбы между Шотландией и Китаем, — пример **отрицательного внешнего эффекта**. Для компании-переработчика это не проблема. Для британского покупателя — тоже: цена рыбы снижается. Но её перевозка приводит к загрязнению окружающей среды, то есть наносит ущерб всем остальным жителям планеты, которые никакой выгоды от снижения стоимости этой рыбы не получают.

Ежедневное перемещение по миру сырья, компонентов и готовой продукции создаёт мегатонны такого загрязнения. Получается, что наша поразительно экономичная система фактически нарушает один из фундаментальных принципов бережливого производства:

отходы и потери необходимо устранять любой ценой.

А внешние эффекты — тоже разновидность потерь. Что же можно сделать, чтобы снизить экологический ущерб от бесконечного перемещения вещей? В сущности, есть два пути.

Во-первых, перевозить вещи на меньшие расстояния.

Во-вторых, если перевозить всё-таки необходимо, делать это более экологичным способом.

Чем полезны более короткие цепочки поставок

Вариант **«перевозить меньше»** означает сокращение длинных цепочек поставок — проще говоря, производить товары ближе к тому месту, где они понадобятся. Звучит просто. Но, как мы уже видели, существует множество веских причин, по которым некоторые товары производятся именно в определённых местах. Изменения геополитической обстановки способны создавать для производителей чрезвычайно высокий уровень неопределённости. Компании начинают нервничать, когда понимают, что критически важные участки их цепочек поставок чрезмерно сосредоточены в странах, где ситуация по тем или иным причинам становится... скажем так, **«сложной»**.

Неопределённость заставляет сравнивать риски. А это может привести к решению перенести производство или сменить поставщиков, выбрав более стабильные территории. Есть и ещё одна причина пересмотреть последствия аутсорсинга и глобализации. Ещё в 2009 году гарвардские профессора Гэри Пизано и Вилли Ши, исследуя американскую экономику, заметили:

«Сегодняшнее низкотехнологичное производство несёт в себе семена завтрашних инновационных продуктов».

Это возвращает нас к рассуждениям экономиста Ха-Джуна Чанга. Идея экономики знаний сама по себе прекрасна. Но у способности **самому производить то, что ты изобрёл**, есть вполне реальные преимущества. А для этого очень полезно поддерживать тесную связь между людьми, которые придумывают новейшие идеи, и теми, кто затем превращает их в реальные изделия. Если же всё производство передано

сторонним компаниям в далёких странах, вы постепенно — но неизбежно — начнёте терять собственную способность делать вещи. И однажды утраченную способность восстановить чрезвычайно трудно.

Национальная способность производить товары связана с понятием **industrial commons** — **промышленного общего достояния**. В основе этого термина лежит старинная идея общинных земель. Если в деревне существует общий луг, на котором каждый может пасти свой скот, польза от него распространяется на всё сообщество. Точно так же наличие поблизости сети квалифицированных производителей и поставщиков приносит пользу всем. Но если квалифицированные специалисты и компетентные поставщики обнаруживают, что их услуги больше никому не нужны, потому что всё производится в далёкой-далёкой стране, они займутся чем-нибудь другим.

И постепенно промышленное общее достояние страны постигнет судьба деревенского луга, на котором сначала перестала расти трава, а потом его вообще заасфальтировали под автостоянку. Слова Пизано и Ши вызвали множество одобрительных кивков — но не слишком много конкретных действий. Когда политиков спрашивали, беспокоит ли их исчезновение промышленного общего достояния, многие просто пожимали плечами и отвечали примерно следующее: — Ну что поделаешь, глобализация. Зато посмотрите, какими дешёвыми стали все эти электронные штучки!

А до финансового кризиса конца 2000-х к этому ещё добавляли: — И посмотрите, насколько сильным и стабильным стал наш сектор финансовых услуг! Однако глобальный финансовый кризис, конфликты и пандемия довольно грубо пробудили всех ото сна. И к 2023 году те же самые политики уже громко говорили о важности **устойчивости цепочек поставок** и необходимости возвращать производство домой — заниматься **решорингом**. Недавние опросы показывали, что **70–80**

процентов американских и европейских производственных компаний собирались перенести хотя бы часть производства обратно в свою страну или ближе к ней.

Как мы уже убедились, практических трудностей при переносе производственных операций с одного места на другое хватает. Чтобы заставить завод по-настоящему хорошо работать в конкретном месте, приходится вкладывать огромные средства, время и силы. А когда пытаешься перенести столь сложную систему в другое место, возникает целый спектр затрат и рисков. Ни одна компания не станет затевать такое предприятие легкомысленно. И, как это часто бывает в жизни, стоит лишь немного поскрести поверхность — и всё оказывается сложнее, чем казалось.

Сократить расстояние между местом производства и местом потребления можно не одним способом. Есть обычный **репшоринг** — возвращение производства домой. Есть **ниаршоринг** — **near-shoring**: производство возвращают не совсем домой, а просто перемещают поближе. Есть **френдшоринг** — **friend-shoring**: производство может оставаться далеко, но его переносят в страну, которая скорее союзник, чем потенциальный противник. И наконец, существует **гриншоринг** — **green-shoring**: производство возвращают ближе прежде всего ради снижения воздействия на окружающую среду.

Возможна ли логистика с нулевыми выбросами?

Если мы всё-таки вынуждены перевозить сырьё, компоненты и готовую продукцию на большие расстояния, что можно сделать, чтобы уменьшить ущерб окружающей среде? Создано огромное количество стратегических программ, дорожных карт и компьютерных моделей, показывающих, как можно сократить загрязнение, создаваемое наземным, воздушным и морским транспортом.

Для морских перевозок — а именно море остаётся главным способом перемещения грузов на большие расстояния — рассматривается множество вариантов. Можно вернуться к энергии ветра.

Можно переходить на электрическую или водородную тягу. Можно устанавливать разнообразные очистительные устройства на судовые выхлопные системы. Большая работа ведётся и над сокращением загрязнения, создаваемого судами во время стоянки в портах, а также всей техникой, используемой при погрузке и разгрузке. Будучи человеком несколько занудно-технического склада, я с удовольствием читал разнообразные стратегические документы и смотрел видеоролики о судах с нулевыми выбросами. Но меня чрезвычайно удивило, когда выяснилось, что самое значительное нововведение, до сих пор внедрённое в морских грузоперевозках, — изменение, оказавшее наибольший эффект, — поразительно просто.

Нужно сказать капитанам судов, чтобы они шли немного медленнее.

Вот и всё. Расчёты показали: снижение скорости на **20 процентов** уменьшает выбросы CO₂ на **34 процента**. Разумеется, товары будут прибывать несколько позже. Но так ли это важно? Мы чрезвычайно привыкли к скорости доставки и долгое время считали, что потребителям будет трудно отказаться от неё. Однако оказалось, что многие люди совершенно не возражают подождать покупку на несколько дней дольше. А что насчёт других видов транспорта в глобальной интермодальной системе? Железная дорога остаётся одним из самых экологичных способов перевозки: примерно **24 г CO₂ на тонно-километр**, против **137 г CO₂** у автомобильных грузовиков и **1 036 г CO₂** у грузовой авиации.

Появляются электрические и водородные грузовики. Правительства Великобритании и США взяли обязательство к **2040 году** перейти на грузовые автомобили с нулевыми

выбросами. Правда, есть небольшая разница. Соединённые Штаты создали для реализации этих планов инфраструктурный инвестиционный фонд в размере **7,5 миллиарда долларов**. Великобритания выделила несколько более скромные **200 миллионов фунтов**. И остаются авиаперевозки. Над уменьшением климатического воздействия авиации ведётся огромная работа, но здесь возникает сложный комплекс противоречий.

Как сопоставить экологический вред от авиаперевозок с тем, что для жителей бедных стран экспорт продукции по воздуху является важным источником средств к существованию? Клэр Меламед из благотворительной организации ActionAid прекрасно сформулировала эту дилемму: Торговля фруктами и овощами, доставляемыми из Африки в Великобританию, создаёт всего 0,1 процента всех британских выбросов. Поэтому запрет, скажем, на органическую зелёную фасоль из Кении или сахарный горох из Замбии практически не повлияет на общий углеродный след Великобритании. Однако от этой торговли зависит жизнь множества бедных людей в Африке. Для них запрет воздушных перевозок органической продукции означает меньше детей в школах, меньше инвестиций в малый бизнес, более медленное развитие экономики и большую бедность.

Сегодня вся наша система производственной логистики подвергается всё более пристальному изучению. Для морских, автомобильных и воздушных грузоперевозок устанавливаются цели по достижению **чистого нулевого уровня выбросов** — правда, сроки их достижения варьируются и зачастую обладают несколько разочаровывающей гибкостью. Итак, теперь у вас есть ответ на вопрос, который инопланетяне задали нам в начале главы:

Мы так много перевозим вещей потому, что отчаянно пытаемся повысить эффективность, сократить потери и обеспечить людей всем необходимым для жизни.

Благодаря этой системе качество жизни миллионов людей улучшилось. Но, стремясь к эффективности, мы невольно создали систему производства и перемещения вещей, которая одновременно чрезвычайно хрупка и разрушительна для планеты. И всё же мы продолжаем ею пользоваться, потому что нам очень нравится быстро получать по низкой цене до смешного огромное разнообразие товаров. Подозреваю, услышав такой ответ, инопланетянин приподнимет бровь — или её внеземной эквивалент — и задумается, не внести ли Землю в список планет, население которых окончательно утратило здравый смысл.

Однако мне хочется верить, что заносить нашу планету в этот список пока рановато. Потому что, как мы уже мельком видели и как ещё подробнее увидим во второй половине этой книги, ситуация, похоже, всё-таки начинает меняться к лучшему. Прежде чем рассматривать, каким образом эта система сегодня преобразуется, нам нужно разобраться ещё с одной вещью. Остаётся последний элемент производственного мира, который необходимо понять. И связан он с одним фундаментальным вопросом:

как производители узнают, что именно нужно или хочется нам с вами — и, следовательно, что им следует производить?

Чтобы начать искать ответ, я хочу показать вам нечто удивительное, произошедшее за кулисами подготовки Великобритании к коронации короля Карла III в 2023 году.

4. Спрос

Как производители выясняют, чего мы хотим?

Такого не случалось уже семьдесят лет, и я решил, что посмотреть стоит. Коронация нового британского монарха — что ни думай о королевской семье — зрелище всё-таки незаурядное. Возможно, Великобритания сегодня и пытается нащупать своё место в меняющемся мире, но уж в чём мы по-прежнему непревзойдённы, так это в пышности и церемониале. За слаженным движением красного, золотого и серебряного, за всей сложнейшей логистикой — человеческой и конной, — необходимой, чтобы будущий монарх в нужный момент оказался на достаточно величественном сиденье, в подобающем облачении и готов был принять на голову тяжёлую, усыпанную драгоценностями корону, скрывалась поразительная работа производителей.

И то, **как** всё это было изготовлено, наглядно показывает нечто важное: каким образом те, кто создаёт вещи, взаимодействуют со своими заказчиками.

Иногда покупатель точно знает, чего хочет

Вопрос: кто шьёт парадную форму для британских вооружённых сил? Ответ: британская производственная компания **Firmin House**, основанная ещё в 1655 году. Сегодня Firmin House управляют представители семьи Кашкет, чьи русские предки изготавливали фетровые шляпы для царя Николая II. Революция разом лишила их главного рынка, заставив искать новые возможности, и семья перебралась в Великобританию. Ныне деятельность компании охватывает самые разные направления: от индивидуального пошива до бронежилетов, от медалей до пуговиц, от форменной одежды

до так называемой «конской амуниции». Для нас же сейчас особенно важна её работа над парадными мундирами.

Подготовка формы к коронации Карла III показывает один из самых простых способов, каким производитель решает, что именно ему выпускать. За несколько месяцев до коронации заказчик — в данном случае Министерство обороны Великобритании — связался с Firmin House и задал вопрос примерно такого содержания: — Сможете изготовить парадную форму для шести тысяч военнослужащих и закончить всё к 6 мая 2023 года? Господин Кашкет и его команда, вероятно, дружно почесали головы, посмотрели, сколько у них станков и работников — то есть каковы их производственные мощности, — поговорили с поставщиками красного сукна, латунных пуговиц, золотого галуна и прочих весьма специфических материалов — то есть проверили свою цепочку поставок, — изучили остальные заказы, уже находившиеся в работе, обсудили цены и решили, стоит ли браться за этот заказ.

Неудивительно, что они решили: стоит. И великолепный, ослепительно яркий результат сотен часов их труда увидели миллионы людей по всему миру, наблюдавшие за коронацией. Но чаще всего производители столь точных инструкций не получают. Очень часто будущий спрос остаётся неопределённым: такие покупатели, как вы и я, сами толком не знают, чего именно хотят. Поэтому производителям приходится угадывать, **что** в конечном счёте понадобится покупателю и **когда** ему это понадобится. А делать это точно и стабильно чрезвычайно трудно.

Как мы уже знаем, лучше всего фабрика работает тогда, когда всё идёт плавно, синхронно и предсказуемо. Если вы точно знаете, что и в каком количестве должны изготовить, довольны и ваши поставщики: им известно, что и когда нужно вам привезти. Предсказуемость позволяет руководителям производства заставить все элементы системы работать в согласии, а работникам цеха — находить более эффективные способы выполнения задач.

Производительность растёт. Короче говоря, всё становится лучше. Есть только одна ложка дёгтя, мешающая этой идеальной системе работать безупречно, — **капризный покупатель**.

Если бы только мы все не были столь иррациональными, непоследовательными и легко поддающимися чужому влиянию... Так как же производители выясняют, чего на самом деле хотят покупатели? Для начала останемся в мире одежды и перенесёмся в небольшую английскую деревню времён, предшествовавших промышленной революции.

От индивидуального изготовления — к массовому

Жизнь тогда была проще. Не обязательно лучше — средняя продолжительность жизни составляла около сорока лет, причём проходили они зачастую в бедности и антисанитарии, — но определённо проще. Представьте: ваши брюки протёрлись и вам нужны новые. Вы могли либо сшить их сами — при условии, что обладали нужными навыками, материалами и инструментами, — либо найти портного и выменять или купить у него новую пару. Иными словами, вы либо обходились собственными силами, либо получали вещь, изготовленную специально для вас. А если что-нибудь ломалось или рвалось, это чинили, а не выбрасывали.

Затем пришли первые две промышленные революции — и всё резко изменилось. Использование энергии воды и пара, развитие станков и взаимозаменяемых деталей позволили строить фабрики, способные штамповать огромные объёмы продукции. Но чтобы вся эта продукция находила покупателей, нельзя было просто сидеть и ждать, пока людям что-нибудь понадобится. Их следовало убедить, что ваш товар **им необходим**. Говоря совсем просто, пришлось изобрести общество потребления и «планируемое устаревание» — иначе всё то, что сходило с фабричных линий, некому было бы покупать.

В современном мире возможность сделать вещь самостоятельно по-прежнему существует. Те, у кого достаточно денег, могут обратиться к портным с Сэвил-Роу и заказать одежду, сшитую исключительно для них. Но для подавляющего большинства покупателей — приобретают ли они высокую моду или fast fashion — одежду сначала производят, а уже потом продают. А чтобы делать это успешно, приходится думать очень серьёзно.

Почему так трудно уравновесить спрос и предложение?

В песне **Keep the Customer Satisfied** Пол Саймон и Арт Гарфанкел удивительно точно выразили мысль, постоянно сидящую в голове любого руководителя производства: **клиент должен быть доволен**. Правда, они несколько недоговорили, почему добиться этого так трудно, и, к сожалению, совсем не углубились в бизнес-стратегии, позволяющие решить эту задачу. Так в чём же трудность? Чтобы разобраться, я предлагаю вам по очереди взглянуть на ситуацию глазами четырёх разных людей — на примере современной обувной торговли.

Покупатель

Вы наклоняетесь, чтобы надеть обувь, и замечаете: она уже не просто выглядит потрёпанной — она буквально разваливается. Вам немного грустно: это ваша любимая пара, она верой и правдой служила вам много лет. Вздохнув и поняв, что ремонт уже не поможет, вы смиряетесь с необходимостью купить новую обувь. Допустим, покупать через интернет вы не хотите. Значит, вам хотелось бы зайти в удобно расположенный магазин и сразу увидеть там идеальную замену: нужную модель, нужного цвета, вашего размера, по подходящей цене. И чтобы всё это в приятной обстановке, с улыбкой, тут же передали вам в руки.

Управляющий магазином

Вам хочется, чтобы покупатели приходили равномерным потоком, а весь персонал был постоянно занят их обслуживанием. Вы не хотите платить аренду за огромные складские помещения, заполненные множеством видов обуви, которая неизвестно когда продается. Хотелось бы, чтобы всё оборудование магазина — сиденья для примерки, странная штучковина для измерения стопы, которой большинство покупателей не пользовались с детства, кассовая техника — постоянно использовалось и занимало как можно меньше места. В идеальном мире обувь и средства по уходу за ней проводили бы на складе и полках почти нулевое время: товар поступил — и тут же был куплен.

Каким бы разнообразным ни оказался спрос, хотелось бы, чтобы именно та обувь, которую ваш поставщик только что привёз, всякий раз идеально ему соответствовала.

Поставщик обуви

Вам нужно, чтобы фабрика работала максимально ровно, с минимумом колебаний. Поскольку большинство из нас не живёт в социалистической плановой экономике, где, возможно, существовала бы одна утверждённая модель обуви, различавшаяся лишь размерами, обувной фабрике приходится заранее выпускать множество моделей в расчёте на разные вкусы покупателей. В идеале вы хотели бы изготовить крупную партию одной модели, после чего целиком отправить её в несколько больших и удобно расположенных торговых центров с огромными складами.

Вам совершенно не хочется сидеть в постоянной готовности мгновенно изготовить и доставить конкретную модель конкретного цвета конкретного размера для конкретного покупателя в одном из тысяч магазинов, разбросанных по всей стране. И уж меньше всего вам хочется, чтобы магазины возвращали непроданные пары.

Продавец

Вы хотите спокойной, равномерной работы, когда всё необходимое для обслуживания покупателя находится под рукой. Возможно, вам даже хочется иметь время поговорить с клиентами и коллегами и чтобы между наплывами покупателей оставались паузы, позволяющие заняться бумажной и административной работой. А вот чего вам совсем не хочется, так это иметь дело с раздражённым человеком, которому приходится говорить: — Простите, вашего размера сейчас нет. Кажется, мы можем заказать, но ждать придётся несколько недель. Проблема очевидна.

Интересы всех участников тянут систему в разные стороны. Этот простой пример показывает главное противоречие, лежащее в основе любого производственного бизнеса: **как сбалансировать спрос и предложение — в работе фабрик, цепочках поставок и отношениях между производителем и потребителем.** Раньше мы в основном говорили о стороне предложения. Теперь разберёмся, почему сторона спроса столь мучительно трудно поддаётся контролю. Пытаясь понять, чего действительно хотят покупатели, любая производственная компания фактически решает три связанных вопроса:

Сколько изделий следует произвести?

Какие именно изделия следует произвести?

Как всё это может измениться со временем?

Всё, о чём мы говорили раньше — проектирование производственного процесса и выбор места изготовления продукции, — возможно только после понимания этих трёх параметров:

объёма, разнообразия и изменчивости спроса.

А для этого производителям приходится угадывать, что будет происходить в голове покупателя в будущем. Добро пожаловать в псевдонаучный мир **прогнозирования спроса.**

Прогнозы всегда ошибаются

Когда-то я оценивал бизнес-планы студентов, подававшихся на ежегодный конкурс предпринимательских проектов. Особенно хороши были студенты-инженеры: они приносили подробнейшие электронные таблицы и красивые графики, наглядно демонстрировавшие гигантский будущий спрос на продукты, которых ещё даже не существовало. Это были ясные, элегантные произведения чистой фантазии. Почему? Потому что реальных данных о том, сколько покупателей действительно откроют кошелёк и заплатят за их великолепный новый гаджет, который умеет делать «бип», не существовало.

Можно, конечно, опросить потенциальных покупателей: — Если бы такое устройство существовало, вы бы его купили? Но ответы на подобные вопросы печально известны своей ненадёжностью — особенно если речь идёт о принципиально новой вещи, которой люди никогда прежде не видели. Единственные действительно надёжные данные появляются тогда, когда покупатель уже **отдал деньги** за продукт или услугу. До этого всё остаётся угадыванием. Пусть информированным, изопрённым, основанным на данных — но всё-таки угадыванием. Так откуда производители берут прогнозы будущего спроса и в какой момент обретают достаточную уверенность, чтобы начать выпускать конкретный товар?

Они используют два вида хрустального шара.

Учимся у прошлого

Первый хрустальный шар основан на реальных, измеримых данных о том, что уже произошло. Кондитерская компания Cadbury точно знает, сколько единиц каждого своего продукта продала за многие годы, и потому может делать достаточно уверенные предположения на основе этих цифр. Например, видно, что продажи **Creme Egg** росли: с 9,72

миллиона штук в 2019 году до 10,86 миллиона в 2021-м, после чего слегка снизились — до 10,69 миллиона в 2023 году. На эту динамику, возможно, повлияла пандемия: во время локдаунов люди ели больше шоколада.

Точно так же Airbus располагает подробными данными о динамике своего портфеля заказов. Там хорошо видны подъёмы и спады спроса на самолёты разных размеров, отражающие сложнейшее сочетание социальных, экономических и геополитических факторов: отношение государств к свободному перемещению людей, реальные и ожидаемые цены на топливо, меняющиеся взгляды потребителей на экологичность различных видов транспорта. Исторические данные можно использовать для прогнозирования будущих предпочтений покупателей. Методы бывают от совсем примитивных — например, просто предположить, что в будущем люди будут вести себя так же, как в прошлом; в маркетинге это вполне официально называется **наивным подходом**, — до весьма сложных.

Продвинутые методы используют математическую обработку последовательностей чисел, пытаясь предсказать следующее значение. Разумеется, прошлые результаты вовсе не гарантируют будущих — ровно об этом предупреждает мелкий шрифт в рекламе инвестиционных продуктов. И всё же количественные методы весьма полезны производителям, работающим на относительно предсказуемых рынках. Они позволяют довольно хорошо оценивать будущий объём спроса и заранее подготовить фабрики и поставщиков. Но что делать, если данных о прошлом почти нет?

Именно с этой проблемой сталкивается любой производитель, намеренный вывести на рынок новый продукт.

Угадывая будущее

Иногда можно рассуждать так: — Ну, новый продукт X немного похож на старый продукт Y. Значит, возьмём данные по Y. Когда я писал этот абзац в июне 2023 года, Apple только что представила **Vision Pro** — свою гарнитуру виртуальной реальности. Как компании спрогнозировать, сколько людей захотят её купить? На рынке уже существуют другие VR-гарнитуры, значит, есть некоторые данные, на которые можно опереться. Но продукт Apple всё-таки отличается. Откуда компании знать, насколько хорошо продажи чужих устройств предскажут судьбу её собственного новомодного гаджета?

Ответ прост:

никак.

Иногда производитель выпускает нечто абсолютно новое — вещь, которой покупатель прежде никогда не видел. Тогда особенно трудно уверенно предсказать, чего он захочет. И прекрасный пример этого, возможно, прямо сейчас приклеен к вашему холодильнику или краю компьютерного монитора. В 1968 году учёный Спенсер Сильвер работал в американской компании 3М и пытался — безуспешно — создать сверхпрочный клей. Вместо этого у него получился состав, который лишь слегка липнул, но совсем не держал намертво. Несколько лет спустя его коллега Арт Фрай нашёл этому неудачному клею применение: с его помощью можно было временно закреплять закладки в сборнике церковных гимнов.

Решив, что наткнулись на золотую жилу, они объединились, изготовили партии таких «закладок» и раздали коллегам. Коллеги не впечатлились. Кому придёт в голову платить деньги за липкие клочки бумаги? Но после новых раздач бесплатных образцов люди постепенно поняли, насколько это удобно. И будто из ниоткуда появился **Post-it** — один из коммерчески успешнейших массовых

продуктов. Команды, создававшие Apple Vision Pro и Post-it в 3М, пытались понять потенциальный рынок одинаковым способом: **спрашивали людей**. И здесь есть два варианта:

спросить тех, кто, как вам кажется, может купить продукт; или спросить умных людей, как они думают, чего захотят покупатели. Первый вариант звучит прекрасно. Что вообще может пойти не так, если просто спросить потенциального покупателя? Введите в Google *failed product launches* — «провальные запуски продуктов» — и ответ станет очевиден. Проблема в том, что большинство из нас не слишком хорошо умеет представлять, чего захочет в будущем. На вопрос вроде: — Сколько пар джинсов вы, вероятно, купите за ближайшие двенадцать месяцев?

— мы ещё способны дать разумный ответ. Но когда речь идёт о чём-то совершенно новом, мы зачастую не имеем ни малейшего представления. Эту мысль хорошо выражает фраза, приписываемая Генри Форду:

«Если бы я спросил покупателей, чего они хотят, они ответили бы: более быструю лошадь».

Со вторым вариантом — спросить умных людей, чего захотят покупатели, — возникает новая проблема: этих умных людей ещё нужно найти. У производителей есть несколько способов. Можно спросить собственный отдел продаж — людей, которые, вероятно, лучше остальных знают покупателей, — какие новинки, по их мнению, окажутся востребованы. Можно заняться **сценарным планированием**: придумать гипотетическую ситуацию и спросить себя: — Если это произойдёт, возрастет ли спрос на наш продукт? Например:

Если нефть внезапно подорожает на 50 процентов, увеличится ли спрос на электромобили?

Есть и так называемые **исследования по методу Дельфи**. Для этого вовсе не нужно тащиться в Грецию и взбираться на Парнас в поисках мифической жрицы-прорицательницы.

Метод Дельфи — это структурированная процедура опроса широкой группы экспертов. Их мнения сопоставляют в несколько раундов, постепенно сводя различия к достаточно информированному общему представлению о будущем. Таким образом, производителям приходится иметь дело с двумя видами неизвестности. Первая возникает, когда компания пытается понять рынок нового продукта, которого потенциальные покупатели никогда прежде не видели.

Вторая — когда нужно понять, как изменится рынок уже существующего продукта под воздействием множества внешних факторов. Допустим, руководители производственных компаний — вроде Элисон из Fitzbillies или Иэна из Palm Paper — получили более-менее разумное представление о будущем спросе. Что делать, если он окажется слишком большим или слишком необычным для их производства? А если это всего лишь временный всплеск, реакция на который создаст фабрике массу краткосрочных проблем? Или наоборот: анализ предсказывает временное падение спроса, из-за которого работники и оборудование будут простаивать?

Элисон, Иэн и им подобные вовсе не пассивные участники этой игры. У них есть несколько козырей в рукаве.

Как управлять спросом

Есть особая разновидность неловкой тишины, которая накрывает большую лекционную аудиторию, когда ты задаёшь вопрос — и никто не отвечает. Ужасно хочется немедленно самому назвать ответ. Секунды тянутся. В ушах слышно собственное сердцебиение. — Суп? — неуверенно произносит чей-то голос из пустоты. И напряжение в аудитории наконец спадает. Это был прекрасный ответ на мой вопрос: — Что мог бы производить зимой пищевой производитель, выпускающий товары, которые хорошо

продаются летом — например мороженое или готовые салаты?

Такой продукт называется **контрциклическим**. В данном случае цикл определяется сезонами, но он может зависеть и от подъёмов и спадов экономики или от крупных событий вроде Рождества — особенно серьёзной головной боли для производителей игрушек. Контрциклические продукты — лишь один из множества способов, позволяющих производителю перестать пассивно подстраиваться под предполагаемый спрос и попытаться самому изменить наше поведение. Это называется **управлением спросом**. Самый простой и заметный инструмент управления спросом — реклама.

Люди не особенно хотят покупать ваш товар? Запустите рекламную кампанию или наймите инфлюенсеров в социальных сетях, чтобы повысить узнаваемость — а вместе с ней и спрос. Другие способы манипулировать покупателем — цена и система бронирования. Ожидается резкий скачок спроса? Производитель может ввести повышенную цену в часы или периоды пиковой нагрузки, чтобы часть покупателей отложила приобретение. Колебания спроса сглаживаются, и фабрика продолжает работать относительно равномерно. Но даже применяя такие хитрости, производитель обязан быть готов к переменам.

Он должен понимать, насколько быстро можно нарастить или сократить всё, о чём мы говорили прежде: производство внутри фабрики и мощности всей цепочки поставок.

Это уже мир **планирования производственных мощностей**.

Как управлять предложением

Авторы учебника Мишель Боден и Торбьёрн Нетланд очень точно сформулировали задачу, стоящую перед большинством производственных компаний: «За исключением редких особых обстоятельств, мы никогда не знаем в точности, каким будет спрос в будущем. Не

существует универсального ответа, который можно просто получить из математической формулы». Одним из таких «редких особых обстоятельств» была коронация Карла III: Рассел Кашкет получил от заказчика совершенно однозначные требования. Но даже тогда ему и его команде пришлось очень быстро подсчитать, способны ли они их выполнить.

Можно было прикинуть всё «на обороте конверта», опираясь на многолетний опыт управления Firmin House и сложившиеся отношения с поставщиками. А можно было действовать системно: построить модель или несколько сценариев, используя имеющиеся данные о технологических этапах изготовления продукции и известные мощности поставщиков комплектующих. На практике большинство производителей связывают потенциальные продажи с реальными возможностями компании, сочетая оба подхода. У этого есть название: **планирование продаж и операций** — *sales and operations planning*.

Будут заполняться электронные таблицы, над которыми станут часами сидеть люди; будут изучаться графики и столбчатые диаграммы. В хорошо работающей компании всё это не отдадут на откуп отдельной группе профессиональных «прищуривателей над таблицами». По крайней мере, не должны. В процессе должны участвовать представители всех подразделений — продажи, HR, финансы, производство, — чтобы использовать максимально широкий круг знаний. Однако даже такой целостный подход далеко не всегда даёт руководителю фабрики однозначный ответ.

Прогноз говорит, что нужно просто изготовить больше уже существующего продукта? Или необходима слегка изменённая версия? А может, пора создавать совершенно новый товар? Всплеск спроса — случайный и краткосрочный? Или перед нами начало устойчивого роста?

И как на основании всех этих данных решить, **что именно производить?**

Решаем, что и сколько производить

На стопке бумаг передо мной лежит ручка **Uni-ball Eye Micro UB-150**, изготовленная японской Mitsubishi Pencil Company Ltd. Подозреваю, что её выпускают методом, который называется **равномерным производством** (*level production*). Он основан на простой идее: даже если в течение года спрос то растёт, то падает, объём производства можно поддерживать примерно на одном уровне. В месяцы слабых продаж Mitsubishi Pencil Company продолжает выпускать ручки и отправляет их на склад. Когда же спрос превышает обычный объём производства, компания берёт готовые ручки со склада и удовлетворяет повышенный спрос, не заставляя фабрику внезапно ускоряться.

Это хорошо работает с ручками, сухими макаронами и некоторыми велосипедами — товарами с долгим сроком хранения. С пирожными со свежими сливками и суши такой номер проходит хуже. Да и с непортящимися товарами сохраняется риск, что вкусы покупателей изменятся и вы останетесь с горой продукции, которую невозможно продать. Альтернативой равномерному производству служит **следование за спросом** (*demand chasing*). Для планировщика производства это гораздо более нервная стратегия: она требует очень точного прогнозирования и способности оборудования, персонала и поставщиков реагировать на перемены со скоростью газели.

Идея проста. Вы внимательно смотрите на построенный график ожидаемого спроса и стараетесь сделать так, чтобы выпуск фабрики максимально точно повторял каждый подъём и каждый провал этой линии. Тогда не приходится тратить деньги на хранение готовых, но ещё не проданных товаров. Неудивительно, что на практике следовать за спросом очень трудно. Цель непрерывно движется, а ваши

«хрустальные шары» никогда не дают стопроцентно точного предсказания. Спрос может оказаться выше или ниже прогноза, возникнуть раньше или позже ожидаемого.

Возьмём авиационную промышленность, где сразу после пандемии события развивались особенно «увлекательно». В 2023 году число заказов на самолёты выросло на **440 процентов** по сравнению с предыдущим годом. Очередь заказов достигла рекордных **14 535 самолётов** — более чем десять лет работы для производственной отрасли, а только для Великобритании их оценочная стоимость составляла 219 миллиардов фунтов. Для Boeing и Airbus огромный портфель заказов, конечно, прекрасная новость. Но самолёты ещё нужно **построить и поставить**, причём не пожертвовав качеством.

Производитель обязан быть уверен, что его производственная мощность — способность выпускать продукцию при имеющихся людях, оборудовании и материалах — выдержит столь резкие изменения спроса. Можно попытаться быстро расшириться: построить фабрики, закупить оборудование, найти новых поставщиков, нанять работников. Но что случится, когда пик спроса пройдёт и у вас окажется слишком много мощностей? Придётся платить людям, содержать станки и закупать материалы, которые больше не нужны. Но, возможно, стоит сохранить всё это в ожидании следующего всплеска?

Если сократить мощность сейчас, сумеете ли вы потом снова быстро её нарастить? Можно ли использовать этих работников и оборудование для производства чего-то другого? Именно такие трудные решения приходится принимать при планировании продаж и операций. Итак, чтобы понять, что производить, компании не только прогнозируют спрос, но и пытаются слегка подтолкнуть покупателей к определённым решениям. А с этой «стороной спроса» неразрывно связана «сторона предложения»:

способность производителя, каким бы ни оказался спрос, всё равно оставить покупателя довольным.

К сожалению, как это обычно бывает в современном мире, всё стало ещё сложнее. Одна из главных проблем заключается в том, что сегодня у многих производителей **слишком много данных**.

Как цифровизация данных одновременно всё улучшила и всё усложнила

До 1970-х годов компьютеры представляли собой огромные централизованные машины, за которыми где-нибудь в далёкой комнате с кондиционером заботливо ухаживали высококвалифицированные специалисты. Затем несколько умных людей в Калифорнии умудрились разместить целую вычислительную систему на крошечном кусочке кремния — появился **микропроцессор**. Это вызвало рождение и взрывной рост рынка персональных компьютеров. ПК демократизировал доступ к обработке данных: теперь даже самая маленькая компания могла получить вычислительную мощность, анализировать информацию и потенциально совершенствовать бизнес.

Но обрабатывать можно только те данные, к которым есть доступ. А как мы уже знаем, добыть полезные сведения о желаниях покупателя невероятно трудно — особенно в эпоху до того, как все компьютеры объединились в интернет. До интернета важнейшим источником информации о поведении покупателя была касса — **точка продажи**. Перенесёмся из 1970-х в 1990-е. Благодаря распространению подключённых к интернету ПК розничная торговля смогла напрямую и надёжно получать куда больше информации о покупателях с помощью технологий **электронной точки продажи** — EPOS.

Для производителей это стало огромным шагом вперёд: теперь они могли гораздо точнее согласовывать спрос и

предложение и эффективнее применять стратегию следования за спросом. Однако появилась новая проблема:

данных стало очень много.

Каждый день в мире создаётся приблизительно **328,77 миллиона терабайт**, или 0,33 зеттабайта, данных. За сутки отправляется около **333,22 миллиарда электронных писем**. А на момент написания книги считалось, что **90 процентов всех данных в мире были созданы всего за предыдущие два года**. Отсюда возникает проблема, известная как **отношение сигнала к шуму**: драгоценные крупинки полезной информации теряются в зеттабайтах почти бесполезного цифрового мусора. Но для производителя весь этот цифровой поток одновременно представляет колоссальную возможность.

Мы уже говорили: чтобы определить, чего захотят покупатели, компании должны изучать прошлые данные. Раньше, до эпохи всеобщих сетей и интеграции, кому-нибудь поручали ежемесячно или ежеквартально собирать данные о продажах, вручную заносить их в таблицы, а затем рассылать сотрудникам, занимавшимся планированием продаж и операций. Сегодня поток данных практически непрерывен. Столь гигантский объём информации стал возможен благодаря цифровизации почти всех сторон нашей жизни. Теперь мы можем видеть потребительские тенденции с куда большей детализацией и почти мгновенно.

Вы, я и любой другой человек, каким-либо образом подключённый к интернету, получаем выгоду от чрезвычайно сложной системы, связывающей наши желания с тем, как нужные нам вещи будут произведены. И знаем мы об этом или нет, сами мы являемся важнейшим источником информации для этой системы. Когда я листаю приложение Amazon на телефоне, чтобы заказать ещё несколько ручек Mitsubishi Pencil Company — или вообще любой другой товар, — я добавляю ещё крошечную крупинку

данных о своих потребностях, желаниях и предпочтениях. И эта крупица помогает производителям создавать пугающе точного «**цифрового двойника**» меня самого.

Масштаб и богатство этих данных позволяют компаниям принимать гораздо более разумные решения о том, чего хотят покупатели и как лучше на это ответить. А фантастический рост производительности компьютеров и падение стоимости вычислений позволили реагировать ещё и быстрее. Следование за спросом стало гораздо оперативнее и эффективнее. Это прекрасно. Но одновременно покупатели привыкли считать подобную скорость нормой. И чем больше мы ожидаем, что всё желаемое должно быть доступно всегда и немедленно, тем сильнее потрясение, когда система вдруг даёт сбой.

Как отвечать на запросы всё более требовательных покупателей

Одновременно с совершенствованием способов понимать наши желания производители придумали и весьма хитрые способы быстро реагировать на наши раздражающе конкретные и одновременно чрезвычайно разнообразные требования. Их можно свести к трём словам:

что, кто и как.

Что

Производитель может заранее проектировать товары так, чтобы их было легко приспособлять к различным требованиям покупателей. Чтобы объяснить эту идею, начну с пары старых шуток об одной автомобильной марке. Поймут их главным образом те, кто рос в Великобритании в 1970-е годы: **Вопрос:** Как называется Škoda с откидным верхом?

Ответ: Контейнер для мусора. **Вопрос:** Как удвоить стоимость Škoda?

Ответ: Полностью заправить бак. Сегодня многие

недоумённо пожмут плечами: Škoda выпускает отличные автомобили. Но в 1970-е, когда железный занавес ещё прочно делил Европу, одним из немногих товаров с коммунистической стороны, которые жители Западной Европы регулярно видели, были автомобили Škoda.

Они были простыми, надёжными и дешёвыми, но, мягко говоря, не блистали престижностью бренда и быстро теряли цену. Прошли 1980-е, затем 1990-е, рухнул Восточный блок — и Škoda вошла в могучую Volkswagen Group. Инженеры Volkswagen сделали очень умную вещь. Чтобы гибко реагировать на самые разные запросы покупателей, они применили **платформенную стратегию**. В автомобилестроении платформенная стратегия означает, что несколько разных моделей создаются на основе общего набора компонентов и технологий. Это чрезвычайно экономичный способ выпускать множество внешне различных машин, используя одну и ту же базовую конструкцию — архитектуру автомобиля.

А самое важное для нашей темы состоит в том, что такая стратегия позволяет производителю отвечать на широчайший спектр предпочтений. Если вкусы покупателей меняются, не нужно тратить огромные деньги на создание совершенно нового автомобиля с нуля. Можно заменить отдельные компоненты и функции, оставив основную конструкцию прежней. Хороший пример — модульная платформа **Volkswagen MQB** (*Modularer Querbaukasten*), лежащая в основе различных моделей VW, Audi, SEAT и Škoda. Другой пример — **Toyota New Global Architecture (TNGA)**, используемая Toyota и Lexus. Она позволяет делиться компонентами и технологиями, сохраняя при этом особенности конкретных брендов, которые нужны разным группам покупателей.

Поэтому в следующий раз, застряв в пробке, присмотритесь к проезжающим VW, SEAT, Audi и Škoda. Если немного прищуриться, вы заметите между автомобилями с разными значками удивительное сходство. Именно

благодаря этому Volkswagen — одна из крупнейших автомобильных компаний мира — может сравнительно дёшево реагировать на бесконечно меняющиеся и сложные потребительские предпочтения.

Кто

Производители могут творчески организовывать людей, оборудование, материалы и процессы, чтобы справляться с колебаниями спроса. Один из старейших и проверенных способов — временно поручить часть производства кому-нибудь другому, если повышение спроса, скорее всего, окажется краткосрочным. До первой промышленной революции и появления интегрированной фабрики — места, где весь производственный процесс сосредоточен под одной крышей, — изготовление товаров часто было распределено между множеством людей в местном сообществе.

Эта децентрализованная модель называлась **кустарным производством** или **раздаточной системой** (*putting-out system*). Купец выдавал сельским семьям сырьё и инструкции, а члены семьи выполняли у себя дома определённые простые операции. Готовые изделия возвращались купцу в обмен на плату. Особенно распространена такая система была в текстильной отрасли: купцы раздавали сельским ткачам шерсть или хлопок. Сегодня привлечение других компаний для временного увеличения мощности тоже далеко не редкость. Если спрос резко вырос, а ваши собственные люди и оборудование уже работают на пределе, вполне разумно поискать компанию с нужными навыками и свободными ресурсами.

Во время пандемии COVID-19 эта стратегия оказалась — буквально — спасительной. Когда спрос на средства индивидуальной защиты, санитайзеры и аппараты искусственной вентиляции лёгких многократно превысил возможности специализированных производителей, произошло нечто необыкновенное: предприятия из совершенно других отраслей перестроили свои процессы и

начали помогать медицинским компаниям. Опыт был тяжёлым, но в конечном счёте успешным. И он преподал промышленности важный урок: ресурсы других компаний способны придать производству дополнительную «эластичность», позволяя быстро реагировать на внезапные скачки спроса.

Как

Есть и третий способ подготовиться к быстро меняющимся требованиям покупателей. Вместо станков, доведённых до совершенства при производстве одной-единственной детали, почему бы не использовать оборудование, способное хорошо делать множество разных вещей? Тогда фабрика сможет легче реагировать на любые безумно непоследовательные пожелания клиентов. И определённые технологии именно это и позволяют. Условно существует три типа инструментов и машин. Первый — устройства, предназначенные для одной-единственной, предельно узкой задачи.

Крайний пример: Firmin House использует особый набор инструментов исключительно для изготовления блестящих шлемов кавалеристов. Второй тип — инструмент, выполняющий одну операцию, но пригодный для множества задач. Например, дрель отлично делает прямые круглые отверстия. Меняя диаметр и материал сверла, можно получать всевозможные отверстия в самых разных материалах. Но они всё равно останутся прямыми и круглыми. И, наконец, существуют устройства, способные создавать почти любые формы. Один из примеров — **3D-принтер**.

Такие машины дают конструктору очень высокую степень того, что называют **свободой проектирования**. Если детали нужно простое круглое отверстие, проходящее насквозь, обычная дрель прекрасно справится. Но если нужно овальное отверстие, начинающееся на одной стороне детали, затем заворачивающееся за угол и превращающееся в

квадратное, дрель уже бессильна. 3D-принтер способен изготовить деталь с таким каналом. А если конструктор захочет, чтобы отверстие начиналось шестиугольником, а заканчивалось треугольником, — тоже не проблема.

Высокая свобода проектирования означает: достаточно изменить компьютерную модель и отправить принтеру новый файл. Звучит впечатляюще. Но какое отношение всё это имеет к меняющемуся спросу? Представьте, что вы управляете заводом, выпускающим детали для крупного авиастроителя, который как раз пытается справиться с тем самым ростом заказов на 440 процентов. Весь ваш завод оптимизирован под узкоспециализированные детали. Закуплены дорогие специальные станки, настроенные на строго определённые операции. И тут число заказов резко возрастает.

Что делать? Люди и оборудование уже загружены полностью. Срочно покупать новые специализированные станки? А что произойдёт, когда этот заказ будет выполнен? Можно остаться с кучей чрезвычайно дорогого оборудования и специально обученных работников, которым больше нечего делать. А что если часть оборудования была бы гораздо гибче? Сегодня его можно временно настроить на выпуск нужной детали, а завтра использовать для чего-то совершенно другого, на что внезапно возникнет спрос. Вот здесь 3D-печать — в определённых случаях — оказывается чрезвычайно полезной.

Но производитель может сделать и нечто куда радикальнее.

А что, если вообще перестать продавать продукт?

Что делать с тем фактом, что «никому не нужна дрель — людям нужна дырка»

Эта фраза относится к явлению, которому дали довольно неуклюжее название **сервитизация**. Идея очень проста, но

она преобразила множество производственных — и не только производственных — компаний:

**не сосредотачивайтесь на продаже товара;
сосредоточьтесь на настоящей потребности клиента и
решении его проблемы.**

Лучше всего объяснить это примером. Авиакомпания на самом деле вовсе не мечтает купить реактивные двигатели и потом всю жизнь заниматься их обслуживанием. Ей нужны самолёты, которые будут постоянно готовы доставлять пассажиров туда, куда тем требуется. При модели сервитизации производители двигателей вроде Rolls-Royce или GE предлагают услугу «**мощность по часам**» (*power by the hour*): авиакомпания платит не просто за двигатель, а за определённое количество часов его работы в год. Вся морока с обслуживанием и ремонтом остаётся производителю двигателя.

И это может быть выгодно всем. Почему? Раньше производители авиадвигателей зарабатывали значительную часть денег на «запчастях и ремонте» уже проданных двигателей. При сервитизации ситуация меняется: теперь именно производитель оплачивает будущий ремонт и обслуживание. Следовательно, у него появляется мощнейший стимул создавать максимально надёжные двигатели, требующие минимум ухода. Авиакомпаниям, со своей стороны, больше не нужно содержать ремонтные мастерские и обучать технический персонал. Об этом заботится изготовитель двигателя.

А авиакомпания может вложить силы в то, что умеет лучше всего: сделать пребывание внутри герметичной алюминиевой трубы, несущейся со скоростью девятьсот километров в час на высоте десяти тысяч метров, быстрее, дешевле или хотя бы чуточку приятнее. То же происходит и в других отраслях. Автомобильная индустрия давно предлагает клиентам лизинг вместо покупки. Позже эта идея развилась в каршеринг — Zipcar, Getaround и

аналогичные модели, при которых вы просто получаете доступ к автомобилю тогда, когда он нужен, вместо того чтобы владеть дорогой тонной металла, пластика и резины, которая большую часть времени без дела стоит на парковке.

Но независимо от того, говорим мы о самолётах, автомобилях или любой другой продукции, существует один ресурс, без которого сервитизация невозможна:

данные.

Rolls-Royce и GE нужны предельно подробные сведения не только о том, как клиенты используют двигатели, но и о состоянии самих двигателей. Zipcar и Getaround должны знать, где находятся автомобили, в каком они состоянии и кто каким пользуется. То, каким образом всё это удаётся организовать, поистине удивительно. И к этому мы ещё вернёмся позднее. Теперь у вас есть основные инструменты и понятия, необходимые, чтобы разобраться, как устроен современный производственный мир — и почему он устроен именно так. Но производство постоянно меняется.

Дальше я хочу показать, как люди, работающие в промышленности, не только каждый день сражаются с производством и логистикой, но одновременно управляют целым рядом тектонических перемен, которые изменят то, **как мы производим, перевозим и потребляем вещи**. А чтобы понять, как это будущее уже сегодня преобразует настоящее, нужно разобраться, **как происходят изменения** — **как рождаются инновации в производстве**. И для этого первым делом нам придётся...

пойти и заварить чашку чая.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

Как меняется мир производства

5. Перемены

Как производство способно изменить мир — и как мир меняет производство

Щёлк.

Вы наверняка слышите этот характерный звук по несколько раз в день. Во всём мире он раздаётся сотни миллионов раз ежедневно. Это звук мгновенно размыкающейся электрической цепи: поток электронов прекращается точно в рассчитанный момент, обеспечивая безопасную и экономичную работу устройства, без которого трудно представить нашу повседневную жизнь. Так щёлкает чайник, сообщая, что вода закипела. Этот звук издаёт маленькое блестящее круглое устройство диаметром чуть меньше двух сантиметров, спрятанное почти в каждом электрическом чайнике на планете. Несколько таких устройств сейчас лежат передо мной на кухонном столе рядом с ноутбуком: одни — ещё в первозданном виде, только что с завода, другие — уже встроены в пластиковый узел системы управления чайником.

Верхняя и нижняя поверхности этих дисков изготовлены из разных металлов, которые при нагревании расширяются с разной скоростью. Когда горячий пар от кипящей воды проходит над таким диском, одна его сторона расширяется быстрее другой. В какой-то момент диск с лёгким хлопком выгибается. Этого движения достаточно, чтобы сработал выключатель и прекратил подачу электричества на нагревательный элемент. Именно это происходит каждый раз, когда вы — вместе с более чем миллиардом людей по всему миру — включаете электрический чайник.

Как чайники научились выключаться сами

Подозреваю, что вы, как и я, никогда особенно не задумывались о том, **как именно** чайник понимает, что пора

выключиться. Вероятно, не слишком часто вы размышляли и о том, как получилось, что сегодня практически каждый электрический чайник в мире умеет сам определять момент закипания воды. А между тем история создания этого крошечного устройства прекрасно показывает, **как вообще происходят перемены в мире производства**. Для этого нам придётся вернуться в 1970-е годы, когда в мире чайников назревала тихая революция. Она, конечно, не попадала на первые полосы газет так часто, как другие события той эпохи, однако в конечном счёте затронула жизни миллиардов людей.

До 1970-х годов чайники делали главным образом из металла, и существовало два основных типа. Первый использовал принцип, почти не изменившийся за тысячелетия: чайник наполняли водой и нагревали снизу. Источник тепла со временем сменился — вместо открытого огня появилась газовая или электрическая плита, — но сама идея осталась прежней. Затем, в конце XIX века, на рынке появились первые автономные электрические чайники. В ранних моделях нагревательный элемент не соприкасался с водой: инженеры ещё не вполне понимали, как избежать эффектного сочетания вспышек, хлопков и коротких замыканий, возникавших при встрече электричества с водой в бытовом приборе.

Лишь в 1920-х годах технологии дошли до уровня, позволившего безопасно погружать электрический нагревательный элемент прямо в воду. После этого конструкция электрического чайника на десятилетия практически застыла. Вы наливали воду, включали чайник в розетку, нажимали выключатель и ждали, пока не раздастся характерное бурление, из носика не повалит пар или не засвистит свисток. Это означало, что вода закипела. Если же вы отвлекались и уходили, металлический чайник продолжал кипеть до тех пор, пока вся вода не испарялась, после чего нагревательный элемент перегорал. Неприятно —

и запах оставался отвратительный, — но угрозы для жизни, как правило, не возникало.

С пластиковым чайником всё было куда драматичнее. Если позволить ему кипеть всухую, выделяющееся тепло в конце концов расплавит пластиковый корпус. Тот обрушится на раскалённый нагревательный элемент, после чего вас будут ждать клубы ядовитого дыма, пламя и, вполне возможно, кухня, офис или гостиничный номер, превращённые в обугленные руины. Поэтому, несмотря на очевидные преимущества пластикового корпуса, производители долго не решались выпускать такие чайники. Чтобы сделать пластиковый электрический чайник безопасным, требовался механизм, который автоматически отключал бы его, как только вода закипит.

А для людей вроде меня — тех, кто рано утром ещё не вполне способен справляться со сложностями человеческого существования и вполне может забыть столь важный этап, как «налить воду в чайник», прежде чем нажать кнопку, — требовался и второй защитный выключатель. Он должен был обесточить чайник задолго до того, как температура достигнет точки плавления пластика. Именно биметаллические диски, о которых я рассказал в начале главы, стали сердцем удивительно изящного решения обеих проблем. И здесь в нашей истории появляется доктор Джон К. Тейлор — изобретатель этих маленьких блестящих устройств.

Машины, выпускающие выключатели миллиардами

Раннее серое весеннее утро 2023 года. Я нахожусь в аэропорту Лондон-Сити и смотрю на крошечный самолёт Loganair, которому предстоит перенести меня через море на остров Мэн. Заглядывая поверх клетчатых подголовников, я пытаюсь угадать состав пассажиров: туристы, местные жители, возвращающиеся домой, и, как выясняется позже, инвесторы из материкового Китая. Винтовой двигатель,

расположенный пугающе близко от моей головы, с лязгом, гудением и завыванием оживает. Оба двигателя набирают обороты; самолёт подпрыгивает на рулѐжной дорожке, затем разворачивается и поднимается над просыпающимся Лондоном.

Чашка кофе и печенье спустя мы опускаемся сквозь облака, скользим над Ирландским морем, проходим вдоль зелёно-бурой береговой линии и мягко садимся на территории этого британского коронного владения. Выходя из терминала, я испытываю одно из удовольствий маленького провинциального аэропорта: прямо у дверей меня ждѐт единственная машина. За рулѐм сидит сам доктор Тейлор. После обеда у него дома мы едем на север острова, в город Рамси, сворачиваем в промышленную зону и останавливаемся перед низким коричнево-бежевым заводским зданием.

Именно здесь находится сердце глобального производства компании, основанной Джоном Тейлором. Еѐ главный продукт позволяет вам безопасно и экономично вскипятить воду для чая или кофе. Едва я переступаю порог внешне весьма непритязательного завода Strix, мне совершенно недвусмысленно дают понять: фотографировать нельзя, а рассказывать о большей части увиденного — тоже. И причины вполне понятны. Именно здесь стоят машины, спроектированные и построенные Джоном и его командой. С 1980-х годов они мерно грохочут, штампуя миллиарды безупречных биметаллических дисков — здесь их называют **blades**, «лопатками», — которые сегодня являются стандартной деталью электрических чайников по всему миру.

Но общую схему производства мне рассказать разрешено, и теперь она уже покажется вам знакомой. Как и любой другой завод, предприятие Strix получает определённые исходные материалы, подвергает их обработке — люди с помощью машин и материалов выполняют

предусмотренные технологией операции — и превращает в продукт большей ценности. На входе — полосы биметалла, намотанные на деревянные катушки. На выходе — пакеты с идеально изготовленными биметаллическими пластинами, готовыми отправиться в Китай. Сначала рулоны биметалла разматываются и подаются в исключительно точно спроектированные специализированные штамповочные и прессовые машины.

Затем следуют термообработка, маркировка, испытания и упаковка, после чего детали отправляются на другой завод Strix, расположенный в десяти тысячах километров — в китайском Гуанчжоу. Почему именно там? Потому что именно там большинство клиентов Strix — производителей чайников — выпускают свою продукцию. По прибытии в Китай биметаллические пластины устанавливают в пластиковый узел выключателя и электрического соединения, спрятанный в основании чайника. Затем весь этот механизм помещают в корпус той формы, которая, согласно маркетинговым исследованиям, должна понравиться покупателям.

Готовые чайники упаковывают, отправляют в магазины — и в конечном счёте они оказываются у вас дома, в офисе или гостиничном номере. Чтобы у нас появлялись более совершенные изделия, кто-то должен изобрести новый способ делать вещи, проверить его на практике и постепенно довести до совершенства. В случае электрического чайника этим занимались доктор Тейлор и его команда: они создали полноценную систему управления кипячением воды, центральным элементом которой стала чрезвычайно точно рассчитанная и изготовленная биметаллическая пластина.

Но не менее важно было разработать **сам процесс производства**, позволяющий выпускать такие устройства в требуемых количествах, с нужным качеством и по приемлемой цене. Для этого, как мы уже не раз видели на страницах этой книги, требуется правильное сочетание и

чёткая синхронизация людей, машин и материалов — и внутри отдельного завода, и по всей производственно-логистической цепочке. И, разумеется, изготовление и перевозка всех этих деталей и готовых изделий были бы бессмысленны без понимания того, **что именно требуется заказчику** — производителям чайников — и какую выгоду получают от нового продукта и они, и конечные потребители, то есть мы с вами.

Но что происходит, если новое изделие должно заменить уже существующее — изделие, которое давно выпускают и продают сотни компаний, собирая его из более чем тридцати тысяч компонентов, производимых тысячами поставщиков силами миллионов работников для десятков миллионов покупателей? Именно это сейчас происходит с автомобилестроением: мир переходит от двигателей внутреннего сгорания — **ДВС (ICE)** — к электрическим автомобилям — **EV**. Это уже производственная инновация **планетарного масштаба**.

Переход мира от ДВС к электромобилям

С моим ранним детством связаны настолько тёплые воспоминания о принадлежавшем нашей семье микроавтобусе Volkswagen, что с тех пор, как я получил водительские права, я — совершенно иррационально — покупаю только автомобили Volkswagen. Когда в 2022 году я пришёл в местный автосалон, то был поражён тем, насколько всё изменилось за пять лет с моего предыдущего визита. Прежде всего, почти весь вход занимал электромобиль. — Ага, — сказал продавец, когда я боком протискивался в салон, — вижу, вас заинтересовал полностью электрический ID.3. Рассказать о нём подробнее?

А вот что удивило уже меня самого: в конце XIX века, когда автомобильная промышленность лишь зарождалась, самым продаваемым автомобилем в Соединённых Штатах

была вовсе не машина с бензиновым двигателем внутреннего сгорания.

Это был **электромобиль на аккумуляторах**.

На заре автомобилестроения электрическая тяга имела целый ряд существенных преимуществ перед двигателем внутреннего сгорания. Электромобили были механически проще, надёжнее и легче в обслуживании. Они двигались плавнее, ими было проще управлять, и они не выбрасывали в воздух клубы загрязняющих веществ. В первых моделях использовали свинцово-кислотные аккумуляторы: тяжёлые и медленно заряжающиеся, но для многих городских задач вполне подходящие. Почему же тогда человечество отказалось от них в пользу автомобилей на бензине?

И почему мы больше века держались за гораздо более сложные и загрязняющие окружающую среду машины? Как пишет Том Стэндидж в книге *A Brief History of Motion*, причиной стало сочетание технологических и психологических факторов. У бензина есть важнейшее естественное технологическое преимущество: **высокая удельная энергоёмкость** — он хранит гораздо больше энергии на единицу массы, чем аккумулятор. Но любопытнее другое. Уже в 1897 году потенциальные покупатели выражали ту же психологическую тревогу, которая мучает покупателей электромобилей сегодня: **страх не доехать**.

Если я куплю электрический автомобиль, хватит ли заряда на весь путь? А если нет — смогу ли я без труда найти место для подзарядки? На протяжении последующих ста с лишним лет интерес к электромобилям то и дело вспыхивал вновь. Обычно это происходило после резкого скачка цен на нефть, вызванного очередной геополитической заварушкой. Сценарий повторялся почти неизменно. Поставки нефти сокращались — или люди начинали опасаться, что они сократятся. Цены взлетали. На автозаправках выстраивались очереди. Покупатели начинали

интересоваться меньшими и более экономичными автомобилями.

Инженеры говорили себе:

«А почему бы не создать автомобиль, которому вообще не нужен бензин? Давайте сделаем электромобиль!»

На рынок выходили несколько странноватые электрические модели, о них писала пресса, и, несмотря на высокую цену и весьма скромные характеристики, продажи начинали расти. Потом международный кризис разрешился. Цены на топливо снижались. Покупатели возвращались к бензиновым автомобилям. А производители электромобилей либо разорялись, либо крупные автомобильные концерны тихо снимали электрические модели с производства. Примерно каждые десять-пятнадцать лет этот цикл повторялся. А потом произошли **три события**. Первым стало появление более совершенного способа хранения электрической энергии — **литий-ионного аккумулятора**. Он оказался легче свинцово-кислотного, мог запастись больше энергии и быстрее заряжался.

Вторым стало наше трагически запоздалое осознание того, что для сокращения выбросов CO₂ — а значит, в конечном счёте и для сохранения условий жизни на планете — нам, вероятно, придётся перестать разъезжать в передвижных электростанциях, сжигающих ископаемое топливо. И, к счастью для планеты, произошло третье, весьма существенное событие. Двое инженеров пришли в ярость из-за решения, которое в начале 2000-х приняла одна американская автомобильная компания. В 2002 году могущественная корпорация General Motors прекратила выпуск своего первого электромобиля — модели с не слишком фантазийным названием **EV1**.

Решение похоронить одну из первых серьёзных попыток серийного выпуска специально спроектированного электромобиля чрезвычайно разозлило Мартина Эберхарда и Марка Тарпеннинга. Настолько, что они решили создать

собственную компанию и производить собственные электромобили. Компанию они назвали в честь сербско-американского изобретателя и электротехника **Николы Теслы**. В 2004 году некий Илон Маск вложил в предприятие значительную сумму и помог ускорить его стремительный рост. Компания последовательно выпустила Roadster, Model S, Model X, Model 3 и Model Y.

Несмотря на несколько, скажем так, ухабов на дороге, Tesla Motors превратилась в феноменально успешную компанию. В 2010 году она стала первым американским автопроизводителем со времён Ford Motor Company в 1956 году, чьи акции вышли на биржу. А через одиннадцать лет Tesla вошла в крайне узкий круг компаний, чья рыночная стоимость превысила **один триллион долларов**. Позднее её капитализация снизилась, но даже летом 2024 года Tesla стоила больше, чем **семь следующих крупнейших автомобильных компаний вместе взятых**. Совсем неплохо для фирмы, продавшей свой первый автомобиль лишь в 2008 году.

Как «созидательное разрушение» приводит мир в движение

Tesla сделала именно то, что австрийский экономист Йозеф Шумпетер несколько театрально называл **«бурей созидательного разрушения»**. Он определял её как: «промышленную мутацию, которая непрерывно революционизирует экономическую структуру изнутри, постоянно разрушая старое и постоянно создавая новое». Шумпетер подчёркивал: чаще всего в центре таких преобразований оказываются **не старые, устоявшиеся фирмы**. Перемены вызывают предприниматели, создающие новые компании и начинающие делать привычные вещи совершенно иначе. Основатели Tesla сыграли ключевую роль в том, чтобы поднять бурю, которая сегодня

перестраивает мировое автомобилестроение, уводя его от двигателей внутреннего сгорания.

Под натиском этой вызванной Tesla бури — и увидев совершенно очевидную коммерческую возможность — крупнейшие автопроизводители мира поняли: предпочтения покупателей меняются и необходимо как можно быстрее выпускать собственные аккумуляторные электромобили. И тут возникает закономерный вопрос. Если рынок электромобилей представлял собой такую огромную возможность, а гигантские, богатейшие автомобильные компании знали свой бизнес несравнимо лучше какого-нибудь безумного стартапа, **почему они не сделали этого раньше Tesla?**

Ответ?

Инерция.

Почему крупным производственным компаниям так трудно меняться

Большая компания, десятилетиями существующая на рынке, чем-то напоминает контейнеровоз **Ever Given**, который однажды застрял поперёк Суэцкого канала. Огромной фирме, как и огромному кораблю, очень трудно быстро изменить курс. За годы она вложила колоссальные время и деньги в доводку производственных процессов, оптимизацию гигантских сетей поставок, изучение покупателей и формирование персонала с крайне специфическими навыками. Перестроить всю эту взаимосвязанную систему чрезвычайно дорого. А применительно к автомобилестроению речь идёт не только о компаниях, которые выпускают и продают машины.

Позади них стоит ещё и гигантская индустрия ископаемого топлива, значительная часть которой существует именно для обеспечения двигателей внутреннего сгорания бензином, дизельным топливом и

смазочными материалами. С одной стороны, такая сложность защищает крупные компании от конкурентов. Если для успеха в отрасли необходимо содержать огромные заводы с узкоспециализированным оборудованием, многочисленный высококвалифицированный персонал и целую сеть специализированных поставщиков, мало кто из новичков решится бросить вам вызов.

Но когда технология меняется, в этих барьерах появляются трещины. И через них могут проскользнуть новые конкуренты. Если перемены вызваны новой технологией, которой старые гиганты ещё не обладают, небольшая подвижная фирма, уже владеющая этой технологией и не обременённая старой производственной системой, способна вырваться вперёд. Именно это и произошло с Tesla. Однако у крупных фирм есть преимущества, недоступные стартапам. Одно из главных — **масштаб**. В последние годы крупнейшие автомобильные концерны активно используют именно его, пытаясь отыграть позиции, потерянные в пользу Tesla и ей подобных.

Они понимали, что должны как можно скорее предложить электромобили своим постоянным покупателям. Ждать обычные для автомобильной отрасли два-пять лет — от концепта до модели в автосалоне — было слишком рискованно. Поэтому начали с самого простого.

Как быстро спроектировать и выпустить новый электромобиль?

Чтобы ускорить переход, инженерам крупнейших автопроизводителей поручили весьма занимательную задачу: превратить часть уже существующих машин с ДВС в электромобили. Из автомобиля вынимали всё, что относилось к двигателю внутреннего сгорания: мотор, коробку передач, сцепление, трансмиссию, топливную систему и так далее. А на освободившееся место буквально

втискивали электрическую силовую установку. Красотой решения это не отличалось. Зато позволяло крупным брендам быстро вывести электромобили на рынок. Однако автомобиль, изначально спроектированный как электрический, сильно отличается от машины с ДВС.

Прежде всего — он гораздо проще. Обычный бензиновый или дизельный автомобиль содержит около **тридцати тысяч деталей**. У электромобиля их меньше половины. Машина с ДВС располагает поразительно сложным набором устройств, необходимым для того, чтобы привести в движение одну-две тонны металла, пластика, резины и стекла посредством координации тысяч крошечных взрывов. Необходима система хранения и подачи топлива. Жидкое топливо нужно превратить в смесь, впрыснуть её, сжать и воспламенить в строго определённую миллисекунду, чтобы давление толкнуло поршни вниз по цилиндрам.

Возвратно-поступательное движение поршней затем нужно превратить во вращательное — с помощью шатунов и коленчатого вала. После этого вращение должно пройти через коробку передач, чтобы на колёса поступали нужные крутящий момент и скорость. Тысячи взрывов каждую минуту требуют сложнейшего взаимодействия механических и электронных систем, обеспечивающих, чтобы каждый клапан, кулачок, шатун, вал и зубчатое колесо с ювелирной точностью находились в нужном положении в нужный момент. Кроме того, требуется целая сеть каналов и трубок для смазки движущихся деталей.

И ещё одна сеть — для отвода огромного количества выделяемого тепла с помощью радиаторов и вентиляторов. При этом водитель и пассажиры не должны ощущать всего этого безумного концерта взрывной химии и динамической механики, происходящего буквально в нескольких десятках сантиметров от их кресел. Водителю нужно лишь время от времени управлять автомобилем, раз в год отвозить его на

обслуживание и приходить в ярость, когда телефон по непонятной причине отказывается подключаться к идиотски сложной автомобильной мультимедийной системе.

На этом фоне электрическая силовая установка выглядит почти комично простой. Вся эта механическая вакханалия заменяется аккумуляторным блоком — самым большим и тяжёлым элементом, — одним или несколькими электродвигателями и управляющей электроникой, которая преобразует постоянный ток аккумулятора в переменный ток для двигателя и контролирует расход энергии. В сущности — всё. Никакой сложной трансмиссии. Никакого сцепления. Никаких клапанов. Никакого коленчатого вала. Никакой топливной системы. Никакой системы смазки.

Никакого радиатора. Ну... вы поняли.

Как электромобили меняют способы и географию производства автомобилей

Как мы уже знаем, характер продукта определяет характер завода, на котором его производят. А устройство цепочки поставок и само местоположение предприятия, в свою очередь, зависят от технологии, лежащей в основе продукта. Производственная линия, созданная для сборки автомобиля с ДВС, отличается от линии электромобиля. Поскольку электромобиль состоит из меньшего числа компонентов, сеть его поставщиков потенциально проще. Часть поставщиков останется прежней — колёса, тормоза и сиденья никуда не исчезнут. Но появятся и совершенно новые.

И поскольку одним из важнейших компонентов является тяжёлый аккумуляторный блок, ни вам, ни тем более вашему поставщику батарей вряд ли захочется перевозить его через половину континента. В результате компания, решившая выпускать электромобили, должна либо радикально перестроить существующий завод по

производству машин с ДВС, либо построить совершенно новый. И то и другое стоит огромных денег. Volkswagen, например, потратил **более миллиарда евро** на переоборудование завода в Цвиккау, где раньше выпускали бензиновые Golf, для производства полностью электрических ID.3.

Причём деньги ушли не только на перестройку предприятия и новое оборудование, но и на переобучение сотрудников и найм специалистов, способных безопасно работать с технологическими процессами, необходимыми для выпуска электромобилей. Однако переход от ДВС к электрической тяге меняет гораздо больше, чем автомобильные заводы и цепочки поставок. Он перестраивает **саму мировую структуру автопрома**. Китай превратился в один из крупнейших и наиболее быстро растущих центров как производства, так и покупки электромобилей. В 2023 году одна только китайская компания **BYD** произвела чуть более трёх миллионов из примерно четырнадцати миллионов электромобилей, проданных в мире.

Почти **60 процентов** всех электромобилей, проданных в мире в том году, были куплены в Китае. А какой национальный рынок является для Tesla вторым по величине после Соединённых Штатов? Тоже Китай. Нынешняя перестройка автомобильной отрасли, вызванная спросом на менее вредные для планеты автомобили, назревала очень давно. Но многие перемены, которые мы наблюдаем в 2020-е годы, вовсе не уникальны для автопрома. Сегодня трудно найти хотя бы один уголок производственного мира, который не был бы вынужден меняться.

Истина состоит в том, что производство **всегда находилось в состоянии преобразования — и всегда будет в нём находиться.**

Как преуспеть в производстве, когда «всё меняется и ничто не остаётся на месте»

Производственные системы работают лучше всего, когда всё стабильно. Каждый знает, что делать. Спрос предсказуем. Перебои сведены к минимуму. И тут появляется новая идея. Например, новый способ автоматического отключения чайника. Или новый способ приводить автомобиль в движение. Руководители производственных компаний вынуждены смотреть на новую технологию и задаваться вопросами:

Нужно ли относиться к ней всерьёз?

Если да, то как она изменит то, **что** мы производим, **как** мы это производим и **что** продаём? А если одновременно появляются несколько конкурирующих технологий, каждая со своими достоинствами и недостатками, как понять, на какой из них сосредоточить усилия? Ответы на эти вопросы во многом зависят от понимания того, **как возникает доминирующая конструкция и что происходит после её появления.**

Как производители развивают доминирующую конструкцию

В начале 2000-х — в те далёкие времена, когда потокового видео ещё не существовало, — производители бытовой электроники разрабатывали технологии, позволяющие записывать на оптические диски видео высокой чёткости. Возникла проблема. Компании никак не могли договориться, какая технология лучше. В результате появились две конкурирующие и при этом несовместимые системы:

HD-DVD и Blu-ray.

Покупателей это чрезвычайно нервировало. Что произойдёт, если вы купите дорогой HD-DVD-проигрыватель,

начнёте собирать коллекцию фильмов, а через пару лет выяснится, что рынок выбрал Blu-ray и фильмы на HD-DVD больше не выпускаются? Или наоборот? Пока спор не разрешился, продажи обеих технологий оставались крайне низкими. Но когда группа компаний, продвигавших HD-DVD, признала поражение, Blu-ray стал **доминирующим стандартом** — и рынок буквально взорвался. Как только доминирующая конструкция определена, компании могут прекратить спорить о том, какая технология лучше, и сосредоточиться на разработке, производстве и продаже изделий на основе единого стандарта.

Однако появление доминирующей конструкции — зачастую лишь начало целого каскада действий, необходимых прежде, чем продукт действительно доберётся до покупателя. Прекрасный пример — первые десятилетия автомобилестроения. В конце XIX века для того, чтобы рынок этих новомодных, дымящих и работающих на бензине машин вообще смог вырасти, требовалось невероятное количество сопутствующих изменений. Во-первых, покупатель должен был быть уверен: если он приобретёт автомобиль, подходящее топливо можно будет найти там и тогда, где оно понадобится.

Нужно было создать всю инфраструктуру поиска, добычи, переработки, стандартизации и продажи бензина и автомобильных смазочных масел. Затем требовалась сеть мест, где человек мог бы увидеть автомобиль, совершить пробную поездку и купить его. Кроме того, ранние машины были крайне ненадёжны, поэтому потенциальный покупатель должен был знать: если автомобиль сломается, найдётся человек, способный его починить. То есть требовались механики, обладавшие необходимыми навыками, оборудованием и запасными частями. И это лишь самый минимум.

Понадобились системы испытаний и сертификации, гарантирующие безопасность автомобилей. Понадобились гладкие дороги, соединённые с сетью автозаправочных станций.

Понадобились финансовые инструменты, позволяющие покупать или брать в лизинг дорогие машины. Понадобилось страхование по разумной цене. Даже экстренным службам пришлось учиться работать с авариями, в которых металлические коробки, наполненные крайне летучим топливом, двигались на высокой скорости. Более века ушло на совершенствование всей этой многоуровневой инфраструктуры, созданной вокруг двигателя внутреннего сгорания и глубоко проникшей во множество сторон нашей жизни.

В столь старой, укоренившейся и сложной отрасли, как автомобилестроение, серьёзные перемены порой может запустить только кто-то извне. А поскольку преобразование целой отрасли способно радикально повлиять на местные сообщества и национальные экономики, этим «кем-то» нередко оказывается государство.

«Я из правительства, и я пришёл вам помочь»

Государство располагает множеством способов помочь производственным компаниям пережить крупный технологический переход. В целом их можно разделить на три группы. Первая — **предложение**: помощь производителям в освоении и адаптации новой технологии. Вторая — **спрос**: стимулирование покупателей приобретать продукцию, основанную на новой технологии. И третья — борьба с тем, что можно назвать **непредвиденными последствиями**, например помощь сообществам, где внедрение новой технологии приводит к массовой потере рабочих мест. Рассмотрим каждую из этих групп подробнее.

Со стороны предложения один из самых простых — хотя и довольно грубых — инструментов государства состоит в том, чтобы просто запретить существующую практику и тем самым заставить компании найти новый способ работать. Например, в конце 2020 года британское правительство объявило:

«Продажа новых бензиновых и дизельных автомобилей в Великобритании прекратится к 2030 году».

Без оговорок. Без «если». Без «но». Такая политика даёт автомобильным компаниям предельно ясную цель. Однако было бы несколько самонадеянно просто поставить им срок и сказать: «Разбирайтесь сами». Автомобильная промышленность чудовищно сложна. В ней заняты миллионы людей. Она использует технологии и процессы, которые совершенствовались больше века. Без практической помощи многим компаниям будет исключительно трудно перестроиться. Но что означает эта «практическая помощь»?

Как государство помогает снизить риски новых технологий

Прохладным — разочаровывающе прохладным — летом 2023 года я отправился на запад, в промышленное сердце Великобритании, чтобы собственными глазами увидеть, как государство помогает автомобильной промышленности меняться. Съехав с автомагистрали, я пробрался через зелёные пригороды Западного Мидленда, которые постепенно перешли в кампус Уорикского университета. Хотя меня заранее предупредили, что так делать можно, я всё равно почувствовал себя виноватым, свернув в противоположную сторону от таблички **«Весь транспорт — сюда»**.

Проезжая по пешеходной улице к Международному центру производства Warwick Manufacturing Group — WMG, — я изображал жестами извинения проходящим мимо велосипедистам и пешеходам. — Наверное, нам лучше на это не смотреть, — рассмеялась приветливая сотрудница стойки регистрации, наблюдая за моими мучительными попытками зарегистрироваться через сенсорный экран. Как-то преодолев это испытание, я встретился со своим хозяином Робином. После обеда он начал объяснять мне, что

происходит в этих зданиях. WMG является частью многомиллионной британской государственной программы промышленной трансформации — своего рода дополнительным «толчком», который должен ускорять перемены.

Программа называется **High Value Manufacturing Catapult**. Это сеть из семи центров по всей Великобритании, заполненных высококвалифицированными инженерами и самым современным производственным оборудованием. Каждый центр специализируется либо на определённой технологии — скажем, производстве композитных материалов, — либо на конкретной отрасли, например возобновляемой энергетике. Особенность WMG — помощь компаниям, переходящим на электрические силовые системы. У таких центров есть общая задача. Они пытаются устранить две проблемы, мешающие производителям внедрять новые технологии.

Первая связана с **промышленным масштабированием**: как превратить то, что прекрасно работает на лабораторном столе, в продукт, который можно надёжно, стабильно и экономически выгодно выпускать миллионами экземпляров на заводе. Расположенные через дорогу Energy Innovation Centre и близлежащий Battery Industrialisation Centre — примеры того, как государство помогает производителям аккумуляторов и электромобилей отработать технологию производства батарей в масштабах гигафабрики. Компании должны быть абсолютно уверены, что **каждый элемент каждого модуля каждого аккумуляторного блока каждого автомобиля** будет работать именно так, как задумано.

И — что особенно важно — не превратит автомобиль вместе с пассажирами в огненный шар из-за микроскопического дефекта, возникшего на производстве. Для этого каждый этап изготовления аккумулятора приходится изучать и испытывать с почти маниакальной тщательностью. Повторяемость технологического процесса и стабильность качества здесь имеют первостепенное

значение. Производители прекрасно понимают: если хотя бы одна дефектная батарея покинет завод и попадёт в автомобиль, последствия могут оказаться смертельными не только для людей в машине, но и для самой компании.

У вас может возникнуть вопрос: почему производители не могут проводить такие разработки и испытания самостоятельно? Почему государство должно тратить налоги, выплачиваемые нами, честными трудящимися гражданами, на решение проблем частного бизнеса? Логика состоит в том, что, сделав подобные центры доступными **для всех компаний**, государство повышает вероятность того, что новые технологии будут внедрять многие фирмы. А чем быстрее распространяются новые аккумуляторные технологии, тем быстрее идёт переход к электромобилям.

В выигрыше оказывается вся страна... и планета. А если уж аккумулятор электромобиля должен пережить какой-нибудь «термический инцидент», я лично предпочту, чтобы он произошёл в контролируемой лаборатории в Уорике, а не в тот момент, когда я мчусь домой по автомагистрали и размышляю, действительно ли пахнет горелым или мне только кажется.

Как государство помогает производителям начать применять новые технологии

Вторая проблема, которую пытаются решить центры типа WMG, связана с тем, что специалисты по промышленной политике называют **диффузией технологий**. Даже если технология существует уже много лет, некоторые производственные компании всё равно не спешат внедрять её у себя. Особенно хорошо это видно на примере компьютерной автоматизации производственных операций — прежде всего на небольших предприятиях. Такое нежелание осваивать новые технологии способно привести к серьёзным последствиям. В последние годы экономисты ломают голову над вопросом: почему малые

производственные фирмы Великобритании уступают по производительности зарубежным конкурентам?

В других странах небольшие предприятия с каждым годом производят всё больше продукции за один рабочий час. В Великобритании производительность упорно остаётся ниже. После долгих споров исследователи пришли к одному из выводов: британские производители могли бы работать эффективнее, если бы активнее внедряли цифровые технологии. Почему же они этого не делают? Опросы выявили множество причин. Одна из них — сомнения руководителей в том, что их сотрудники обладают навыками, необходимыми для работы с новыми технологиями.

Другая — опасение, что адаптация нового оборудования под конкретные потребности предприятия окажется слишком сложной — читай: слишком дорогой. И это совершенно разумные опасения. Зачем рисковать и покупать дорогостоящее оборудование, если вы не уверены, что умеете им пользоваться и что оно действительно повысит эффективность вашего бизнеса? Государство может помочь владельцам небольших заводов в обоих случаях. Можно финансировать программы переподготовки, чтобы сотрудники научились пользоваться новыми производственными технологиями.

А можно создавать демонстрационные центры, куда руководители предприятий будут приезжать, чтобы буквально **поиграть с новыми технологиями** и собственными глазами увидеть, чем они могут быть полезны. Прекрасный пример — учреждение с несколько зловещим названием **Omnifactory**, расположенное примерно в шестидесяти милях к северу от Уорика. Это настоящий промышленный спектакль. Я стою в диспетчерской Omnifactory — в сверкающем золотистом здании на территории Jubilee Campus Ноттингемского университета. На стенах расположены огромные экраны.

На них моделируется работа промышленных роботов и мобильных платформ, которые можно собирать в разные конфигурации для производства крупных авиационных деталей. Одним щелчком мыши движение каждого робота, каждой платформы и всей производственной системы можно смоделировать в цифровой среде, показывая, насколько быстро оборудование перестраивается под выпуск другого изделия. Мы, посетители, вежливо киваем, наблюдая за происходящим на экранах. Затем Светан, руководитель лаборатории, улыбается. Кто-то нажимает кнопку.

Огромная непрозрачная стеклянная стена в конце комнаты внезапно становится прозрачной. И — **вуаля**. Перед нами настоящий завод. Гигантские роботы и всё остальное. И прямо сейчас его производственная конфигурация автоматически перестраивается, в точности повторяя то, что секунду назад показывали на экране. Это прототип одной из возможных моделей **завода будущего** — предприятия, которое способно выпускать практически любой продукт. Задача Omnifactory — показать производственным компаниям возможности и реальную эффективность новейших технологий автоматизации и цифрового производства.

Зрелище впечатляет. Хотя, признаюсь, оно вызывает у меня лёгкое беспокойство. В размерах и движениях этих роботов есть что-то, слишком напоминающее одну из первых сцен фильма *Аватар*. Но этажом выше настроение совершенно меняется. В длинном прозрачном шкафу маленькие белые роботы Kuka, установленные на подвижных платформах, размахивают короткими манипуляторами, изображая какие-то сборочные операции. Они похожи на детёнышей гигантских машин из лаборатории внизу — пока ещё только учащихся работать. Это прототип **мини-Omnifactory**, созданной для того, чтобы показать небольшим производственным компаниям с более скромными бюджетами: новые технологии доступны и им.

WMG и Omnifactory демонстрируют, как деньги налогоплательщиков могут помочь производственным компаниям справиться с появлением новых технологий. Оба центра существуют для того, чтобы снизить риски и неопределённость, с которыми сталкивается предприятие, размышляющее о внедрении новшества. То есть государство помогает **стороне предложения** — самим производителям, позволяя им убедиться в работоспособности технологии и уменьшить риск. Но государство способно вмешаться и с другой стороны — со стороны **спроса**, создавая рынок для новых технологий.

Как государство стимулирует спрос на новые продукты?

Иногда никто не хочет быть первым. Никто не хочет стать тем самым покупателем, который первым решится поставить на новую, ещё не доказавшую себя технологию. И тогда первым покупателем может выступить государство. Покупая инновационный продукт на ранней стадии, оно показывает другим, что технология действительно работает, и одновременно обеспечивает разработчикам столь необходимый первоначальный доход. В следующей главе мы увидим, что государство сыграло чрезвычайно важную роль и в зарождении рынка компьютеров. История первых лет электронной вычислительной техники в США и Великобритании демонстрирует это особенно ясно.

Первые шаги IBM в электронных вычислениях были значительно менее рискованными благодаря тому, что правительство США закупило её оборудование на **сотни миллионов долларов**. Британское же правительство подобной поддержки отечественным компаниям не предоставило — и тем самым, возможно, погубило перспективы одной компьютерной фирмы, которая, по мнению некоторых современников, вполне могла стать соперником IBM. Государство может стимулировать и нас с вами приобретать продукты, основанные на новых

технологиях. Именно такая поддержка особенно заметна при переходе от автомобилей с ДВС к электромобилям.

Покупателям могут предоставлять субсидии, снижающие цену электромобиля. Это одна из главных причин стремительного роста продаж электромобилей в Китае в начале 2020-х. А чтобы снять ту самую тревогу из-за дальности поездки, которая мешала продавать ранние электромобили ещё сто лет назад, государство может прямо или косвенно финансировать сеть зарядных станций. Но у государства есть не только пряник. Есть и кнут. Можно сделать покупку и эксплуатацию определённых товаров менее привлекательной. Для стимулирования продаж электромобилей можно усложнить жизнь владельцам машин на ископаемом топливе.

Зоны сверхнизких выбросов, которые появляются во многих городах мира. Постоянно ужесточающиеся нормы токсичности выхлопа автомобилей с ДВС. Или просто настолько высокие налоги на бензин и дизельное топливо, что ездить становится очень дорого. Всё это способно подталкивать покупателей к автомобилям с низкими или нулевыми выбросами.

А что делать с «непредвиденными последствиями» промышленной трансформации?

Любая крупная производственная перестройка создаёт победителей и проигравших. Внедрение взаимозаменяемых деталей Оноре Блана резко повысило производительность, но одновременно лишило работы множество высококвалифицированных оружейников. То же самое происходит сегодня. Автоматизация производства почти неизбежно приводит к сокращению рабочих мест, даже если часть сотрудников удаётся переучить, а новые технологии создают другие профессии. Особенно заметно это при переходе от сложной конструкции автомобиля с ДВС к гораздо более простому электромобилю.

Изменения проходят через **всю автомобильную цепочку поставок**. Дополнительное давление создаёт искусственный интеллект: как и во всей экономике, в производстве всё больше процессов требуют всё меньшего участия человека. Компании способны многое сделать, чтобы помочь сотрудникам пережить такой переход. Но часть проблем выходит за пределы их возможностей — или хотя бы их бюджетов. И вновь на сцену выходит государство. Оно может финансировать переобучение, помогать создавать новые рабочие места и поддерживать социальную инфраструктуру тех сообществ, которые оказываются под ударами неудержимых волн технологических и экономических перемен.

Горняцкий посёлок Оргрив в Южном Йоркшире стал символом одного из самых болезненных эпизодов британской промышленной истории. В 1980-е здесь происходили жестокие столкновения бастующих шахтёров с полицией — часть затяжного и ожесточённого конфликта вокруг переживавших мучительную трансформацию угольной и сталелитейной отраслей Великобритании. В конечном счёте государство закрыло шахту Оргрив. Сотни людей потеряли работу. Местное сообщество было фактически разрушено. Перенесёмся, однако, в 2000-е годы. Благодаря прямой поддержке местных и центральных властей Оргрив получил новую жизнь.

Сегодня здесь расположен **Advanced Manufacturing Research Centre — AMRC**, ещё один центр, подобный WMG и Omnifactory, предназначенный для испытаний и демонстрации новых производственных технологий и снижения риска их внедрения. О его успехе говорит хотя бы то, какие компании разместили рядом свои производственные мощности:

Rolls-Royce, Boeing и McLaren.

AMRC также управляет центром подготовки учеников и молодых специалистов, которые могут затем получить

хорошо оплачиваемую квалифицированную работу в современной промышленности. Несмотря на знаменитую фразу Рональда Рейгана, вынесенную в начало этого раздела, совершенно очевидно: государство действительно способно играть решающую роль в помощи промышленным компаниям, переживающим технологический переворот. И оно же может смягчать многие нежелательные последствия таких преобразований.

Не всякая инновация радикальна, разрушительна или революционна

Почти всё, что мы до сих пор обсуждали в этой главе, касалось крупных изменений продукта или технологического процесса — изменений, способных серьёзно нарушить существующий порядок производства. Но есть и другой тип перемен. Он затрагивает абсолютно все производственные компании. Он чрезвычайно важен. И всё же некоторые относятся к нему как к бедной Золушке мира инноваций. Чтобы объяснить, что я имею в виду, перенесёмся в аудиторию, где передо мной сидят триста первокурсников инженерного факультета. Перед ними я только что водрузил мобильный телефон 1980-х годов размером примерно с автомобильный аккумулятор.

— А зачем его сделали таким огромным? — спрашивает один студент. Я работаю с одними из самых умных людей на планете, но порой они всё-таки оказываются чуть менее сообразительными, чем я ожидаю. Хотя, справедливости ради, в девять утра промозглым ноябрьским вторником в душной лекционной аудитории никто не демонстрирует пик интеллектуальной формы. Да и вопрос, возможно, не так глуп, как кажется. Первые мобильные телефоны действительно были огромными. Но для своего времени они являлись выдающимся достижением инженерной мысли, вобравшим в себя самые передовые технологии.

Кроме того, они были баснословно дорогими, заряд батареи держался совсем недолго, а поймать сигнал и совершить звонок можно было далеко не везде. Неудивительно, что покупателей было ничтожно мало. Но постепенно запустился цикл, который превратил рынок, состоявший из нескольких богатых техноэнтузиастов, ботаников и любителей покрасоваться, в мир, где мобильных телефонов сегодня **более чем вдвое больше, чем людей**. Как это произошло?

Почему вопли «Алло? АЛЛО?.. ЧТО?.. Да... Я... Я В ПОЕЗДЕ!..» важны для инноваций

По мере того как преимущества мобильных телефонов становились очевиднее, всё больше людей начинали их покупать. Мобильники всё чаще попадались на глаза потенциальным покупателям — пусть даже это означало, что нам приходилось слушать раздражающие крики в поездах. Растущий рынок, в свою очередь, привлекал больше инвестиций. Производители улучшали функциональность и снижали цену, что открывало доступ к телефонам ещё более широкому кругу покупателей. Так возник самоподдерживающийся цикл. Характеристики стремительно улучшались — достаточно вспомнить путь от 1G до 5G.

Стоимость одновременно снижалась. И всего за несколько десятилетий мы пришли в мир, где мобильных телефонов больше, чем людей. Это прекрасный пример другого типа изменений, происходящих в производстве:

постепенных, или инкрементальных, инноваций.

Сначала появляется открытие или изобретение. Затем следуют шаг за шагом небольшие улучшения, позволяющие наладить массовое производство основанного на нём продукта. Улучшения могут касаться самого производства: *Насколько эффективно мы организовали процесс? Можем ли*

мы стабильно выпускать надёжные изделия? Они могут быть связаны с условиями использования продукта: Создали ли мы сеть связи, позволяющую владельцу телефона пользоваться им в достаточном количестве мест? Или с самой технологией: Да, уменьшение размеров телефона тоже относилось к таким улучшениям.

Этот процесс непрерывного, постепенного совершенствования продолжается всё время, пока выпускается продукт. Всё, о чём мы говорили в первой половине книги — производство, транспортировка, реакция на спрос, — постоянно корректируется, отлаживается и совершенствуется.

Управление непрерывными, безостановочными переменами

Продукты совершенствуются постепенно, и поэтому мы часто забываем — или просто счастливо не замечаем, — сколько усилий производителям пришлось приложить, чтобы довести их до нынешнего уровня надёжности, качества и стоимости. В углу моего кабинета стоит большой пластиковый ящик размером примерно с семейный чемодан. В нём хранится кусочек истории телефонии. Точнее, несколько самых популярных — и самых странных — мобильных телефонов, продававшихся с середины 1980-х до 2010-х годов. Я достаю аппараты один за другим и раскладываю по хронологии.

Сначала они постепенно уменьшаются — от размера коробки для обуви почти до спичечной коробки к середине 2000-х. Затем вновь начинают расти: для просмотра интернет-контента нужны большие экраны, а телефон уже служит не только для звонков и текстовых сообщений. Примерно посередине лежит **Nokia 3310**. Это тот самый телефон, который я могу поднять над головой на любой лекции и спросить аудиторию: — У кого когда-нибудь был такой? И почти неизменно вверх поднимается лес рук. Люди

вспоминают его фантастическую батарею, которую можно было измерять не часами, а **неделями**.

Вспоминают почти бетонную неубиваемость, столь далёкую от хрупкости современных смартфонов. И, конечно, с ностальгией вспоминают бессмертную Nokia-игру **Snake** — «Змейка». Но если разложить телефоны только по размеру, история получится слишком поверхностной. Да, аппараты уменьшались в соответствии с предпочтениями покупателей, а инженеры проявляли чудеса изобретательности, запихивая всё больше компонентов во всё меньший объём. Но одновременно сами технологии мобильной связи стремительно развивались и усложнялись. Поэтому инженерам приходилось снова и снова переосмысливать и уплотнять конструкцию.

А затем возник смартфон. Функциональность телефона взорвалась. От звонков и сообщений мы перешли к практически повсеместному мобильному доступу в интернет. Каждый из сотен компонентов и подсистем современного смартфона нужно было не просто изобрести. Каждый из них должен был пройти через безжалостный цикл доработок — точно так же, как аккумулятор электромобиля, — чтобы научиться производить его миллионами экземпляров надёжно и по приемлемой цене. В заводы по всему миру были вложены миллиарды долларов, чтобы наладить выпуск и непрерывное совершенствование одних из самых сложных и миниатюрных электронных систем, которые когда-либо создавал человек.

А мы, покупатели, ничего этого не видим. Мы просто смотрим на красивое блестящее устройство, ставшее неотъемлемой частью современной жизни... и раздражаемся, когда в тоннеле вдруг перестаёт загружаться видео высокой чёткости. Я храню коллекцию старых телефонов именно затем, чтобы напоминать себе об этой почти невидимой и обычно забытой стороне производственных перемен. Теперь мы можем увидеть, что почти у всех производственных трансформаций есть общий

цикл. Он начинается с разработки новой технологии, которая лучше всего отвечает потребностям рынка.

Так возникает **доминирующая конструкция**. После этого производители направляют силы на тысячи мелких улучшений — как самого продукта, так и способов его изготовления, — чтобы выпускать его массово, без дефектов и по приемлемой цене. А если продукту для работы требуется какой-нибудь «расходный материал» — бензин, электричество, чернила, лезвия, патроны, — производители также помогают создавать инфраструктуру, обеспечивающую наличие этого расходного материала нужного качества, по нужной цене и в нужном месте. Но прежде чем закончить главу, я хочу ответить на несколько вопросов, которые, возможно, уже давно не дают вам покоя.

Кто вообще заставляет нас участвовать в этой бесконечной, изматывающей гонке перемен?

Почему всё обязательно нужно непрерывно совершенствовать?

Почему нельзя просто удовлетвориться тем, что уже есть?

Что не так с принципом:

«И так сойдёт»?

Почему мы продолжаем изобретать?

Японский профессор Нориаки Кано предложил удивительно простую идею, которая помогает ответить на эти вопросы. Представьте, что мы вновь оказались на заре автомобилестроения. Если вам удалось совершить выдающийся инженерный подвиг и создать автомобиль, способный стабильно проехать больше двадцати миль, вы почти наверняка находили преданных покупателей. Но благодаря тем процессам, которые мы уже рассмотрели, надёжность и запас хода всех автомобилей постепенно росли. Очень скоро заявление:

«Наша машина проезжает больше двадцати миль!»

уже никого не впечатляло. Чтобы выделиться, нужно было либо ещё больше повысить показатель, либо найти другой критерий. Например, создать машину, которая легче заводится холодным утром. Или мягче проходит неровности. Можно было предложить и то, что приятно удивляет покупателя: удобные сиденья. Или, скажем, крышу над головой водителя и пассажиров. Но автомобиль с крышей всё равно никто не купит, если он не заводится утром или ломается каждые несколько миль. Кано разделил требования покупателей на три категории: **базовые характеристики, характеристики эффективности, и характеристики-восхищения** — то, что приятно удивляет клиента.

И вот главное, что объясняет бесконечную возню с постепенными улучшениями:

требования покупателей не остаются неизменными.

Задумайтесь. Если сегодня вы выбираете автомобиль, едва ли будете сравнивать марки по способности заводится холодным утром. И вряд ли наличие крыши существенно повлияет на решение о покупке. Со временем покупатели начинают воспринимать всё больше характеристик как нечто само собой разумеющееся. То, что вчера восхищало, завтра становится параметром выбора.

«Ух ты, у этой машины есть двери!»

превращается в:

«Хм, двери этой машины можно запирать, а той — нельзя».

А ещё через некоторое время о дверях вообще никто не говорит. Они становятся базовой характеристикой любого автомобиля. И если продавец специально обращает ваше внимание на великолепное качество дверей, вполне возможно, он пытается отвлечь вас от какой-то куда менее

привлекательной особенности машины. Кано удивительно точно объяснил, почему производственные компании **находятся — и вынуждены находиться — в состоянии постоянного движения**. Они должны непрерывно искать способы отличить свой продукт от продукции конкурентов.

Стоит одной компании предложить более высокую характеристику или новую функцию, как остальные вынуждены повторить её, чтобы не отстать. Очень скоро преимущество исчезает. Рынок снова выравнивается. И компаниям приходится искать следующий способ сделать свой продукт «лучше», чем у конкурентов.

Вот почему производство не может перестать совершенствоваться.

Если соединить все истории, которые мы увидели в этой и предыдущих главах, становится понятно, почему руководители производственных компаний так часто выглядят измотанными. Как, надеюсь, теперь уже совершенно ясно, производство больше всего любит стабильность: предсказуемый спрос; надёжных поставщиков; безотказно работающие машины; довольных сотрудников. Но ничто не остаётся стабильным. Покупатели капризны. Поставщики иногда не поставляют. Оборудование ломается. А сотрудники... ну, сотрудники — люди. И поверх всего этого накатывают потрясения: от мгновенных кризисов вроде пандемий и войн до медленно вызревающих перемен — появления новых технологий или изменения общественных взглядов.

А иногда на вас обрушивается **всё сразу**. Эта глава показала, что мир производства способен переживать поистине грандиозные перемены — и последствия этих перемен затрагивают практически каждого из нас. Мы также увидели, что управлять подобными преобразованиями невероятно трудно. Но возможно. И вот я снова стою в производственном цехе завода Strix на острове Мэн. Не могу отвести глаз от сверкающих цепочек ещё не

законченных биметаллических пластин, которые с мерным **клац-клац-клац** выползают из машин, словно сошедших со страниц стимпанк-романа.

Вот это уже ощущается как **настоящее производство**. Масло. Шум. Металл. Физическая сила. Точность. Прибыль. Сложность. Грохот обработки металла.

Аналоговое производство в своём лучшем проявлении.

Но всё остальное в нашей жизни становится всё более цифровым. И я невольно думаю:

что же в конце концов станет с такими заводами?

6. СВЯЗЬ

Как цифровизация изменила — и продолжает менять — мир производства

Когда я вставлял ключ в замок входной двери, боковым зрением заметил что-то неладное. В сероватой дымке позднего зимнего утра дальше по улице на земле лежал велосипед, а у двери соседского дома, слегка ссутулившись, стояла фигура в толстовке с капюшоном. Я развернулся и пошёл в его сторону — пульс чуть участился, дыхание клубилось паром. Подойдя ближе, я с удивлением увидел, чем он занимается. Он доставлял кому-то утреннюю газету. Я уже и не помнил, когда в последний раз видел, чтобы на нашей улице разносили газеты. Если уж на то пошло, мне трудно было вспомнить, когда я сам в последний раз покупал бумажную газету. Конечно, мой личный опыт — выборка из одного человека, и огромное число людей по-прежнему с удовольствием читает новости на бумаге. И всё же упадок газетной индустрии в последние годы оказался поразительным.

Достаточно взглянуть на цифры за последние два десятилетия: — годовые расходы британских домохозяйств на газеты снизились с более чем 9 миллиардов фунтов в 2005 году до 3 миллиардов в 2021-м; — в 2000 году совокупный тираж шестнадцати платных газет Великобритании превышал двадцать миллионов экземпляров; к 2020 году он сократился на две трети; — спрос на газетную бумагу с 2000 по 2017 год упал с двух с половиной миллионов тонн до чуть более одного миллиона. Что произошло? Если совсем коротко: чтобы доставлять новости, мы перешли **от перемещения атомов к перемещению электронов**.

Развитие интернета — особенно после того, как он оказался у нас в телефонах, — полностью изменило способ

потребления информации. Зачем связываться с доставкой домой или покупать в киоске сложенные листы высушенной древесной массы, покрытые типографской краской, если тот же самый материал можно мгновенно получить на телефон в руке или компьютер на столе? В основе преобразования газетной отрасли лежит **цифровизация** — совокупность процессов, позволяющих собирать, анализировать и передавать данные в цифровой форме. Звучит буднично, но именно эти процессы преобразили почти все уголки производственного мира — а вслед за ним почти все стороны нашей жизни.

История того, как это произошло, необычайна. В ней есть революции, безумные изобретатели, пирожные и строительство двух гигантских машин. Я хочу рассказать её, чтобы показать, насколько глубоко цифровизация изменила способы, которыми сегодня вещи производятся, перемещаются и потребляются. А заодно рассказать о некоторых удивительных — и довольно пугающих — вещах, которые могут произойти, если промышленность продолжит столь стремительно двигаться по цифровому пути. Для начала представим три сцены.

Сцена первая

Поздний воскресный вечер. Я только что собрал чемодан перед поездкой в Китай на конференцию и совершенно не хочу готовить. Беру телефон и открываю папку с приложениями, которую назвал «Лень». Нажимаю на приложение, недавно приславшее мне скидочный код, собираю себе пиццу и оформляю заказ в популярной местной пиццерии. Не проходит и получаса, как Мо подъезжает к моей двери на электроскутере и вручает мне тёплую картонную коробку, внутри которой лежит именно то, что я заказал. Каждый этап приготовления моей пиццы и весь путь Мо я мог отслеживать по телефону.

Сцена вторая

На следующий вечер я сижу на месте 43А в Airbus A350-900, пью кофе из бумажного стаканчика и смотрю в иллюминатор на Северное море в начале долгой дуги полёта через Россию в Китай. Слева за окном ревет один из двух двигателей Rolls-Royce Trent. Их тяги достаточно, чтобы сотни тонн самолёта, топлива, меня, остальных пассажиров и всего нашего багажа плавно и стремительно неслись высоко над замёрзшей сибирской тундрой. Все десять часов полёта высоконапорная часть каждого двигателя без единого сбоя вращается примерно со скоростью 12 500 оборотов в минуту при температуре около 1700 °С.

Ничем не примечательный полёт заканчивается посадкой в Пекине как раз к обеду.

Сцена третья

Несколько дней спустя я еду в микроавтобусе через ворота ослепительно белого нового завода на окраине восточнокитайского города Нинбо. Помимо белизны, первым делом поражает его размер: весь промышленный комплекс занимает восемь квадратных километров. Мы подъезжаем к главному входу. На флагштоке развевается огромный китайский государственный флаг — чуть выше стоящих рядом корпоративных. У внушительных стеклянных дверей нас ждут хозяева в чёрных футболках: им предстоит показать нам один из самых новых и передовых заводов электромобилей в мире.

Это не просто завод.

Это умный завод.

Что объединяет эти три сцены? Все они показывают коммерчески успешное использование самого ценного ресурса современного производственного бизнеса:

цифровых данных.

Благодаря технологиям, корни которых уходят на несколько столетий в прошлое, современные предприятия получили доступ к ошеломляющим и постоянно растущим

объёмам этого ресурса. Как мы уже знаем, проблема многих компаний заключается в том, что они не понимают, что делать с непрерывно растущей горой информации. Но некоторые прекрасно знают. И доставка пиццы, обслуживание реактивных двигателей и сборка автомобилей дают прекрасные примеры.

Сначала — пицца

Почему именно пицца? Потому что она стала одним из первых продуктов питания, которые можно было назвать **«подключёнными к интернету»**. Еда, напоминающая пиццу, существует очень давно, но знакомая нам разновидность появилась в Неаполе — что для этой книги весьма символично — примерно тогда же, когда началась первая промышленная революция. Волны итальянской эмиграции постепенно разнесли пиццу по Европе и через Атлантику. А когда американская экономика бурно росла в 1950-е, две инновации помогли пицце выйти из ресторана в дом:

замораживание — впервые выведенное на рынок в 1957 году — и доставка, появившаяся в 1960-м. Перенесёмся в 1994 год. Мир вновь изменился: появился **PizzaNet**. Теперь любой владелец компьютера и модема мог «впервые в истории заказать доставку пиццы из ближайшего ресторана Pizza Hut в электронном виде через всемирную сеть Интернет». Сначала сервис был доступен только жителям Санта-Круза в Калифорнии, и его считают первой в мире системой онлайн-доставки еды. В 1990-е и начале 2000-х заказ еды через интернет становился всё популярнее, хотя приходилось терпеливо ждать, пока по медленному соединению на экране компьютера мучительно собирались зернистые картинки нескольких доступных видов пиццы.

После нажатия кнопки «Заказать эту пиццу» начиналось тревожное ожидание: дошёл ли заказ? прошла ли оплата? или мы просто отдали данные банковской карты какому-

нибудь интернет-мошеннику? и вообще — привезут ли что-нибудь к нашей двери? Сегодня доставка еды доступна через телефон почти мгновенно. Выбор стал абсурдно широким, система обеспечивает безопасность платежей, а весь процесс приготовления и доставки можно отслеживать практически в реальном времени. Путь от PizzaNet до Deliveroo и Uber Eats потребовал колоссальных инвестиций и предпринимательской изобретательности.

Кто-то должен был придумать, как собирать, анализировать и координировать потоки информации между поставщиками — ресторанами, доставщиками — водителями и курьерами — и покупателями. Кто-то должен был создать и поддерживать надёжную, бесшовную и простую платёжную систему, одинаково удобную всем трём сторонам. Затем понадобился способ упорядочить огромное число вариантов так, чтобы мы быстро находили желаемое, причём наш выбор должен был совпадать с тем, что ресторан действительно мог — или хотел — приготовить в данный момент.

И наконец, каждый этап процесса должен был быть виден и производителю, и покупателю. Причём доступ ко всему этому требовалось обеспечить практически мгновенно — для людей, которые привыкли искать и выбирать, сделав несколько касаний по маленькому сенсорному экрану.

Управление летающими системами сбора данных

Вернёмся на место 43А того самолёта в Китай. Между доставкой пиццы, о которой мы только что говорили, и работой двигателей, приводящих в движение большинство современных пассажирских самолётов, есть несколько неожиданных сходств. Реактивные двигатели превратились в многомиллионные **летающие системы сбора данных**. Датчики, встроенные в два двигателя Rolls-Royce под крыльями Airbus A350, на протяжении всего полёта генерировали, сохраняли и передавали данные инженерам в

диспетчерских центрах Европы. Инженеры смотрели на экраны, куда поступали сведения от всех подключённых двигателей, работающих по всему миру.

В этих потоках они способны заметить едва уловимые сигналы, заранее предупреждающие, что техническое обслуживание следует провести немного раньше срока, либо что какой-то узел стоит проверить, отрегулировать или отремонтировать. И тогда ещё до посадки можно сделать так, чтобы самолёт уже ждал инженер нужной квалификации с необходимой деталью или инструментом. В новейших версиях системы инженеры способны даже во время полёта отправлять конкретному двигателю специальные запросы, используя его датчики, чтобы подробнее исследовать замеченную проблему.

И всё это происходило в тот самый момент, когда я бездумно смотрел в иллюминатор и размышлял, что выбрать — курицу или пасту, уже чувствуя запах приближающейся раздачи еды.

Цифровизация делает фабрики умными

Через несколько дней я вошёл в прохладный, стильный атриум нового гигантского завода электромобилей Zeekr в Нинбо. Прямо перед нами на приподнятой платформе стоял всего один автомобиль — ярко-оранжевый Model 001. Мы вежливо ждали, пока огромные экраны позади машины показывали рекламный ролик под грохочущую техномузыку, а затем медленно раздвинулись, открывая ещё одно помещение. Там были выставлены образцы деталей, материалов и вариантов окраски. Всё выглядело безупречно, блестяло и вполне могло бы находиться в любом современном автосалоне.

Но слева было кое-что куда более интересное — именно ради этого мы сюда и приехали. Ещё один гигантский экран. Но на нём демонстрировались изображения и **данные в реальном времени** со всего огромного производственного

комплекса. Это стало возможным потому, что у завода есть собственная закрытая сеть 5G. Благодаря ей руководители Zeekr непрерывно получают данные от тысяч датчиков, установленных на сотнях станков, роботов, автоматических транспортных тележек — AGV, — конвейеров, складских систем и энергетического оборудования по всей территории предприятия.

Датчиками охвачен весь производственный цикл: от литья и механической обработки крупных несущих деталей до сборки примерно пятнадцати тысяч отдельных механических и электронных компонентов, а затем загрузки миллионов строк программного кода, необходимых, чтобы автомобиль ожил. Благодаря этим данным и высокоскоростному анализу руководители почти мгновенно видят сбои — например, вышедшего из строя робота — и могут быстро перенаправить производственный поток, пока проблема устраняется. Более того, как и с авиадвигателями, система позволяет обнаруживать неполадки до того, как они станут серьёзными, и заранее обслуживать проблемное оборудование.

Но данные поступают не только с производства. Zeekr, как многие новые автомобильные компании, в значительной степени является интернет-бизнесом. Компания вложила серьёзные средства в онлайн-продажи и особенно стремится выстраивать отношения с клиентами через мобильные телефоны. Эти данные помогают Zeekr и сотням её поставщиков быстрее реагировать на постоянно меняющийся спрос. То есть применять ту самую сложную стратегию, о которой мы говорили раньше, — **следование за спросом**, когда прогнозируемый спрос максимально тесно связывается с выпуском ровно той продукции, которая требуется.

Теперь у руководителей Zeekr существует непрерывная **цифровая нить данных**, соединяющая конкретного клиента и его индивидуальные предпочтения со сложнейшей производственной системой, которая строит его автомобиль.

Эта связь сохраняется на протяжении всей жизни машины: позволяет устанавливать обновления программного обеспечения и собирать эксплуатационные данные, чтобы вовремя проводить обслуживание. А производитель получает ценнейшую информацию для разработки следующего поколения автомобилей. Все три примера показывают, как цифровизация изменила производство.

В случае Zeekr она преобразила **изготовление** продукта. История пиццы показывает, как она изменила его **доставку**. История реактивного двигателя — его **использование**. А вместе они демонстрируют, как цифровые технологии позволяют всё теснее соединять разные части производственной системы. То же происходит почти во всех отраслях. Но, как мы вскоре увидим, какими бы впечатляющими ни были скорость и масштаб происходящих перемен, нынешний этап — лишь очередная стадия производственной метаморфозы, начавшейся два с половиной века назад.

И она далеко не закончена. В конце лета 2023 года, вооружившись кувшином особенно крепкого кофе, я сел писать для этой главы простое изложение современных и формирующихся тенденций цифровизации производства. Через несколько минут я уже находился в состоянии, которое исследователь интернета Мануэль Кастельс назвал **«информированной растерянностью»**. Слишком много было расплывчатых рассуждений, пустых красивых слов, новых терминов, аббревиатур и восторженных гиперболических картин будущего. Вдохнув, я понял, что придётся начать с основ.

Нужно было разобраться, откуда вообще взялась эта «цифровость» и как на протяжении трёх предыдущих промышленных революций она постепенно сливалась с процессами производства, перемещения и потребления вещей. Я закрыл ноутбук и пошёл прогуляться, чтобы проветрить голову. Вернувшись, начал с смутного школьного воспоминания: кажется, пару столетий назад

какие-то ткацкие станки управлялись перфокартами — и люди яростно сопротивлялись их появлению. Но признаюсь: я довольно плохо представлял себе, как мы прошли путь от автоматизированных станков, которые ломали во Франции времён революции, до умных заводов с 5G и Снуп Догга, рекламирующего Just Eat.

Чтобы заполнить пробелы, придётся вернуться к первой промышленной революции.

Цифровизация и первая промышленная революция

В начале XIX века французский ткач Жозеф Жаккар столкнулся с проблемой. Рынок узорчатых тканей рос, средний класс расширялся, а значит, всё острее ощущалась нехватка высококвалифицированных рабочих, способных настраивать ткацкие станки и работать на них. Жаккар нашёл способ хранить информацию о рисунке ткани на наборах перфокарт. Наличие или отсутствие отверстий в карточках непосредственно управляло подъёмом и опусканием нитей на станке. Таким образом, любой станок, оснащённый системой Жаккара, мог практически без участия человека воспроизвести нужный рисунок.

Как это часто происходило при появлении новых производственных технологий — вспомним взаимозаменяемые оружейные детали Блана, — квалифицированные работники пришли в ярость: новая система лишала их части хорошо оплачиваемой работы. Но перфокарты Жаккара показали нечто куда более важное, чем способ управления ткацким станком. Они продемонстрировали значение **закодированной информации для производства**. «Аналитическую машину» Чарльза Бэббиджа, задуманную в 1830-е годы, принято считать первым универсальным вычислительным устройством — машиной, способной без участия человека выполнять множество арифметических и логических операций.

Она выросла из более ранней «разностной машины» Бэббиджа — впечатляющего устройства, хотя скорее калькулятора, чем компьютера, — а также из идей других изобретателей, включая Жозефа Жаккара. Инструкции для этой удивительной машины кодировались наличием и отсутствием отверстий в перфокартах. Но Бэббиджу требовалось ещё кое-что: своего рода **рецепт**, программа, которой машина должна следовать. Нужен был человек, способный написать программное обеспечение, которое затем можно было бы закодировать на перфокартах. Такой человек нашёлся.

Английская аристократка Ада Лавлейс сотрудничала с Бэббиджем и написала первую в мире компьютерную программу. В ту же эпоху появились первые технологии передачи данных на большие расстояния — ещё крошечный, но необходимый шаг на пути к современному интернету. Одна из самых успешных ранних систем началась... на кухне. Французская революция разрушила планы Клода Шаппа стать священником, и тот резко сменил направление жизни, занявшись разработкой дальних средств связи. Его первые попытки передачи простых сообщений основывались на том, чтобы с помощью переделанных часов хорошенько ударять по различным кухонным предметам.

Да, совершенно серьёзно. Гораздо большего успеха он добился, перейдя от звука к зрению. Его оптическая система сочетала синхронизированные часы, телескопы, поворачивающиеся чёрно-белые деревянные панели и книгу кодов. И, что удивительно, работала довольно хорошо. За исключением ночи. И тумана. Чтобы избавиться от зависимости от дневного света и погоды, многие изобретатели экспериментировали с электричеством. Одну из наиболее успешных систем разработал художник, ставший изобретателем, — Сэмюэл Морзе. Он создал не только знаменитый код из точек и тире, но и способ передавать сообщения на большие расстояния по медным проводам.

Цифровизация и вторая промышленная революция

Вторая промышленная революция заключалась не только в росте объёмов производства.

Рос и географический масштаб.

Дешёвая сталь дала мощный толчок железным дорогам, позволив перевозить сырьё и готовые изделия на огромные расстояния. Электрификация означала, что энергию для машин можно было получать далеко от места её производства. Фабрики теперь могли располагаться вдали от источников сырья, энергии и даже рынков сбыта. А широкое распространение телеграфа — после того как система Морзе стала доминирующим стандартом — обеспечило связь. То есть часть второй промышленной революции заключалась в том, что уже существовавшие технологии начали применяться в невиданном прежде масштабе.

Но революционной эту эпоху сделала и скорость распространения целого набора новых идей, которые сегодня мы называем **информационно-коммуникационными технологиями**. Вот лишь несколько примеров. В сфере связи мы перешли от точек и тире к живой, синхронной передаче человеческого голоса по тем же медным проводам — благодаря, среди прочих, Александру Грэму Беллу. А затем избавились даже от проводов — благодаря работам итальянского аристократа Гульельмо Джованни Мария Маркони. Его технология позволила дешевле передавать сообщения между удалёнными точками: уже не требовались километры медного кабеля, подвешенного на телеграфных столбах, зарытого в землю или уложенного по морскому дну.

Появилась и мобильная связь — особенно полезная для судоходства. По мере роста производственных организаций требовались новые способы собирать, обрабатывать и анализировать данные. Одним из ключевых новаторов здесь стал Герман Холлерит — американский статистик и изобретатель немецкого происхождения. Правительство

США поручило ему решить проблему обработки данных о стремительно растущем населении страны. Опираясь на идеи, возникшие ещё в первую промышленную революцию, Холлерит разработал механический способ автоматизировать обработку переписи населения.

И снова в основе лежала технология, родственная перфокартам жаккардовского станка. Устройство оказалось чрезвычайно успешным. Настолько, что впоследствии именно эта технология стала одной из основ компании, которой суждено было превратиться в одного из крупнейших производителей компьютеров в мире:

IBM.

Цифровизация и третья промышленная революция

К концу Второй мировой войны промышленное производство достигло ошеломляющих масштабов. И, как часто бывает в периоды кризиса, принцип «нужда заставит» помог инженерам сносить привычные барьеры на пути инноваций. Перед лицом угрозы самому существованию многие препятствия, о которых мы говорили в главе 5, просто исчезали. Одним из важнейших открытий той эпохи стало осознание мощи компьютеров — аналоговых и электромеханических — при решении чудовищно сложных задач: например, взлома германского военного шифра «Энигма»

или создания атомной бомбы. После войны, когда за крупными конфликтами обычно следует экономический спад, промышленные компании конца 1940-х начали искать новые возможности. Некоторые увидели потенциал новомодных вычислительных машин: те могли сделать бизнес значительно эффективнее. И я был чрезвычайно рад узнать, что одной из первых компаний, успешно применивших компьютеры в бизнесе, занималась вовсе не ракетами, высокой финансами или разработкой лекарств. Она пекла и продавала пирожные. Об этом я узнал

совершенно случайно — благодаря рассадке за ужином в одном из кембриджских колледжей в начале 2000-х.

Я придвинул стул к длинному столу, и человек справа повернулся ко мне: — Я Морис Уилкс. Мозг на мгновение отказался осмысливать услышанное. Морис Уилкс был одним из самых влиятельных людей в ранней истории электронных вычислительных машин. Я только что сел рядом с человеком, который для компьютерной науки был примерно тем же, чем Леонардо да Винчи или Альберт Эйнштейн для своих областей. Постепенно придя в себя, я за ужином узнал, что связь между моим соседом по столу, электронными компьютерами и промышленным производством пирожных была весьма простой.

В конце 1940-х Морис руководил командой, разработавшей и построившей **EDSAC** — один из первых компьютеров с хранимой программой, полностью работоспособного электронного потомка механической аналитической машины Бэббиджа. Сначала EDSAC использовался Морисом и его коллегами в Кембриджском университете как исследовательский инструмент. Примерно в то же время два руководителя одной из самых успешных британских компаний общественного питания, **J. Lyons and Co.**, искали способы повысить эффективность своих больших и всё более сложных производственных операций.

После ознакомительной поездки в США им посоветовали обратиться к Морису Уилксу и его EDSAC в Кембридже. Одно привело к другому — и вскоре EDSAC породил **Lyons Electronic Office**, или **LEO**, одну из первых электронных вычислительных систем, созданных специально для бизнеса. Руководители Lyons использовали LEO для анализа огромных массивов информации о продажах, поставках и производстве. Правда, машины LEO были гигантскими — примерно с теннисный корт, — стоили по современным деньгам около трёх миллионов фунтов и требовали отдельной команды высококвалифицированных

специалистов, которые постоянно уговаривали их не ломаться.

Но, применив такие машины, J. Lyons and Co. доказала нечто чрезвычайно важное. Компания стала одним из тех жизненно необходимых **ранних пользователей**, которые берут на себя риск первыми внедрить новую технологию в реальную работу и тем самым показывают её потенциал. Это стимулирует инвестиции. Технология совершенствуется. Производительность растёт. Она становится привлекательнее для новых покупателей. На рынок выходит больше компьютеров. Больше компаний видит их коммерческий потенциал. И так далее. Тем временем, пока рос рынок этих гигантских компьютеров, другие очень умные люди разрабатывали технологии, которым предстояло вывести вычислительную технику из специально оборудованных комнат с кондиционерами прямо в производственные цеха и на офисные столы.

До 1950-х основная функция любого цифрового электронного компьютера — хранение и переключение между нулями и единицами, необходимое для выполнения логических операций, — обеспечивалась вакуумными лампами. Они напоминали старомодные электрические лампочки и управляли потоком электрического тока между электродами внутри стеклянной вакуумной колбы. Как цифровые переключатели они работали неплохо, но имели несколько серьёзных недостатков: потребляли массу энергии, выделяли много тепла, и часто выходили из строя. А поскольку для сколько-нибудь полезных вычислений требовались тысячи этих хрупких и капризных устройств, неудивительно, что ранние компьютеры были огромными и требовали постоянного внимания специалистов в лабораторных халатах.

А затем произошли два выдающихся технологических прорыва, полностью изменивших вычислительный мир.

Всё становится меньше: от ламп к транзисторам

В 1956 году трое американских учёных получили Нобелевскую премию за исследования материалов, находящихся где-то между проводниками и изоляторами:

полупроводников.

Полупроводниковые материалы позволили создавать устройства, выполнявшие ту же функцию, что и вакуумная лампа, — электронные переключатели, способные представлять цифровую единицу или ноль, — но гораздо меньшие и значительно надёжнее. Поскольку эти миниатюрные переключатели могли то пропускать электроны, то препятствовать их движению, их назвали **транзисторами**. Разработка полупроводников и замена вакуумных ламп транзисторами стали огромным прорывом. Надёжность вычислительной техники резко выросла, а её размер и стоимость значительно уменьшились.

Одновременно появлялись относительно удобные языки программирования, и рынок коммерческих компьютеров начал расширяться. Компьютеры всё ещё оставались довольно крупными и дорогими, но теперь их скорость и надёжность позволяли приобретать их уже не только самым богатым корпорациям. Преимущества, которые много лет назад Lyons продемонстрировала с помощью LEO, становились доступны всё большему числу компаний. Постепенные инновации привели к появлению так называемых **мини-компьютеров** — и даже предприятия со сравнительно скромным бюджетом получили доступ к серьёзным вычислительным мощностям.

Но темп прогресса ускорился, и впереди был ещё один прорыв, который практически экспоненциально увеличит производительность компьютеров.

Всё становится ещё меньше... и объединяется

Первые транзисторы выглядели как крошечные чашечки шириной в пару миллиметров, из которых торчали три

проволочки. По сравнению с вакуумными лампами они были миниатюрными и позволили создавать множество новых компактных электронных устройств — не только компьютеров, но, например, и тех самых транзисторных радиоприёмников, название которых происходило непосредственно от новой детали. Но инженеры пошли дальше. Они научились делать **плоские — планарные — транзисторы**, вытравливая их прямо на кремниевой пластине. А затем окончательно разошлись и задумались:

если так можно сделать транзистор, почему бы тем же способом не изготовить и другие электронные компоненты, а потом соединить их в одном устройстве? К собственному удивлению, они обнаружили, что это возможно. Так появилась **интегральная схема**. Затем произошло нечто удивительное: инженеры смогли разместить на одном кремниевом «чипе» все схемы, необходимые для работающего компьютера, — не только транзисторы, но и резисторы, диоды, конденсаторы и множество других компонентов. Так появился **микропроцессор**. Теперь всё необходимое для новой компьютерной революции было готово.

Вот только сначала революция почему-то не началась. Сегодня это кажется странным, но после того, как инженеры сумели уменьшить целый компьютер до крошечного кремниевого чипа, никто толком не понимал, **зачем людям вообще нужны такие маленькие компьютеры**. Большинство компьютерных компаний, разбогатевших на продаже гигантских машин и сопутствующих дорогостоящих услуг, поначалу не видели ценности в миниатюрных компьютерах. А те, кто всё-таки видел, боялись, что новые устройства начнут конкурировать с их основным бизнесом.

Потенциальные покупатели тоже сомневались. Что, собственно, делать с маленьким компьютером? Чтобы началась новая эра вычислительной техники — та самая,

которая вскоре полностью преобразит производство, — требовались две вещи.

Какое приложение станет «убийственным» для маленького компьютера?

Нужно было найти настолько убедительное применение, чтобы человек сказал:

«Мне это необходимо!»

Если явной потребности в маленьком компьютере нет, спроса тоже не будет. А если нет спроса, никто не станет строить фабрики для массового выпуска таких машин. Оказалось, что тем самым **killer app**, «убийственным приложением», для персональных компьютеров стала программа, которую сегодня мы воспринимаем как нечто совершенно обыденное:

электронная таблица.

Появление электронных таблиц на ПК сделало нечто необычайно важное:

оно демократизировало обработку и анализ данных.

Теперь даже небольшая фирма, купив сравнительно дешёвый персональный компьютер, получала возможности, прежде доступные только огромным компаниям с дорогими вычислительными системами. Производительность резко возрастала: множество изнурительных бумажных операций — например, в бухгалтерии — выполнялись намного быстрее. А анализ данных прямо за рабочим столом помогал оперативнее находить новые коммерческие возможности. И по мере снижения стоимости ПК все эти преимущества становились доступными даже самым маленьким фирмам.

Но вычислительная мощность не могла стать по-настоящему массовой, пока кто-то не начал производить и продавать **миллионы** дешёвых небольших компьютеров. Нужны были предприниматели и инвесторы, способные

вызвать очередной из тех штормов **созидательного разрушения**, о которых писал Йозеф Шумпетер.

Созидательное разрушение снова берётся за дело

Те, кто обладал хотя бы небольшим воображением, увидели масштаб возможности и начали финансировать новые компании, заполняя пустоту, оставленную инертными гигантами. Рынок персональных компьютеров рос настолько стремительно, что — как сегодня происходит с электромобилями — крупные корпорации быстро поняли, что упускают огромное дело. Могущественная IBM ринулась создавать собственный персональный компьютер, предлагая консервативному бизнесу преимущества компактного настольного ПК, но при этом — надёжность и престиж бренда IBM, а не какие-то подозрительные устройства и программы от безумных стартапов с нелепыми названиями вроде **Apple** и **Microsoft**.

В 1970-е, 1980-е и 1990-е рынок малых компьютеров вырос от десятков тысяч до сотен миллионов устройств — благодаря тесному взаимодействию рынков аппаратного и программного обеспечения. Появлялись новые программы с привлекательными функциями, которые лучше работали на более мощных ПК. Производители отвечали всё более быстрыми процессорами, большими объёмами памяти и ёмкими жёсткими дисками, торопливо собирая из них новые компьютеры. Это позволяло разработчикам программного обеспечения добавлять новые функции. Те начинали выжимать из компьютеров максимум процессора и памяти.

Производителям приходилось проектировать ещё более мощные машины. Это давало программистам возможность добавить ещё больше функций. Которые снова требовали ещё более мощных компьютеров... Ну, вы поняли. И тут я осознал, что плохо представляю себе, каково было **работать в промышленности**, когда вокруг происходили все эти

невероятные перемены. Я позвонил двум недавно вышедшим на пенсию коллегам — Тому и Джону, которые начали работать на заводах ещё в 1970-е, в самом центре этой революции.

От «вечно слишком поздно» через «подпольно» — к демократизации анализа данных

В крупных и сложных промышленных компаниях 1970-х и 1980-х большие и мини-компьютеры уже встречались довольно часто. Но вычислительная техника считалась специализированной службой, к которой напрямую должны были иметь доступ только программисты. Если инженеру требовалось проанализировать данные, он заполнял заявку, проходил процедуру согласования и терпеливо ждал несколько дней — иногда недель, — пока ему вернут результаты. Как сказал Джон:

«Та информация, которую ты всё-таки получал, обычно была мало полезна и всегда приходила “чуть-чуть слишком поздно”».

Когда на рынке начали появляться ПК, некоторые руководители быстро поняли, что с помощью новомодных электронных таблиц можно мгновенно анализировать данные прямо у себя на столе. И нередко первые персональные компьютеры появлялись на заводах почти **«под радаром»** — благодаря энергичным молодым сотрудникам вроде Тома и Джона. Им не хотелось терпеливо ждать, пока кто-нибудь обработает данные. Не хотелось и считать символом статуса право диктовать документы секретарше, которая затем будет печатать отчёты. Однако демократизация вычислений нравилась далеко не всем.

Том вспоминает, как старшие руководители тревожились: появится множество независимых источников данных и анализа, возникнет путаница, а вместе с ней — как им казалось — они лишатся части контроля и власти,

необходимых для бесперебойной работы производства. Но ценность ПК для промышленности быстро стала очевидной. Изготовление, перемещение и потребление товаров вскоре в той или иной форме начали совершенствоваться с помощью небольших компьютеров. Руководители лучше справлялись со сложностью процессов внутри фабрик и цепочек поставок.

Данные можно было обрабатывать быстро и представлять так, чтобы сразу видеть тенденции и реагировать на изменения спроса. Очень скоро возник целый **алфавитный суп** из аббревиатур, обозначавших способы применения компьютеров практически во всех областях производства: CAD, CAE, CIM, CAM, CAPP, CAQ. Но Том и Джон подчеркнули ещё одну важную переменную. Появление маленьких компьютеров было лишь частью гораздо более широкой технологической трансформации, напрямую восходившей к Жозефу Жаккару и его ткацким станкам. Другая часть третьей промышленной революции касалась перераспределения задач между человеком и машиной.

То есть **автоматизации**.

Автоматизация — это не только роботы

Ещё в 1950-е американский предприниматель и специалист по автоматизации Джон Диболд заявил: «Думаю, справедливо сказать, что автоматизация несёт промышленности вызов и возможности, сравнимые с любыми другими за всю её историю». Заявление показалось мне довольно смелым, и я решил разобраться. Я как раз ломал голову, с чего начать, когда очень кстати увидел объявление о лекции под названием:

«Стоит ли нам автоматизировать?»

Я рассудил: если мой коллега Дункан собирается отвечать на этот вопрос, сначала ему придётся объяснить, **что вообще такое автоматизация**. Открыв позже свой потрёпанный маленький блокнот Moleskine и перечитав каракули,

сделанные в тот вечер, я свёл услышанное к двум положениям: **Любой производственный процесс представляет собой цикл из четырёх этапов: решить — воздействовать — выполнить операцию — воспринять результат. Любой из этих этапов может выполнять человек или машина.**

И то, что мы способны автоматизировать какую-либо операцию, ещё не означает, что её всегда следует автоматизировать.

Дункан объяснял, что Джон Диболд имел в виду использование машин на каждом этапе цикла **решить — воздействовать — выполнить — воспринять**. И Диболд был прав как насчёт масштаба возможностей, так и насчёт сложности. Компании, которым удаётся грамотно внедрить автоматизацию, получают резкий рост производительности, качества и безопасности одновременно со снижением затрат. Но добиться этих преимуществ на практике невероятно трудно. И уж точно недостаточно просто купить пару промышленных роботов и включить их в розетку. На самом деле робот — лишь одно из множества устройств, способных выполнить этап «воздействовать» и затем физическую операцию.

Существуют сотни других средств промышленной автоматизации: конвейеры, электродвигатели, переключатели, насосы. Просто они не столь эффектно смотрятся перед камерой, как огромный ярко раскрашенный робот, осыпающий искрами кузов автомобиля во время сварки. Для этапа «воспринять» — проверить, выполнена ли операция правильно, — разработаны устройства, автоматизирующие практически все органы чувств: **осязание** — чтобы робот мог брать хрупкие предметы, не раздавив и не уронив их; **зрение** — от простейших сканеров штрихкодов до полноценных машинных систем зрения;

радиоволны — например RFID-метки; **слух** — например для распознавания неправильного звука работающего

оборудования; и даже **обоняние и вкус** — с помощью тонко откалиброванных химических датчиков. И наконец, существуют технологии, позволяющие решать — или помогать человеку решать, — что именно нужно сделать и как управлять всем процессом. Одной из ключевых технологий здесь стал специально защищённый промышленный компьютер — **программируемый логический контроллер**, PLC, впервые разработанный в конце 1960-х. Однако все эти умные технологии породили новую проблему:

как объединить всё это огромное разнообразие средств автоматизации в единую систему предприятия?

Появилось новое программное обеспечение — а вместе с ним армии консультантов, прекрасно почувствовавших коммерческую возможность. Они обещали компаниям нирвану в виде «**единого решения**», которое поможет таким руководителям, как Том и Джон, соединить всё внутри фабрики и по всей цепочке поставок. Но уже приближалась технология, которой предстояло вывести эту взаимосвязанность на совершенно новый уровень.

Всё начинает соединяться

Одной из моих любимых телепередач в детстве была программа BBC **Tomorrow's World** — «Мир завтрашнего дня». Ведущие с восторгом рассказывали и демонстрировали — с разной степенью успеха — удивительные вещи, которые, по мнению специалистов, однажды должны были войти в нашу жизнь. Несколько лет назад, просматривая богатейший онлайн-архив программы, я наткнулся на ролик 1967 года под названием «**Домашний компьютерный терминал**». Трёхминутный чёрно-белый сюжет показывает один день из жизни промышленного консультанта Рекса Малика, установившего у себя дома устройство, которое в то время никак нельзя было назвать обычным предметом быта.

Я очень советую посмотреть этот ролик по двум причинам. Во-первых, он удивительно точно предсказывает многие вещи, которые сегодня кажутся совершенно естественными. Во-вторых, если попытаться посмотреть на него глазами человека 1967 года — эпохи, когда компьютер представлялся огромной машиной в комнате с кондиционером, обслуживаемой людьми в белых халатах, — всё показанное выглядит совершенно безумно. Рекс неловко полулежит в постели в пижаме под ярким светом телевизионной съёмочной группы. Вдруг он отрывается от газеты: огромный «телетайпный» терминал — нечто похожее на гигантскую электрическую пишущую машинку на колёсах — начинает громко стрекотать.

И респектабельный бархатный голос диктора BBC сообщает нам, что Рекс «ощущает пульс делового мира, не вставая с постели. Котировки акций и тенденции рынка доступны ему через первый в Европе домашний компьютерный терминал. Этот терминал соединён с гигантским мозгом, находящимся в десяти милях отсюда, в самом центре Лондона. Это один из двух терминалов, которые Малик установил в экспериментальных целях: он хочет узнать, смогут ли они управлять его жизнью — и его домом». Затем диктор объясняет, что специалисты предсказывают:

«Через двадцать лет все новые дома будут строиться со специальными компьютерными разъёмами, а аренда терминала будет обходиться дешевле, чем сегодняшний телефон. Не придётся осваивать сложный язык, чтобы понимать, что сообщает компьютер [...] Каждый день компьютер напоминает Рексу Малику, где тот должен находиться: свой ежедневник он хранит в памяти этого мозга». Спустя более полувека становится очевидно, насколько меткими были некоторые из этих предсказаний. История того, как мы в итоге получили современный сетевой «гигантский мозг», прекрасно рассказана в других книгах, но её можно свести к трём этапам:

— в конце 1960-х американское Агентство перспективных исследовательских проектов, ARPA, создаёт **ARPANET**, чтобы соединить крупные исследовательские компьютеры по всей стране; — тем временем другие государства создают собственные компьютерные сети; благодаря новым коммуникационным протоколам разрозненные сети становится возможно объединить в одну гигантскую взаимосвязанную систему — **интернет**; — к середине 1990-х разрешается коммерческое использование интернета, а появление Всемирной паутины — World Wide Web — приводит к взрывному росту доступа и использования.

Эти три шага — плюс несколько тысяч других открытий, которые я здесь благополучно пропустил, — превратили демонстрацию Рекса Малика 1967 года в реальность. И позволили добиться намного большего, чем исследователи ВВС могли тогда вообразить. Но есть одна вещь, которую даже Малик и ВВС не предвидели: сегодня мы считаем само собой разумеющимся, что доступ к этому «гигантскому мозгу» находится у нас на ладони практически в любой точке мира.

Связь становится мобильной

Стоит однажды начать замечать их — и окажется, что они повсюду. Вышки мобильной связи стали привычной частью и городского, и сельского пейзажа. Сейчас я проявлю невероятное самообладание и не стану открывать ещё один информационный гидрант, чтобы окатить вас фактами о — как мне кажется — чрезвычайно увлекательном мире макро-, микро-, пико- и фемтосот, а также о тысячах низкоорбитальных спутников, совместная работа которых позволяет нам где угодно смотреть сериалы запоем, звонить по FaceTime или следить за работой фабрики.

Две цифры хорошо показывают масштаб роста рынка мобильных телефонов за последние четыре десятилетия: 0 — количество мобильных телефонов, проданных в 1982 году. 1

300 000 000 — количество мобильных телефонов, проданных в 2023 году. С 1980-х мы прошли путь от полного отсутствия мобильной связи до того, что сегодня в среднем на каждого жителя планеты приходится по одному мобильному номеру. А после появления смартфона примерно в 2007 году почти все эти устройства перестали быть просто телефонами. Они превратились в карманные устройства доступа к интернету.

К началу 2010-х в мире насчитывалось около миллиарда ПК, пять миллиардов пользователей мобильных телефонов и интернет, который продолжал расти, изменяться и проникать практически во все стороны нашей жизни. К середине 2010-х масштаб и влияние этой непрерывно растущей связанности на то, **как мы производим, перемещаем и потребляем вещи**, заставили некоторых исследователей заявить, что человечество вступило в очередную промышленную революцию.

Так существует ли на самом деле Четвёртая промышленная революция?

Когда я пишу эти строки в 2024 году, всё ещё трудно понять, действительно ли мы находимся в начале новой революции — или просто третья промышленная революция перешла в ускоренный, изрядно перекофеиненный режим. Полагаю, всё зависит от определения. Вот как описывает **Четвёртую промышленную революцию** человек, популяризовавший этот термин, — профессор Клаус Шваб, основатель Всемирного экономического форума:

«Предыдущие промышленные революции освободили человечество от зависимости от мускульной силы животных, сделали возможным массовое производство и дали миллиардам людей доступ к цифровым технологиям. Однако Четвёртая промышленная революция принципиально иная. Для неё характерен целый спектр новых технологий, соединяющих физический, цифровой и биологический миры, воздействующих на все дисциплины,

экономики и отрасли и даже ставящих под вопрос наши представления о том, что значит быть человеком». Звучит впечатляюще. Но что это означает для производителя **сегодня?**

Похоже, в новом производственном контексте есть две действительно важные особенности, которые уже существуют и прямо сейчас влияют на нашу жизнь. Во-первых, даже по сравнению с ситуацией несколько лет назад мы располагаем на порядки большим объёмом данных по всему циклу **«производить — перемещать — потреблять»**. А соединение этих данных с удалённым доступом к невероятно мощным и дешёвым вычислительным ресурсам позволяет компаниям делать вещи, о которых раньше нельзя было и мечтать. Для начала посмотрим, откуда вообще берутся все эти данные.

Подключить к интернету всё

В 1999 году Кевин Эштон, тогда бренд-менеджер компании P&G, сказал: «Мы должны дать компьютерам собственные средства сбора информации, чтобы они могли самостоятельно видеть, слышать и обонять мир во всей его случайной великолепной сложности». Он говорил о необходимости создать **Интернет вещей**. Интернет вещей — **IoT** — действительно существует, и название довольно точно описывает его суть. Если обычный интернет соединяет компьютеры, то IoT внедряет технологии в физические предметы, позволяя им создавать, передавать, получать и обрабатывать данные.

Таковыми «вещами» могут быть: телефон, часы, автомобиль, охранная сигнализация, радионяня, холодильник. Технологии IoT — крошечные передатчики, приёмники, датчики и процессоры — сегодня повсеместно используются в промышленности. Там их вполне предсказуемо называют **Промышленным интернетом вещей — ПоТ**. Именно ПоТ позволяет собирать данные с реактивных двигателей,

ревущих в ледяном воздухе на высоте десяти тысяч метров над российской тундрой, и передавать их в Великобританию, где информация анализируется на экранах в комнате с кондиционером.

Именно благодаря ПоТ курьер Мо знает, где и когда забрать мой заказ и куда его отвезти, а я могу в реальном времени наблюдать весь процесс на телефоне. Именно ПоТ координирует данные от роботов и AGV на заводе Zeekr в Нинбо, заставляя систему работать максимально эффективно и мгновенно реагировать на изменение потребительского спроса или сбой в цепочке поставок. В этом гиперсвязанном мире практически мгновенный доступ к колоссальным объёмам данных в сочетании с огромными вычислительными мощностями позволяет делать нечто удивительное.

Мы начинаем создавать параллельные вселенные.

Создание «цифровых двойников»

Ладно, «параллельные вселенные» — возможно, слегка громко сказано. Но возможности действительно впечатляют. Возьмём всё те же авиадвигатели. Благодаря ПоТ-устройствам на двигателе и доступу к вычислительным мощностям, сопоставимым с суперкомпьютерами, инженеры могут не просто наблюдать за его работой в полёте. Они способны создать полностью виртуальную копию конкретного двигателя —

цифрового двойника.

На этой рабочей виртуальной модели настоящего двигателя можно безопасно экспериментировать с параметрами. Допустим, реальный двигатель внезапно начал потреблять чуть больше топлива, чем ожидалось. Инженеры могут почесать головы и испытать различные решения на цифровом двойнике. Если одно из них сработает, после посадки самолёта то же самое можно

сделать уже с настоящим двигателем. Неудивительно, что концепция цифрового двойника вызывает огромный интерес у крупнейших промышленных компаний самых разных отраслей. Но оправдывает ли сама способность столь быстро собирать и анализировать гигантские массивы данных разговор о «новой революции»?

Возможно. Однако революция это или нет, по мере дальнейшего продвижения в новую эпоху цифрового гиперсоединённого производства нам необходимо очень внимательно отнестись к **четырёх большим проблемам**.

1. Будущее уже наступило — просто распределено оно пока неравномерно

Несколько лет назад я сидел со студентами в тесной переговорной комнате при небольшом заводе. Компания выпускала датчики для обнаружения различных видов загрязнения. Директор рассказывал о своих трудностях. Бизнес быстро рос, но вместе с ростом заказов возникали операционные проблемы. Особенно трудно становилось отслеживать отдельные заказы — понимать, на каком этапе сборки каждый из них находится в данный момент. Студенты, возможно слегка перевозбуждённые недавней лекцией о цифровизации, сразу начали предлагать решения:

использовать IoT для отслеживания компонентов и полуфабрикатов внутри завода; установить в цехах экраны, на которых данные будут видны всем; автоматически выявлять проблемы; может быть, даже подключить систему к телефону руководителя, чтобы она сообщала ему, когда производственный поток нарушается. Директор вежливо выслушал. Прокашлялся. И сообщил, что всё это звучит великолепно. Но почти все данные у него сейчас записаны на разных клочках бумаги. Поэтому, возможно, самым полезным началом было бы просто **создать электронную таблицу и ввести туда цифры**.

Лица студентов одновременно выражали разочарование и смущение. Они столкнулись с реальностью, о которой нередко забывают, говоря о новой промышленной эпохе. Большинство производственных компаний — вовсе не гиганты вроде Rolls-Royce, Volkswagen или AstraZeneca. И не сверхбогатые команды «Формулы-1». И не щедро профинансированные высокотехнологичные стартапы. Около **99,9 процента** производственных компаний относятся к малым и средним предприятиям — SME. Они невелики, обладают глубокими знаниями в своей узкой сфере, но ресурсов для экспериментов у них немного.

А это серьёзная проблема. Новая промышленная революция будет продвигаться крайне медленно, если сотни тысяч небольших фирм не получают доступа к необходимым технологиям и навыкам.

2. А можно я её пну?

Именно такой несколько тревожный вопрос задали милому человеку, демонстрировавшему на выставке поразительную робототехнику. Речь шла о **Spot** — робопсе, которого уже сегодня можно купить у американской Boston Dynamics. Spot показывали как пример машины, способной выполнять опасную или скучную работу вместо человека — например, обследовать удалённые или небезопасные объекты. Новые технологии обещают массу преимуществ и нам как потребителям, и тем, кто работает в новом, пропитанном данными производственном мире. Но как одни фирмы в нём будут процветать, а другие — бороться за выживание, так и между людьми возникнут различия.

Хороший пример — цифровая логистика доставки на дом, отрасль стоимостью около **150 миллиардов долларов в год**. В 2021 году Туранджан Салур, руководитель британского подразделения Getir, сказал, что его бизнес «**демократизирует право на лень**». Почему только богатые должны иметь возможность не ходить по магазинам? Если

новая промышленная революция делает домашнюю доставку доступной для большего числа людей, это ведь прекрасно? Но есть и другая сторона. За гладким цифровым интерфейсом доставки еды всё ещё скрывается очень человеческий труд.

Мо — тот самый курьер с пиццей — часами ездит на скутере по тёмным, залитым дождём, разбитым улицам Кембриджа, привозя еду таким людям, как я, сидящим в тёплом доме. И получает за это весьма скромные деньги. Этот сегмент производственного мира представляет собой **«затратный бизнес с низкой маржой, зависящий от масштаба»**. То есть? Он должен быть огромным — отсюда гигантские расходы на рекламу с Робертом Де Ниро и Снуп Доггом. И он должен быть предельно эффективным, сокращая затраты везде, где только возможно, иначе прибыли не будет.

Поэтому вся эта отрасль зависит от сотен тысяч людей вроде Мо, готовых в любую погоду носиться по улицам городов.

3. Автоматизация наших решений

В ноябре 2022 года один из моих аспирантов, Карл, предложил показать на заседании нашей исследовательской группы только что выпущенный **ChatGPT**. Поначалу всё казалось забавой. Мы, как положено занудам, заставляли его писать сообщения в стиле разных людей. Будучи **большой языковой моделью** — **LLM**, ChatGPT использует искусственный интеллект для создания похожих на человеческие ответов, обучаясь закономерностям на огромных массивах сохранённого текста. Такие модели дают множество преимуществ: более эффективное обслуживание клиентов — например, чат-бот, отвечающий почти как человек;

повышение производительности множества офисных профессий. А ещё они заставили преподавателей с ужасом

понять, что теперь некоторые учебные задания студенты способны выполнить за секунды вместо часов. ИИ оказывает серьёзное влияние и на промышленность. В главе 1, возможно, вы помните, моя коллега Александра показывала потрясающе сложные изображения реальных производственных цепочек. Но её команда занимается не просто визуализацией связей между всеми компаниями, участвующими, скажем, в производстве автомобиля или самолёта.

Эти сети настолько сложны, что ни одна компания не способна полностью понимать всё происходящее. И ни один производственный руководитель не может уверенно предсказать, как цепочка отреагирует на ураган в Мексике, геополитическую напряжённость на Дальнем Востоке или глобальную пандемию. Используя ИИ, Александра и её команда анализируют чудовищно огромные объёмы информации из разных источников и выявляют так называемые **«скрытые зависимости»**. Это помогает руководителям готовиться к сбоям и правильно на них реагировать.

То есть ИИ помогает человеку выполнять этап **«решить»** в том самом четырёхступенчатом цикле, о котором говорил Дункан. И вот здесь становится немного тревожно. Как мы уже видели, автоматизация сопровождает производство со времён первой промышленной революции. Жаккардовский станок был разновидностью роботизированной автоматизации: машина заменяла квалифицированного работника. Но теперь отличие заключается в том, что машины обладают некоторой формой **интеллекта** и играют всё большую — а иногда и плохо понимаемую нами — роль в принятии решений внутри всё более сложных производственных систем.

Если мы хотим представить будущее, в котором малые фирмы смогут полноценно участвовать в новом производственном мире, люди и машины найдут справедливое соотношение, а искусственный интеллект

будет **усиливать**, а не заменять способность человека принимать решения, приходится предположить, что цифровые технологии, лежащие в основе этой революции, будут работать надёжно и стабильно. И, возможно, это довольно наивное предположение.

4. Две гигантские машины — две гигантские проблемы

Будь мы производителями или потребителями, наше участие в новой промышленной революции зависит от безупречной работы двух огромных «машин». А они, к сожалению, далеко не безупречны. Интернет не только изменил мир производства, перемещения и потребления.

Возможно, сам интернет — **крупнейший продукт современного производственного мира.**

Сегодня мы используем уютное, мягкое слово «**облако**», описывая совершенно невидимые для большинства из нас места, где исполняются наши желания и потребности, закодированные в данные. Но интернет чрезвычайно материален. Это гигантская сеть кабелей, соединений и — если говорить совсем просто — **чужих компьютеров**, которые каким-то образом работают согласованно, хотя никто по-настоящему не управляет всей системой целиком. Интернет пришлось построить. Его приходится обслуживать. Он находится в постоянном состоянии развития и модернизации.

Он принёс огромную пользу почти всем сторонам нашей жизни, но цена этой пользы значительна. Каждый год необходимо инвестировать сотни миллиардов долларов, чтобы сеть успевала за нашей ненасытной потребностью во всё более быстрой, надёжной и безопасной связи. Огромные объёмы энергии и воды расходуются только на то, чтобы интернет не перегрелся и продолжал работать. Устойчивость закладывалась в саму архитектуру интернета, но слабые места остаются. И злоупотребление ими может принимать самые разные формы: от ситуации, когда меня

обманывают при попытке купить обувь через интернет — что довольно унижительно,

до атак программ-вымогателей, блокирующих тысячи компьютеров в больницах и лишаящих врачей доступа к системам — что уже чрезвычайно дорого и потенциально смертельно опасно. Наш современный и будущий производственный мир зависит от надёжной работы гиганта, которым является интернет. А значит, необходима повсеместная связь и бесшовный, безопасный, молниеносный обмен петабайтами данных между миллиардами крошечных IoT-устройств и огромной системой вычислений и хранения, которую мы называем облаком. Вторая огромная «машина», с которой неразрывно связаны почти все стороны нашей жизни, — это глобальная сеть высокоспециализированных компаний, образующих **мировую полупроводниковую промышленность**.

Без неё первая машина — интернет — попросту не могла бы существовать. И слово «питать» здесь вполне уместно. Тысячи серверов, на которых держится облако, и все коммутаторы, направляющие зеттабайты данных, непрерывно модернизируются. Им нужны всё более мощные микропроцессоры, чтобы успевать за нашими требованиями: передавать видео высокого разрешения на телефоны; принимать финансовые решения за микросекунды; дистанционно управлять роботизированной хирургией практически без задержки; обеспечивать работу искусственного интеллекта.

То, чего добилась полупроводниковая индустрия, поистине невероятно. Ранее в этой главе мы говорили об инженерах, которые научились размещать тысячи транзисторов на крошечной кремниевой пластине и тем самым сделали возможными персональные компьютеры. Одна из первых настоящих интегральных схем, ставших микропроцессором, — **Intel 4004** — содержала впечатляющие **2250 транзисторов**. Вычислительная мощность, прежде занимавшая целую комнату или по крайней мере шкаф

размером с большой холодильник, теперь уместалась на площади меньше ногтя мизинца.

Перенесёмся из 1970-х в 2024 год. Цифра оказалась настолько невероятной, что я попросил мою исследовательницу Лиззи проверить её дважды.

Девяносто два миллиарда.

Именно столько транзисторов содержит микропроцессор **M3 Max**, используемый в компьютерах Apple образца 2024 года. А сам чип по-прежнему размером примерно с ноготь мизинца. Сколько технических проблем пришлось решить, чтобы уместить такое количество компонентов в настолько абсурдно малом объёме? Невероятное достижение. Инженерия совершенно фантастического уровня точности и сложности. Но недостаточно один раз сделать такой чип в лаборатории.

Промышленность должна уметь **снова и снова, экономично и безупречно производить миллиарды совершенных чипов.**

Для этого требуются не только лучшие инженеры в мире, но и совершенно невероятные станки. Например, установки **TWINSCAN NXE EUV** нидерландской компании ASML. Технологический журналист Уилл Найт чрезвычайно точно описал стоимость, размеры и сложность этих машин:

«Это какое-то безумие».

Одна установка размером с автобус. Стоит около **150 миллионов долларов**. Состоит из **100 000 деталей**, включая два километра кабелей. А чтобы доставить все компоненты одной установки на завод клиента, требуется **сорок грузовых контейнеров**. Вся отрасль, как и машины ASML, — **огромная, сложная и слегка безумная.**

И именно этими тремя словами удобно её описать.

Огромная

Несколько цифр позволяют почувствовать масштаб. Полупроводники сегодня — **третий по объёму торговли товар в мире** после нефти — сырой и переработанной — и автомобилей. Мировой объём продаж полупроводников составляет около **600 миллиардов долларов в год**. Разработка одного нового чипа обходится как минимум в **миллиард долларов**. Один полупроводниковый завод стоит порядка **12 миллиардов долларов**, причём крупнейшие корпорации — Intel, Samsung и другие — управляют несколькими такими предприятиями в разных странах. По прогнозам, в ближайшие десять лет отрасли понадобится инвестировать около **трёх триллионов долларов** — примерно столько составляет годовой ВВП Франции, — чтобы удовлетворить наш ненасытный спрос на всё более совершенные полупроводники.

Сложная

На самом верхнем уровне полупроводниковая отрасль кажется очень простой. Нужно всего лишь:

спроектировать, изготовить и проверить.

Чтобы спроектировать новый чип, требуется чрезвычайно дорогое специальное программное обеспечение — **Electronic Design Automation, EDA**. Затем начинается производство. Всё начинается в шахте или карьере. После этого получают слитки кремния. Слитки режут на тонкие пластины. На них «печатают» электронные схемы. Затем следуют сборка, корпусирование, окончательное тестирование и отгрузка. Но за этими кажущимися простыми крупными этапами скрывается совершенно головокружительная сложность. В зависимости от типа чипа весь производственный процесс включает от **тысячи до двух тысяч отдельных операций**.

От начала до конца используется более пятидесяти видов специализированного и невероятно дорогого оборудования — включая тех самых гигантских машин ASML. Из-за огромных затрат, постоянного технологического прогресса и

непрерывно меняющегося рынка полупроводниковая промышленность постепенно раздробилась на специализации. По-прежнему существуют гиганты — Intel, Samsung, Infineon, Texas Instruments, — которые выполняют почти всё самостоятельно. Но множество компаний специализируется лишь на одном или нескольких этапах цепочки:

проектировании, изготовлении, сборке, тестировании. Сегодня существует сотни таких компаний — по одному недавнему подсчёту, почти пятьсот крупных фирм, — переплетённых в единую мировую **«полупроводниковую экосистему»**. На секунду посмотрите на свой телефон. Очень возможно, что кремний в микросхемах внутри него начинается с кварца, добытого в горах Блу-Ридж в Северной Каролине. Почему именно там? Потому что там находится один из самых чистых кварцев в мире, из которого можно получить кремний исключительной чистоты. Вполне вероятно и то, что расположение миллиардов транзисторов на чипе основано на архитектуре британской **ARM**.

По меньшей мере один из многих чипов телефона, скорее всего, изготовлен в огромном, похожем на отдельный город промышленном парке на Тайване. Причём вполне возможно — на предприятии местной компании **TSMC** и с использованием оборудования нидерландской **ASML**. Чипы необходимы не только электронике и компьютерам. Они являются жизненно важным элементом цепочек поставок тысяч товаров в десятках отраслей: автомобилей, медицинского оборудования, самолётов, сельскохозяйственной техники. Эта сверхсложная полупроводниковая экосистема стала **кровеносной системой современной промышленности**.

Если её хоть немного пошатнуть, последствия для мирового производства окажутся огромными и далеко идущими.

Безумная

В середине 2023 года появился заголовок:

«Почему Nvidia внезапно стала одной из самых дорогих компаний мира».

Причина? Nvidia — полупроводниковая компания, чей успех долгое время основывался на умении создавать **графические процессоры — GPU**, способные выполнять чрезвычайно быстрые параллельные вычисления, необходимые для реалистичной компьютерной графики. Когда из-за развития ИИ резко вырос спрос на вычислительную мощность — а ChatGPT лишь один из недавних примеров, — Nvidia разработала инструменты, позволяющие использовать GPU для задач искусственного интеллекта. Это оказалось чрезвычайно удачным ходом. Компания практически захватила рынок GPU для ИИ — в 2023 году её доля составляла около **95 процентов** — и вошла в элитный клуб компаний стоимостью свыше **триллиона долларов**.

Но теперь круг замыкается. Любой современный ИИ требует колоссальной и невероятно быстрой вычислительной мощности. Для этого нужны сверхмощные чипы вроде тех, которые проектирует Nvidia. Но чтобы создавать ещё более мощные чипы для ИИ, сами производители полупроводников начинают использовать **ИИ**, ускоряя проектирование и производство новых микросхем. То есть Nvidia нужны более мощные чипы для работы ИИ, чтобы с помощью ИИ проектировать ещё более мощные чипы для ИИ, которые позволят запускать ещё более мощный ИИ, который потребует ещё более мощных чипов...

На этом месте у вас, возможно, как и у меня, начинает болеть голова и возникает желание немного полежать. Предположим, вы уже вернулись после отдыха. Теперь попробуем подвести итоги этого весьма поверхностного путешествия по рождающейся Четвёртой промышленной революции и понять, почему она затронет столь многие

стороны нашей жизни. Похоже, она действительно существует. И способна принести множество преимуществ тем, кто производит и доставляет вещи, и тем, кто их покупает и использует. Но несколько проблем всё ещё требуют решения.

Многие небольшие производственные предприятия не смогут полноценно участвовать в новом мире, если им каким-либо образом не помогут освоить новые технологии. Цифровая автоматизация позволяет убрать человека из грязных, опасных и монотонных профессий. Но пока новая революция всё ещё почему-то нуждается в огромном числе людей, выполняющих тяжёлую и малооплачиваемую работу. Искусственный интеллект играет всё большую роль во всех областях нового производственного мира: предсказывает отказы оборудования; оптимизирует местные цепочки поставок — например, пиццы;

глобальные — например, автокомпонентов; помогает всё точнее «следовать за спросом». Но этот новый мир зависит от стабильной работы двух невероятно сложных и непрерывно меняющихся «машин»:

интернета

и мировой полупроводниковой промышленности.

У обеих уже известно немало слабых мест. И, скорее всего, существует ещё множество таких, о которых мы только узнаем. Однажды я ехал по жилой улице в Кембридже и заметил что-то на тротуаре. Несколько взрослых и маленьких детей собрались вокруг того, что издаleка показалось мне младенцем в коляске. Подъехав ближе, я увидел совсем другое. Они разгружали небольшого **автономного робота-доставщика**, который привёз покупки из ближайшего продуктового магазина. Такие машины уже испытывают по всему миру, и в будущем они могут взять на себя так называемую доставку **«последней мили»**.

Управляемые ИИ роботы могли бы заменить низкооплачиваемых курьеров, которым сейчас приходится

работать долгими часами ради продолжающейся «демократизации лени». Совсем не трудно представить мир, в котором IoT-датчики внутри нашего холодильника передают информацию в интернет — воплощение того самого «гигантского мозга» Рекса Малика. Искусственный интеллект обнаруживает, что продукты заканчиваются, выбирает оптимальный магазин и автоматически отправляет робота, который приезжает прямо к моей двери. Утопия? Или ещё один шаг к потере контроля в духе **Skynet**?

Моя жена заметила, что до восстания машин, вероятно, ещё есть время. Через несколько дней после того, как я увидел робота-доставщика на улице, она встретила один такой аппарат в несколько иной ситуации. Маленький робот застрял перед оживлённой дорогой. И ждал, пока подойдёт человек... и нажмёт кнопку на пешеходном переходе.

Машинам всё ещё нужна наша помощь.

По крайней мере пока. Так какую же роль будем играть **мы, люди**, в этой новой гиперсвязанной версии производственного мира? Чтобы это понять, лучше всего начать с того, как производство помогает нам тогда, когда мы особенно в нём нуждаемся.

7. Слияние

Как границы между производством и потреблением становятся всё более размытыми

До 2020 года моё соприкосновение с миром здравоохранения, к счастью, оставалось весьма поверхностным. Большинство контактов с медициной было связано с неуёмной страстью моих детей то врезаться во что-нибудь твёрдое, то подхватить очередную заразу. И всё же, выдавливая липкими пальцами из шприца «Калпол» в рот рыдающему ребёнку или разрывая зубами упаковку пластыря, чтобы остановить кровь, я порой задумывался: почему вещи, которые особенно нужны в спешке, устроены так неудобно? Проглатывая очередную таблетку парацетамола от какой-нибудь случайной боли, я мог празднично поразмышлять, сколько вообще этого препарата производится в мире за год, а лежа с тревогой внутри гудящего томографа, невольно думал: и как, интересно, они протащили эту штуковину через дверь?

Но в остальном я, как и большинство людей, почти не задумывался о лекарствах, медицинских приборах и прочих средствах здравоохранения. Когда они требовались, я просто радовался тому, что они есть. В 2020 году всё изменилось. Пандемия COVID-19 внезапно и предельно ясно показала, какую жизненно важную — и одновременно чрезвычайно сложную — роль играет производство в том, чтобы мы оставались живы и здоровы. Исчезновение или сбой в поставках самых обычных медицинских средств напрямую затронуло каждого из нас. Без элементарных средств защиты медикам приходилось выполнять свою работу, подвергая себя серьёзной опасности. Без вакцин невозможно было защитить себя и близких и вернуть жизнь в привычное русло. А когда больницы внезапно оказались переполнены,

выяснилось, что сама система здравоохранения попросту не справляется.

Но, пока мы в отчаянии наблюдали, как исчезают даже самые простые вещи — как вообще могло случиться, что не хватает медицинских перчаток? — нас одновременно вдохновляли истории о людях, объединявшихся целыми сообществами, чтобы самостоятельно изготавливать необходимые изделия и бесплатно передавать их местным больницам и домам престарелых. В наших новостных лентах в реальном времени разворачивалась драма глобальной гонки за создание эффективной вакцины против COVID-19. Мы видели, как с головокружительной скоростью возводились временные госпитали, которым предстояло принять ожидаемый поток больных.

Вообще-то всё это — управление поставками медикаментов, разработка лекарств, строительство больниц — вполне обычные занятия. Каждый день в мире создаются новые препараты, налаживается их производство и доставка. Изготовление медицинских изделий и оборудования — огромная и постоянно растущая индустрия, а строительство и эксплуатация больниц во многих странах относятся к крупнейшим статьям расходов. В обычное время всё это происходит размеренно, планоно, методично — и по большей части за закрытыми дверями. COVID-19 эти двери вышиб, ворвался внутрь и намертво прижал палец к кнопке ускоренной перемотки.

На самом деле трещины в системах здравоохранения начали появляться задолго до пандемии. COVID-19 лишь раздвинул их и показал всем нам, насколько пугающе хрупкими были эти системы. Но у этой трагической и травмирующей истории была и положительная сторона. Пандемия продемонстрировала, что в медицинском секторе производственного мира многое можно делать иначе. Кризис резко ускорил воплощение захватывающих идей, годами прятанных где-то на периферии. Одновременно он словно вернул нас назад во времени, вновь сделав

производство **местным**: мы были вынуждены сокращать расстояние между теми, кто производит, и теми, кто потребляет.

Как это произошло? И что всё это может рассказать нам о том, как изменить наши производственные системы к лучшему?

Как кризис приоткрыл будущее производства

Когда стали понятны масштабы последствий COVID-19, сотрудники и студенты нашего института — как и огромное количество людей по всему миру — бросились делать всё, что могли, чтобы помочь местной системе здравоохранения. На протяжении всего кризиса я старался документировать то, чем занимались мы сами и другие, сохранял новости и данные, отражавшие, как ситуация развивалась буквально в реальном времени. Когда самая страшная буря миновала, я сел и принялся разбирать записи в своих потрёпанных маленьких блокнотах, сопоставляя их с сохранёнными сообщениями, историями и данными. Перебирая весь этот материал и осмысливая его в контексте всего, о чём шла речь в предыдущих главах, я вдруг начал видеть нечто довольно неожиданное.

Кризис дал нам возможность краем глаза увидеть одно из возможных будущих производственного мира. В этом новом мире границы между производством и остальными сферами нашей жизни становятся всё менее чёткими, а мы с вами перестаём быть пассивными потребителями готовой продукции. И поодиночке, и сообща мы всё больше превращаемся в неотъемлемые элементы самих производственных систем. Теперь я хочу вернуть вас в самый разгар пандемии и показать, какие производственные проблемы привели меня к этому выводу.

Производство лекарств

Тысячи людей умирали. Страны уходили в локдаун. Системы здравоохранения находились на грани краха. Пока не появлялась действенная вакцина, очевидного выхода из этого кошмара не существовало. И всё же, слушая новости в начале 2020 года, я несколько недоумевал. Из сообщений учёных и государственных чиновников следовало, что вакцины появятся уже через несколько месяцев. Мне это казалось неправдоподобно оптимистичным. Насколько я знал, путь нового лекарства от лаборатории до пациента обычно занимает около десяти лет. Неужели всё это было слишком хорошо, чтобы оказаться правдой?

Оказалось — нет. К декабрю 2020 года вакцина Оксфордского университета и AstraZeneca была одобрена для применения в Великобритании, а заводы готовились выпускать миллионы доз. Весь путь занял меньше года. Как, чёрт возьми, это вообще стало возможным? Я понял, что не смогу ответить на этот вопрос, пока не заполню довольно серьёзные пробелы в собственных знаниях о разработке лекарственных препаратов. Я обратился к своему коллеге Этторе, которого мне рекомендовали как человека, знающего всё о новейших методах производства лекарств. Прежде чем согласиться ответить хотя бы на один мой вопрос, он отправил меня читать нечто вроде детской иллюстрированной книжки из серии *Ladybird* — «Как делают лекарства».

Вот что я узнал.

Почему новое лекарство создаётся так долго

Разработка лекарства обычно занимает не только огромное количество времени, но и огромные деньги. Между телесюжетом, в котором учёный в белом халате и фиолетовых перчатках восторженно рассказывает о прорывном открытии, и моментом, когда полученный

препарат можно купить в аптеке или получить в виде укола, обычно проходит от десяти до пятнадцати лет. А компании это обходится как минимум в миллиард долларов. Столько времени и денег требуется потому, что необходимо совершенно однозначно ответить на три непростых вопроса:

Действительно ли новое лечение работает?

Безопасно ли оно?

Лучше ли оно того, что уже существует?

Сначала учёные находят или создают нечто, что, по всей видимости, способно полезным образом воздействовать на определённые «мишени» — структуры в организме, связанные с заболеванием или патологическим состоянием. Когда появляется перспективный кандидат, начинаются клинические испытания, состоящие из трёх фаз. Во время **фазы I** учёные должны показать, что созданное ими средство не причиняет вреда здоровым людям. Во время **фазы II** — что оно действительно помогает небольшому числу пациентов с соответствующим заболеванием.

Наконец, во время **фазы III** проверяется его эффективность уже на тысячах больных. Каждая фаза может занимать многие месяцы, а чаще — несколько лет. И лишь исчезающе малая доля новых препаратов преодолевает весь путь от лабораторного стола до пациента. Меня буквально ошеломило известие, что 96 процентов потенциальных средств, дошедших до клинических испытаний, так и не становятся пригодными к применению лекарствами. При таких шансах перспектива молниеносно создать эффективную вакцину против COVID-19 выглядела, мягко говоря, сомнительно.

Но даже для тех немногих препаратов, которые успешно проходят все клинические испытания, путь к пациенту ещё далеко не закончен. Фармацевтической компании предстоит убедить государственные регулирующие органы, что **каждая без исключения** таблетка, капсула или ампула, которую она

намерена производить, будет одинаково безопасна и эффективна. Необходимо показать, каким образом производство увеличат от сравнительно небольшого количества доз, требовавшихся для клинических испытаний, до миллионов или даже миллиардов доз, необходимых пациентам по всему миру.

Для этого компания обязана доказать соответствие набору требований с довольно унылым названием Good Manufacturing Practice, или GMP — Надлежащая производственная практика. GMP предписывает — с почти маниакальной подробностью — как именно должен производиться конкретный препарат. Компания обязана определить каждый ингредиент, указать, где он будет закупаться, на каких именно машинах будет осуществляться производство, где именно эти машины будут стоять на заводе и даже какую одежду должны носить сотрудники на каждом этапе работы.

Затем необходимо подробно описать весь маршрут нового препарата от завода до пациента, зафиксировав каждый этап конкретной цепочки поставок. И для этих логистических операций тоже существуют строгие правила, которые называются — вы уже, наверное, догадались — **Good Distribution Practice**, или GDP — **Надлежащая дистрибьюторская практика**. Чтобы получить разрешение на применение лекарства, приходится заполнить страницы и страницы документов GMP и GDP и поставить галочки в сотнях граф. И лишь потом наступает последний этап: надо добиться, чтобы кто-нибудь всё это купил.

Обычно этот «кто-нибудь» работает в государственной или частной системе здравоохранения либо в страховой компании. Ему предстоит перелопатить горы доказательств, решить, оправдывает ли новое лекарство свою цену, а затем договориться с производителем о том, что он считает справедливой стоимостью. Но «оправдывает цену» и «справедливая стоимость» — понятия крайне непростые. Производители — а точнее, их акционеры — хотят как

можно быстрее вернуть миллиарды, вложенные в разработку, поэтому стремятся назначить максимально высокую цену, которую ещё способен выдержать рынок.

Страховой компании или медицинской системе приходится принимать жёсткие решения, продиктованные экономикой. Приходится сопоставлять множество противоречащих друг другу факторов. Стоит ли покупать препарат, который способен продлить жизнь небольшому числу пациентов, но при этом каждый курс лечения стоит сотни тысяч? Или лучше направить эти деньги на то, чтобы множество уязвимых людей получали более простое и дешёвое лечение хронических заболеваний? От подобных решений зависит качество человеческой жизни — а иногда и то, кто будет жить, а кто умрёт.

Нет нужды говорить, что такие переговоры не бывают ни простыми, ни быстрыми. Вот так десять–пятнадцать лет и пролетают незаметно.

Происходит чудо

«Вакцина Oxford–AstraZeneca одобрена к применению в Великобритании; первые прививки будут сделаны в понедельник». Этот заголовок на сайте BBC News от 30 декабря 2020 года в нескольких словах передаёт масштаб поистине феноменального достижения. От лабораторной разработки до разрешения на применение — **меньше года**. А всего за два года во всём мире было успешно введено более **двух миллиардов доз** этой вакцины. Эта история — как и истории других вакцин, получивших впоследствии одобрение, — заставила многих задать вполне разумный вопрос:

если новую вакцину удалось создать менее чем за двенадцать месяцев, почему обычно для вывода нового препарата на рынок требуется не меньше десяти лет? Одна из причин заключалась в наличии единственной, предельно ясной и безотлагательной цели. Когда такая цель существует

— особенно если речь идёт о глобальной пандемии, остановившей нормальную жизнь миллиардов людей, — привычные дорожные препятствия словно сами собой разглаживаются. Но скорость зависит от отношения к риску. Не от риска для безопасности пациентов — здесь никаких компромиссов быть не может, — а от **финансового риска**.

Во время пандемии правительства, университеты и компании шли на огромные авантюры, практически мгновенно выделяя миллионы на разработку проектов, которые могли — и во многих случаях действительно должны были — провалиться. Обычно налогоплательщики, акционеры и организации, финансирующие исследования, к такому отношению к риску относятся весьма настороженно. Но когда финансирование стало более терпимым к риску, паузы между отдельными этапами регулирования резко сократились. Некоторые этапы даже начали выполнять параллельно:

предположим, этот этап завершится успешно — тогда давайте уже сейчас начинать следующий.

Разумеется, если исходное предположение окажется неверным, всё придётся выбросить. Но если оно верно — вы окажетесь далеко впереди. В итоге такой ускоренный подход привёл весной 2022 года к поразительному заявлению. Пока внимание мировых СМИ было приковано к вторжению России в Украину, министры здравоохранения крупнейших экономик мира тихо собрались в Осло и публично обязались выделить **1,5 миллиарда долларов** на чрезвычайно амбициозную задачу. Можно ли перестроить систему производства лекарств таким образом, чтобы после появления любой новой эпидемической или пандемической угрозы — так называемой «болезни X» — безопасная и эффективная вакцина была готова всего за сто дней?

Успех сверхбыстрой разработки вакцин во время пандемии изменил само представление фармацевтического мира о границах возможного. К этому моменту в моём

блокноте уже появился несколько неряшливый, но приятно подробный рисунок — нечто вроде марафонской дистанции, изображавшей этапы разработки нового лекарства. Под ним я нарисовал второй график — максимально сжатую версию, отражавшую спринтерскую модель, применённую при создании вакцины от COVID-19. То, что обычно занимало всю ширину листа A4, ужалось до двух сантиметров.

Это сжатие времени, несомненно, впечатляло. Но оно породило следующий вопрос. Если сроки разработки и утверждения нового лекарства можно настолько сократить, нельзя ли улучшить и следующий этап — путь препарата **от завода к пациенту?**

Одолжить чужую цепочку поставок

В 2009 году правительство Танзании столкнулось с серьёзной проблемой. Проверка системы распределения лекарств выявила множество узких мест, из-за которых препараты не доходили до тех, кто нуждался в них больше всего. Танзания — крупнейшая страна Восточной Африки с населением свыше 55 миллионов человек. За пределами столицы, Дар-эс-Салама, медицинская помощь была весьма неравномерной, а удалённые медпункты постоянно испытывали нехватку лекарств. Специалисты, пытавшиеся решить эту проблему, заметили любопытную вещь. Цепочки поставок медикаментов в отдалённые районы то и дело давали сбой.

А вот доставка некоторых других товаров работала удивительно надёжно. Особенно выделялся один продукт:

Coca-Cola.

Так возник **Project Last Mile** — «Проект последней мили». При финансовой поддержке ряда международных организаций было создано партнёрство между Coca-Cola и Департаментом медицинских складов правительства Танзании. Умение Coca-Cola с поразительной

эффективностью доставлять сладкую коричневую газированную воду практически в любой удалённый уголок планеты было использовано для совершенствования системы поставок медикаментов. Результат? Срок доставки лекарств сократился **с тридцати дней до пяти**. Кроме того, по оценкам, количество лекарств, срок годности которых истекал на складах из-за слишком долгого ожидания отправки, сократилось примерно на 90 процентов.

Приблизить завод к пациенту

Иногда даже прекрасно организованная цепочка поставок испытывает серьёзное давление из-за хрупкости самого лекарства или особенностей медицинской ситуации. Некоторые препараты на всём пути от завода до пациента необходимо поддерживать при строго определённой температуре. Если хоть на одном этапе они перегреются или слишком охладятся, к пациенту они придут уже непригодными. Для ряда вакцин против COVID-19 это стало огромной проблемой: их требовалось перевозить и хранить при температуре от **–90 °C до –60 °C**. Поддерживать столь строгую «холодовую цепь» на всём протяжении длинной и сложной логистической системы чрезвычайно трудно.

Другие лекарства могут внезапно понадобиться в огромном количестве, но лишь на короткое время и в конкретном месте — например вакцина при локальной вспышке вируса, которую необходимо быстро подавить, прежде чем инфекция распространится дальше. Сконцентрировать огромный объём поставок в одной точке за короткий срок также бывает исключительно трудно. Одним из возможных решений обеих проблем является **распределённое производство** — то есть перенос завода ближе к тем, кому нужна продукция. Сегодня такой подход начинают использовать и в фармацевтике, создавая **модульные GMP-производства**: полноценные

сертифицированные мини-заводы, уместающиеся в грузовые контейнеры и перевозимые туда, где они необходимы.

Их подключают к инфраструктуре — и они практически сразу способны начать выпуск официально одобренных лекарственных препаратов прямо на месте. Идея эта существует уже много лет. Проблема всегда заключалась в том, чтобы перейти от стадии **«Какая прекрасная идея!»** ко всем скучным и мучительным деталям её реального воплощения. COVID-19 — и ожидание будущих пандемий — резко ускорили развитие этой концепции. Компания BioNTech, например, разработала мини-заводы по производству вакцин — так называемые BioNTainers (кто вообще придумывает эти названия?), — которые можно отправлять в страны, не имеющие собственных мощностей для производства вакцин.

Как это часто бывает, автодополнение Google вывело меня на нечто совершенно неожиданное. В поисках дополнительной информации о новых подходах к лекарственной логистике я начал набирать:

«Эффективность лекарственной...»

Я собирался дописать «дистрибуции». Но не успел. Подсказки Google открыли передо мной совершенно новое измерение мира фармацевтического производства.

«Лекарства, которые продаются сегодня, работают — но работают не у всех»

Оказывается, вероятность того, что большинство принимаемых нами лекарств действительно окажет на нас полезное действие, составляет примерно пятьдесят на пятьдесят. Почему? Потому что препараты создаются для **среднего человека**. А каждый из наших организмов представляет собой уникальное сочетание особенностей, сформированное генами, образом жизни и другими заболеваниями — так называемыми сопутствующими патологиями. Я знаю, что вы сейчас думаете:

с точки зрения эффективности производства это выглядит просто ужасно.

Зачем тратить огромные деньги на разработку, производство и доставку вещей, которые значительной части потребителей вообще не помогут? В фармацевтическом мире эту проблему прекрасно осознают. Хорошая новость заключается в том, что сейчас предпринимаются чрезвычайно интересные попытки её решить. Мир лекарственного производства переживает трансформацию, которая в итоге может привести к тому, что каждый из нас окажется в самом центре собственного маленького мира, производящего лекарства **специально для него**. Мы стремительно приближаемся к эпохе **персонализированной медицины**.

Производственный мир, созданный специально для вас

Некоторые формы персонализированной медицины предполагают разработку терапии для группы пациентов с общими характеристиками — например определёнными генетическими особенностями или сопутствующими заболеваниями. Но в наиболее чистом виде персонализированная медицина означает именно то, что заключено в её названии: лечение, созданное специально для конкретного человека в конкретный период его жизни. При таком по-настоящему индивидуальном подходе и производство, и доставка лекарств начинают выглядеть совершенно иначе.

Мой коллега Джэг и его команда предлагают представить это следующим образом: Вообразите пациента с целым комплексом заболеваний, которому требуется несколько препаратов, причём их дозировки со временем меняются. Запоминать, какой препарат и когда следует принимать, становится проблемой. Решением могут стать местные «принтеры таблеток», которые объединят заранее подготовленные формы различных лекарств — жидких или

твёрдых — в одну дозу при помощи робота, работающего с жидкостями или порошками. В «принтер» будет загружен рецепт конкретного пациента. Препараты смешаются в связующей матрице, после чего машина сформирует готовую таблетку.

На фоне сегодняшней реальности всё это может показаться несколько фантастическим. Но вспомните, как мы уже перешли от одинаковых для всех телевизионных и радионовостей к персонализированной новостной ленте в смартфоне. И насколько далеко реклама ушла от стандартных объявлений «для всех» к индивидуально подобранному контенту, который пугающе настойчиво следует за каждым нашим шагом в интернете. Персонализированная медицина — медицинская версия той же трансформации. Как же может выглядеть этот мир для нас с вами? Представьте: утром вы, зевая, добредаете до кухни и, пока чайник нагревается и наконец щёлкает, выключаясь, нажимаете кнопку **Print** на стоящей на столешнице машине наподобие Nespresso — условном **Pill-O-Matic**.

Она начинает жужжать, грохотать, и через несколько секунд наружу выскакивает таблетка, созданная исключительно для вас, — с точно рассчитанным коктейлем веществ, необходимых именно вашему организму именно в этот момент. Персонально. На месте. Мгновенно. Что здесь вообще может пойти не так? Ну... очень многое. Ещё в 2016 году во время радиоинтервью я упомянул идею Pill-O-Matic, и примерно через наносекунду один слушатель написал в интернете: «Серьёзно? И сколько времени пройдёт, прежде чем кто-нибудь взломает данные такой машины и начнёт менять состав таблеток?»

И у людей есть все основания относиться к этому скептически. Как мы уже видели, сегодня каждый этап разработки, производства и доставки лекарств находится под строжайшим контролем, осуществляется в специализированных учреждениях и управляется

высококвалифицированными учёными и инженерами. И для этого есть веские причины. Даже крошечная ошибка на любом этапе может оказаться смертельной для пациента и финансово катастрофической для производителя. Зачем же кому-либо добровольно ослаблять защитные барьеры, которые обеспечивают GMP и GDP?

Одной рукой перебирая на кухонном столе наполовину использованную упаковку парацетамола, другой я листаю сайты, посвящённые более отдалённому будущему лекарственного производства. На одной странице мне бросается в глаза текст: Представьте, что диагноз можно получать быстрее и с учётом именно ваших особенностей; что лечение будет подбираться индивидуально, исходя из того, что окажется наиболее эффективным именно для вас; что побочных эффектов станет меньше или они исчезнут вовсе... Или что медицина сможет перейти от простого лечения уже возникшего заболевания к сохранению здоровья посредством прогнозирования определённых болезней и предотвращения их развития...

Понимание роли нашей ДНК в состоянии здоровья способно полностью изменить наши представления о медицинской помощи... И это не какой-нибудь безумный псевдомедицинский сайт.

Это сайт **Национальной службы здравоохранения Великобритании — NHS.**

Такое представление о будущем уводит нас далеко за пределы задачи просто научиться эффективнее производить более действенные лекарства. Мы станем лучше предсказывать и предотвращать болезни. Сможем точнее и своевременнее ставить диагнозы. Получим возможность применять гораздо более прицельное лечение. При этом роль самого пациента значительно возрастет, а вместе с ней откроется целый шведский стол чрезвычайно сложных этических вопросов — от права собственности на

персональные данные и возможностей их злоупотребления до равного доступа к терапии.

Это будущее, в котором мы, пациенты, всё глубже **сливаемся с миром производства лекарств**. Коллеги, работающие в фармацевтической промышленности, с которыми я разговаривал, убеждены, что та или иная версия этого будущего вполне возможна. Но наступит оно не завтра. Листая свои записи, я нахожу замечательно сдержанную фразу одного коллеги: «Остаётся решить ещё один-два вопроса». Рассмотренные примеры показали, как во время COVID-19 был полностью переосмыслен процесс разработки одного типа препаратов. Но мы увидели и более широкие преобразования, меняющие саму природу разработки и доставки лечения пациентам.

Происходят ли столь же масштабные перемены в других сферах медицинского производства? Очень многое можно понять, если посмотреть, как пандемия заставила нас изменить производство медицинских изделий. Истории, которыми я собираюсь поделиться, вполне могут оказаться предвестниками того, как весь производственный мир постепенно превратится в одну из версий столь разрекламированной **Четвёртой промышленной революции**.

Производство медицинского оборудования

Всемирная организация здравоохранения предупредила, что серьёзные и усиливающиеся перебои в глобальных поставках средств индивидуальной защиты (СИЗ), вызванные ростом спроса, паническими закупками, накоплением запасов и неправильным использованием, ставят под угрозу человеческие жизни в условиях распространения нового коронавируса и других инфекционных заболеваний. [...] «Мы не сможем остановить COVID-19, если прежде не защитим медицинских

работников», — заявил генеральный директор ВОЗ доктор Тедрос Адханом Гебрейесус.

Проблема пандемии заключалась именно в слове **пан** — «всеобщая». COVID-19 затронул почти всех и почти повсюду. В результате во всех уголках мира одновременно возникла внезапная потребность в колоссальном количестве средств индивидуальной защиты. На тот момент большая часть мирового объёма СИЗ производилась в одной стране — **Китае**. Вполне понятно, что китайское правительство прежде всего стремилось обеспечить собственную систему здравоохранения — фантастически сложную систему, обслуживающую более 1,4 миллиарда человек, — и только после этого разрешать другим странам закупать продукцию.

Но даже если бы СИЗ удалось произвести в достаточном количестве, доставить их туда, где они требовались, уже было непросто. Мировая морская логистика погрузилась в хаос: порты закрывались, потому что докеры заболевали или уходили на самоизоляцию. В какой-то момент, пока новостные выпуски были заполнены отчаянными просьбами о средствах защиты, тысячи контейнеров с СИЗ неделями стояли в портах, ожидая отправки. Военные транспортные самолёты совершали экстренные рейсы ради сравнительно ничтожных объёмов поставок — настолько дорогих, что они попадали в заголовки газет.

А там, где товара в целом хватало на несколько стран, вполне рациональное стремление отдельных больниц создать запас иногда приводило к нехватке в других местах.

Это был настоящий производственный кризис с угрозой человеческим жизням.

В больницах по всему миру средств защиты попросту не хватало на всех. На фоне неполной информации и постоянно меняющихся, нередко противоречивых требований безопасности медицинские работники нервничали. Правительственные ведомства рассылали поздними пятничными вечерами поспешно составленные письма с

призывом не использовать СИЗ без крайней необходимости.
А заявления министров в духе:

«Не беспокойтесь, всё под контролем»

мгновенно переводились населением как:

«Пора беспокоиться: ситуация совершенно не под контролем».

Что можно было сделать? Всемирная организация здравоохранения предложила, на первый взгляд, простое решение. Она призвала производителей СИЗ «увеличить производство на 40 процентов». Звучит просто: возьмите и произведите побольше. Но, как мы уже знаем, это бывает чрезвычайно трудно. В 2020 году производители СИЗ сами сталкивались со всеми последствиями COVID-19 — массовой заболеваемостью персонала, отсутствием сотрудников и множеством других проблем, — поэтому с трудом поддерживали даже обычный уровень производства.

О том, чтобы внезапно нарастить его на сорок процентов, и речи не шло. И тогда на горизонте появилось весьма разношерстное войско неожиданных спасителей. Услышав о дефиците жизненно важных медицинских средств, тысячи компаний, прежде вообще не имевших отношения к медицине и привыкших делать реактивные двигатели, гоночные автомобили или водку, заявили:

МЫ ГОТОВЫ ПОМОЧЬ.

К ним присоединились тысячи добровольцев, имевших доступ к мастерским в своих городах и районах. Все они словно в один голос говорили:

«Скажите, что вам нужно, — и мы это сделаем!»

Казалось бы, при таком количестве новых рук обеспечить рост производства на сорок процентов будет совсем просто. Почти. Но внезапно обнаружилась огромная проблема, которую экономисты называют **информационной асимметрией**. За этим внушительно звучащим — и даже

отмеченным Нобелевской премией — термином 18 скрывается довольно простая ситуация:

одна группа людей знает больше, чем другая.

В данном случае энтузиастам-производителям необходимо было знать две вещи:

что именно требуется

и

как это изготовить.

И в разгар пандемии получить обе части информации оказалось на удивление трудно. Почему? Отчасти потому, что всё менялось с головокружительной скоростью. По мере мутаций вируса постоянно менялись наши представления о заразности COVID-19 и последствиях заболевания. Руководителям больниц приходилось подстраиваться под непрерывно меняющиеся требования к тому, какие именно средства защиты должны использовать сотрудники при выполнении тех или иных задач. К тому же прогнозы относительно количества пациентов, которые могут поступить в больницы и нуждаться в специальном оборудовании, различались пугающе сильно.

Те же руководители изучали таблицы, заглядывали в шкафы и видели совершенно хаотичную картину. Одних вещей было предостаточно. Другие быстро заканчивались. Третьи закончились полностью. Будущие поставки оставались непредсказуемыми: что-то заказали; что-то уже приехало; что-то обещали доставить со дня на день; что-то не приехало вовсе. И речь шла о тысячах единиц сотен различных изделий — от простейшего пластикового фартука до сложнейшей аппаратуры интенсивной терапии. Даже если больница могла сказать: «Хорошо, через десять дней нам нужны десять тысяч хирургических шапочек. Наши обычные поставщики обеспечить их не могут. Кто-нибудь ещё способен их изготовить?»

— кто-то в больнице должен был передать добровольцам **точные технические требования**. Более того, поскольку эти требования отправлялись людям, которые прежде в жизни не делали хирургических шапочек, необходимо было объяснить ещё и **как именно их производить**. Даже самый простой медицинский товар должен изготавливаться по процессу, который можно проверить и документально подтвердить. Для шапочки, предназначенной в основном для того, чтобы задерживать волосы и перхоть, это может показаться излишней бюрократией. Но для аппарата, от которого зависит дыхание пациента, подобная строгость выглядит уже более чем разумной.

Информационная асимметрия породила огромное раздражение со всех сторон. И без того измотанные сотрудники больниц вынуждены были отвечать на сотню вопросов о спецификациях продукции, на которые у них просто не было времени. Некоторые добровольцы рвались вперёд и производили изделия, которые в итоге оказывались совершенно непригодными. Другие терпеливо дожидались спецификаций, но к тому моменту, когда они перестраивали производство под медицинские стандарты, потребность в данном товаре уже исчезала. И всё же, хотя подобные истории повторялись по всему миру, были и впечатляющие успехи.

Чтобы понять, как именно они стали возможны, нам надо познакомиться с несколькими неожиданными героями, которые в буквальном смысле спасли положение.

Как общественная мастерская превратилась в производственный центр

На маленькой, усеянной выбоинами парковке, зажатой между двумя довольно потрепанными университетскими корпусами в Кембридже, на грязной кирпичной стене ярко сияет оранжево-зелёная табличка:

Makespace →

Стараясь не поскользнуться на залатанном морозном асфальте, я иду по стрелке за угол и оказываюсь перед двумя большими тёмными деревянными дверями. Нажимаю звонок. Пауза длится настолько долго, что я уже начинаю подозревать, подключена ли кнопка вообще хоть к чему-нибудь. Наконец дверь открывают. Я вхожу в пространство, где произошло нечто действительно удивительное. Makespace был основан в 2012 году группой увлечённых инженеров, мечтавших создать в Кембридже общедоступную мастерскую. Благодаря сочетанию обаяния, изобретательности и некоторого умения «решать вопросы» основателям удалось занять бывшую типографию Cambridge University Press — комплекс производственных помещений между внушительным готическим фасадом Питт-билдинга и заводью реки Кем.

Makespace предоставляет нескольким сотням участников — от любителей до небольших компаний — помещения и оборудование: 3D-принтеры, лазерные резак и множество других инструментов. Когда новости заполнил COVID-19, один из участников, Уорд, связался с другой участницей — Эби, работавшей в расположенной неподалёку больнице Адденбрукс.

Можно ли изготовить в Makespace что-нибудь, что сейчас нужно больнице?

Перебрав множество вариантов, они остановились на защитных лицевых щитках. Такие щитки широко применяются в больницах, чтобы биологические жидкости пациента не попадали в рот, нос или глаза медицинских работников. Учитывая характер передачи COVID-19, считалось, что щитки особенно полезны в самых разных медицинских ситуациях. И, что немаловажно, делать их было сравнительно просто. Но благодаря своему профессиональному опыту — Уорд прежде руководил компанией по производству медицинского оборудования, а

Эби работала клиническим инженером — они обладали ещё одним критически важным знанием.

Они понимали значение **регуляторной приемлемости**. Иными словами:

можно ли изготовить такие щитки, которые больницы официально разрешат использовать для защиты персонала?

Пока это не было подтверждено, двигаться дальше не имело смысла. Технические требования к медицинским изделиям мучительно подробны. Как правило, они запрятаны где-то в глубинах правительственного сайта и носят легко запоминающиеся названия вроде:

BS EN14683:2019+AC:2019.

Эби и её коллеги разобрались в научной и инженерной основе этих требований, чтобы понять и минимизировать риски, связанные с тем, что толпа энергичных добровольцев начнёт изготавливать лицевые щитки. После этого команда Makespace уже знала, что требуется, чтобы превратить мастерскую из сарая для изобретателей в настоящий завод медицинских изделий. Уорд и его коллеги разработали и отладили технологический процесс и размещение оборудования для каждого этапа производства. К концу первой недели один из добровольцев даже написал программное обеспечение для управления всей новой «фабрикой» внутри Makespace.

Но важнее всего было другое: добровольцы документировали **каждую деталь изделия и каждого этапа производства**. Именно эта документация стала шаблоном, позволившим другим мастерским и немедицинским компаниям быстро и эффективно запускать собственное производство. Она же легла в основу системы менеджмента качества, благодаря которой больницы могли безопасно принимать и использовать изготовленные щитки. Тем временем, пока команда Makespace в Кембриджшире

наращивала производство и выпускала тысячи щитков для медицинских работников, примерно в ста милях к северозападу, в Дербишире, местная швейная компания пошла другим путём.

Руководство **David Nieper Ltd** решило, что вполне способно помочь решить одну из проблем со средствами индивидуальной защиты. Перейти от пошива женской одежды к хирургическим халатам казалось совершенно естественным шагом. Сначала запрос местных больниц выглядел просто:

не хватает одноразовых халатов из Китая? Значит, будем шить одноразовые халаты здесь.

Но прямой разговор опытного производителя одежды с медицинским персоналом породил куда более удачную идею. Если выпускать **многоцветные** халаты, не потребуется постоянный поток новых одноразовых. И оказалось, что это решение гораздо лучше — не только во время кризиса, но и с точки зрения более устойчивого будущего. Компания связалась со специализированными поставщиками тканей. Нашёлся подходящий материал, который можно было стирать при 73 °C и использовать до **ста раз** — то есть он прекрасно соответствовал требованиям.

И, как их коллегам-производителям из Makespace в сотне миль к юго-востоку, команде David Nieper необходимо было доказать больницам, что новые халаты удовлетворяют медицинским стандартам. Когда стало ясно, что это возможно, квалифицированные работники перенастроили раскройное оборудование под новый материал, выбрали нити, отрегулировали натяжение швейных машин — и начали производство. Уже через несколько месяцев компания снабжала двадцать пять больниц высококачественными многоцветными халатами местного производства.

Истории Makespace и David Nieper показывают, насколько полезной может оказаться способность производить

необходимые вещи **на месте**, когда разразится кризис. Более того, решения, рождённые в чрезвычайной ситуации, могут оказаться ценными и в долгосрочной перспективе. И сейчас эта мысль получит ещё одно подтверждение. Мы отправимся в центр Лондона, где начинается третья история — необыкновенный рассказ о британском **Ventilator Challenge**, «Вызове по аппаратам ИВЛ». Когда в первые месяцы 2020 года COVID-19 неудержимо распространялся на запад в сторону Великобритании, кадры и сведения из стран, уже охваченных эпидемией, выглядели пугающе.

Стало ясно, что у значительной части заболевших вирус вызывает тяжёлые нарушения дыхания и требует лечения в отделениях интенсивной терапии. Каждому такому пациенту обычно был необходим аппарат искусственной вентиляции лёгких — сложное и дорогостоящее устройство, автоматически поддерживающее дыхание. В феврале 2020 года британское правительство отправило проверяющих с планшетами пересчитывать аппараты ИВЛ. Их оказалось чуть меньше **восьми тысяч**. На первый взгляд — немало. Но учёные предупредили: если тенденции сохранятся, даже по оптимистическому сценарию понадобится около тридцати тысяч, а по худшему — до девяноста тысяч.

Кому-то немедленно выдали государственный эквивалент корпоративной кредитной карты и отправили покупать аппараты ИВЛ везде, где только возможно. Но снова вмешалась всё та же **пан** из слова «пандемия». Купить было почти нечего. Что делать дальше? Можно ли быстро произвести дополнительные аппараты в самой Великобритании? Правительство обратилось к немногочисленным британским производителям ИВЛ и велело им резко увеличить выпуск. Требование вполне логичное. Но, как мы уже знаем, осуществить его совсем непросто. Если трудно заставить завод внезапно производить значительно больше сравнительно простых изделий — фартуков, халатов и лицевых щитков, —

представьте, насколько сложнее сделать то же самое с аппаратом ИВЛ.

В нём сотни прецизионных компонентов. Качество должно быть безупречным. А ошибка способна убить человека. Тогда правительство прибегло к старой стратегии:

объявило национальный конкурс идей.

Подобно знаменитой Премии за долготу 1714 года, благодаря которой был найден способ определять долготу корабля в море, страна объявила своего рода общенациональный призыв к оружию.

Так возник **UK Ventilator Challenge**.

Логика была проста. Если аппаратов невозможно купить, а существующие производители не в состоянии мгновенно увеличить выпуск в несколько раз, почему бы не попросить инженеров разработать аппарат, который был бы **специально спроектирован для быстрого массового производства?** Устройство, способное выполнять необходимую медицинскую функцию, но при этом максимально простое и быстрое в изготовлении. Реакция промышленности оказалась необыкновенной. Более пятидесяти ведущих компаний — некоторые имели опыт работы с медицинской техникой, но большинство не имели никакого — изучили задачу и сказали примерно следующее:

«Почему бы не попробовать?»

Компании, привыкшие строить пассажирские самолёты, пылесосы и болиды «Формулы-1», бросили на задачу лучших инженеров. Здесь стоит остановиться и осознать масштаб требуемого. На первый взгляд аппарат ИВЛ выглядит не слишком сложно: коробка на колёсах, несколько пластиковых трубок, экран и нечто, время от времени успокаивающе пищащее. Но внутри скрыта чрезвычайно сложная система трубопроводов, клапанов, турбин, линий подачи газа, датчиков, контроллеров и электроники. Всё это должно работать автоматически, абсолютно синхронно и

безупречно поддерживать жизнь человека на протяжении дней, недель, а иногда месяцев.

Сбой невозможен. Никогда. Неудивительно, что, как и в производстве лекарств, процедура утверждения нового медицинского устройства обычно сложна, долга, дорогá. Но мышление, позволившее с невероятной скоростью разработать вакцины от COVID-19, оказалось столь же успешно применено к нехватке аппаратов ИВЛ. Производители — часть из них совместно, часть самостоятельно — пошли разными путями в вопросах конструкции и медицинской сложности. Из **одиннадцати** новых и адаптированных проектов, созданных совместным интеллектуальным усилием сотен инженеров, **четыре** в итоге получили разрешение на производство.

А одна из команд, получив такое разрешение, приступила к реальному массовому выпуску и поставкам аппаратов. Лучше всего масштаб её достижения выражают цифры: **5** — столько аппаратов ИВЛ в день обычно производилось в Великобритании до пандемии. **7** — столько новых производственных площадок было создано на заводах, которые обычно выпускали авиалайнеры, гоночные автомобили и реактивные двигатели. **1,5 недели** — столько потребовалось, чтобы организовать новые цепочки поставок **42 миллионов деталей** со всего мира. **3 500** — столько сборщиков набрали и обучили; большинство из них прежде вообще не производили медицинскую технику.

400 — столько аппаратов ИВЛ в день выпускалось в Великобритании на пике пандемии. С пяти до четырёхсот высокоточных медицинских аппаратов в сутки. С безупречным качеством. И в основном силами людей, которые прежде видели аппарат ИВЛ разве что в медицинском сериале. В результате всего за три месяца британские больницы получили **четырнадцать тысяч дополнительных аппаратов**. Как ни измеряй — достижение выдающееся. В конечном счёте мир действительно смог

достичь и даже превзойти цель по увеличению производства СИЗ на 40 процентов.

Количество аппаратов ИВЛ резко выросло. Системы здравоохранения не рухнули. Но что на самом деле рассказали нам эти истории о производстве медицинского оборудования? Мы заново открыли довольно простую вещь:

умение делать необходимое на месте чрезвычайно полезно.

Вынужденное возвращение к локальному производству одновременно породило инновации. Когда исчезли китайские одноразовые халаты, появилась местная система производства многоразовых — и оказалось, что она ещё и значительно экологичнее. Сотрудничая с компаниями, с которыми прежде никогда не работали, участники Ventilator Challenge учились друг у друга совершенно новым навыкам и осваивали цифровые технологии в духе Четвёртой промышленной революции, позволяющие сотрудничать быстро и в огромном масштабе. А что же Уорд и сообщество Makespace?

Их работа показала эффективность того, что можно торжественно назвать:

«распределённая оперативная локальная производственная способность».

Если перевести на человеческий язык: рядом есть умелые люди и оборудование, способные при необходимости быстро изготовить полезную вещь. Сегодня те или иные формы так называемых **makerspaces** или **fabspaces** существуют практически повсюду — от Ахена до Занзибара. Многие из них сыграли важную роль в локальном производстве во время пандемии, решая самые разные проблемы, связанные с COVID-19. А теперь многие стали проверенным местным производственным ресурсом, способным удовлетворять разнообразные нужды собственного сообщества.

Реакция производственного мира на нехватку СИЗ и аппаратов ИВЛ напомнила ещё об одном: когда перед людьми стоит абсолютно ясная, убедительная цель и у них есть необходимые ресурсы, удивительные люди находятся сами — и делают то, что прежде казалось невозможным. Тысячи изобретателей и предпринимателей, учёных и инженеров смотрят сегодня на медицинское производство и говорят:

«Надо делать лучше».

И особый повод для оптимизма даёт то, как многие из них действительно превращают новые идеи в реальность. Благодаря новым производственным технологиям — например 3D-печати и модульным фабрикам — и почти повсеместной цифровой связи мы можем чрезвычайно быстро разрабатывать и испытывать новые идеи. А благодаря резкому росту доступности венчурного капитала лучшие из них можно быстро масштабировать под постоянно меняющиеся нужды систем здравоохранения. Слишком много видов рака выявляются, когда эффективное лечение уже затруднено?

Создадим анализатор дыхания для раннего выявления рака.

Хирургия становится слишком дорогой?

Создадим роботов, позволяющих хирургам проводить сверхбыстрые малоинвазивные операции.

После стихийного бедствия в отдалённом районе рушатся поставки медикаментов?

Создадим мини-заводы, которые можно привезти непосредственно туда, где они нужны.

Люди отказываются от прививок из-за страха перед иглами?

Создадим безыгольные инъекторы.

И это не красивые фантазии. Все перечисленные вещи уже существуют. Они производятся. И они уже делают человеческую жизнь лучше. Когда в декабре студенты разъехались по домам и в институте наконец наступило относительное спокойствие, я попытался подвести итоги своему исследованию производства лекарств и медицинского оборудования во время пандемии. Одна до смешного очевидная мысль проступала всё яснее:

способность что-то производить становится чрезвычайно важной, когда разражается большой кризис и всё вокруг летит к чертям.

И эта способность полезна ещё и потому, что помогает создать более устойчивую, надёжную и оперативно реагирующую систему здравоохранения. Но оставался ещё один элемент медицинского производственного мира, который мне хотелось исследовать: то самое место, похожее на фабрику, куда мы неизменно отправляемся, когда нас нужно «починить». Во время пандемии COVID-19 именно эти места буквально за одну ночь оказались под давлением, прежде казавшимся немыслимым. Перечитывая записи, которые я делал тогда во время работы с местной больницей, я снова чувствую, как у меня учащается сердцебиение.

Работа больниц

От:

Тема: Re: помощь от университета

Дата: марта 2020 года, 15:43:32 GMT

Кому: Tim Minshall Тим, сможете подключиться к совещанию в понедельник? Подробности ниже. Это самое короткое письмо я получил в ту пятницу, когда мы закрыли институт и перевели 350 сотрудников и студентов на работу и учёбу из дома в связи с пандемийными ограничениями. У меня сохранилась фотография моей коллеги Лиз: она улыбается, закончив последний обход здания и запирая главный вход. С

очаровательной наивностью мы полагали, что всё это продлится несколько недель — пока распространение вируса не удастся взять под контроль.

Совещание, упомянутое в письме, должно было состояться с представителями руководства и медицинских подразделений местной университетской больницы, где работало около десяти тысяч человек. Из-за локдауна встретиться лично было невозможно, поэтому мы с коллегами подключались из наскоро оборудованных домашних «офисов», разбросанных по всему городу и окрестным деревням. Причём мы действительно **подключались по телефону**. ИТ-инфраструктура больницы испытывала настолько огромную нагрузку, что использовать Teams или Zoom было запрещено.

И вот я сидел, сгорбившись над столом в комнате сына, включив громкую связь на iPhone, и пытался различить несколько голосов, доносившихся из какой-то переговорной глубоко в недрах больницы примерно в полутора километрах от моего дома. Я торопливо записывал имена, пытаюсь понять перечисляемые должности и обязанности, а затем переключался на сайт больницы и искал фотографии названных людей — просто чтобы хоть как-то связать бестелесные голоса с реальными лицами. А потом сотрудники больницы сообщили нечто, от чего я перестал писать и просто уставился на телефон широко раскрытыми глазами.

Они смоделировали несколько сценариев того, как вирус может повлиять на больницу. Даже **лучший** вариант выглядел весьма тревожно. Худший невозможно было осознать. И они хотели, чтобы мы помогли им подготовиться именно к нему. Здесь вы вполне резонно можете спросить:

с какой стати больница вообще обратилась за помощью к инженерам-производственникам?

На самом деле между больницами и заводами есть немало общего. Как мы уже видели, завод получает определённые

входные ресурсы, выполняет над ними определённые процессы — люди по установленной методике используют машины и материалы, — а затем выдаёт наружу готовый результат. Если взглянуть на работу больницы несколько карикатурно, получится нечто похожее. На входе — больные пациенты. Медицинские специалисты выполняют действия, добавляющие ценность: ставят диагнозы, лечат при помощи оборудования и лекарств. А на выходе из здания оказываются более здоровые и, хочется надеяться, более счастливые люди.

Если смотреть так, мысль о том, что некоторые принципы управления заводом могут пригодиться больнице, уже не выглядит столь странной. Мы быстро пришли в себя и продолжили выяснять возможные последствия самого тяжёлого сценария. Если он реализуется — даже частично, — очень многое может пойти ужасающе неправильно. Возьмём один пример. Если резко возрастёт число пациентов с COVID-19, которым нужен кислород, — а именно это уже происходило в Китае и Италии, — справится ли система кислородоснабжения больницы? Вероятно, вы замечали возле большинства больничных коек небольшой кислородный разъём.

Обычно многие из них используются крайне редко. А что будет, если внезапно понадобятся **все**? Во всех отделениях? Одновременно? Из других больниц уже поступали пугающие сообщения: целые кислородные системы начинали давать сбои, когда множество точек потребления во всех отделениях включались одновременно и давление падало. Объяснять последствия не требуется. И это была лишь одна проблема. Их существовало множество. Как проводить сортировку и обрабатывать огромный поток внезапно прибывающих пациентов — одни инфицированы вирусом, другие нет?

Как справляться с резким сокращением персонала, если сами сотрудники заболеют? Как быстро тестировать медиков, чтобы они невольно не ускорили распространение

инфекции? Если количество пациентов взлетит, а доступного персонала станет меньше, как оперативно распределять больных по койкам и медицинским бригадам? И наконец — самый мрачный вопрос: что делать с потенциальной горой тел, если всё пойдёт совсем плохо? — **Ну что ж, пожалуй, на этом остановимся. Есть вопросы?** — произнёс один из голосов из больницы. Когда нам наконец удалось вновь соединить ошеломлённый мозг с отвисшей челюстью, мы задали несколько уточняющих вопросов.

А затем довольно беспомощно сказали, что подумаем и свяжемся с ними. Оглядываясь назад, я думаю, мы переживали то, что психологи называют **когнитивным диссонансом** — попыткой одновременно удержать в голове две противоречащие картины мира. Новостные ленты уже показывали нам ужасные сцены из больниц других стран. Но ведь это была **наша** хорошая местная больница. Там родились многие наши дети. Там лечили нас и тех, кого мы любим. Неужели тот кошмар, о котором нам только что рассказали, действительно может развернуться здесь — буквально в нескольких минутах езды от дома, в солнечном Кембридже?

И когда мы понемногу начали принимать, что да, может, возник следующий вопрос:

а способны ли мы вообще чем-нибудь помочь?

И тогда наши коллеги Том и Дункан, с которыми вы познакомились в предыдущей главе, сделали нечто очень разумное. Они предложили посмотреть на проблемы больницы **глазами директора завода**. И тут мы поняли: на самом деле многие из описанных проблем нам прекрасно знакомы. Перед нами были многочисленные примеры **нестабильности процессов** — того самого, с чем постоянно сталкиваются на производстве. Руководитель завода хочет быть уверен, что всё, что делают его люди и оборудование, то есть все процессы, остаётся в допустимых границах объёма, скорости и качества.

Он хочет знать нормальные максимальные и минимальные значения, чтобы своевременно заметить отклонение и вмешаться. Время от времени неизбежно возникает какое-нибудь **возмущение**, выводящее процесс за нормальные пределы. Сломалась машина. Работник что-нибудь забыл. Поставщик прислал не ту деталь. Потом одно нарушение вызывает другое — и внезапно прекрасно работающий завод начинает разваливаться на глазах.

COVID-19 был **возмущением среди всех возмущений**.

Чтобы подготовиться, больнице необходимо было понять, как пандемия может повлиять на множество процессов во всей системе. А для этого требовалось измерить текущее состояние — определить верхние и нижние пределы возможностей, например кислородоснабжения, сортировки пациентов, тестирования и так далее, — а затем построить модель того, что произойдёт при превышении этих пределов. Так перегруженное руководство больницы смогло бы точно знать, **когда действительно пора начинать беспокоиться**. В условиях кризиса нет смысла тратить драгоценное время на тревогу, пока процессы всё ещё остаются в допустимых пределах.

Но собрать необходимые данные означало проделать огромный дополнительный объём работы. А персонал больницы и без того работал на пределе. И тут, как ранее с дефицитом СИЗ и аппаратов ИВЛ, на помощь пришла ещё одна довольно неожиданная группа героев. Из-за новых международных ограничений многие аспиранты нашего института не смогли вернуться домой. И они с энтузиазмом ухватились за возможность сделать хоть что-нибудь полезное для местного сообщества перед надвигающейся схваткой с COVID-19. Они делали ровно то, чему их учили применительно к заводам:

смотрели, слушали, задавали вопросы, измеряли, анализировали, визуализировали данные и представляли результаты больнице.

Рассматривая больницу как некое подобие производственной системы, студенты смогли дать её руководству более ясную картину реальной работы процессов. А значит, руководство могло сосредоточить усилия на правильных проблемах — и именно в тот момент, когда это было необходимо. Пандемия COVID-19 сделала особенно заметной связь больниц с производственным миром. С одной стороны, больница — **потребитель**: она использует лекарства, расходные материалы и оборудование, изготовленные внешними предприятиями. Но одновременно больница и сама является **производственной организацией**.

Она не просто похожа на фабрику по принципам работы. В самом буквальном смысле она действительно **производит вещи**. От обычных гипсовых повязок для сломанных конечностей до индивидуальных хирургических устройств, создаваемых собственными командами клинических инженеров. Медицинские производители нередко размещают часть своих подразделений внутри больниц или рядом с ними, чтобы разработка и испытания новых устройств и методов лечения максимально соответствовали нуждам врачей и пациентов. А с переходом к персонализированной медицине подобное сближение производства и потребления будет становиться всё более привычным.

Например, при некоторых методах лечения рака, таких как **CAR-T-терапия**, клетки извлекают из организма пациента, отправляют на специальную обработку по строго контролируемой холодовой цепи, а затем возвращают для повторного введения. Так называемое время «**от вены до вены**» имеет критическое значение. Любое сокращение этого интервала или упрощение цепочки поставок чрезвычайно ценно. Если обрабатывать клетки ближе к месту лечения, можно одновременно снизить логистические риски и ускорить процесс. Одновременно почти повсеместная цифровая связь позволяет больницам

выходить за границы физических зданий и создавать так называемые **виртуальные палаты** или **«больницы на дому»**.

Цель этих новых моделей — предоставить пациенту медицинскую помощь больничного уровня прямо дома, безопасно и в привычной обстановке. Теперь, когда я еду на велосипеде мимо раскинувшегося неподалёку от моего дома комплекса больничных и исследовательских корпусов, я воспринимаю их совсем иначе. Я вижу их такими, какие они есть на самом деле:

фабрики, производящие здоровье.

Их границы становятся всё менее отчётливыми по мере того, как деятельность этих «фабрик» всё глубже встраивается в жизнь местных сообществ. Разговоры с людьми, работающими в сфере медицинского производства, многое мне открыли. Их истории показали, насколько наши системы здравоохранения сложны, изобретательны и в то же время порой мучительно негибки — и насколько близко они подошли к краху во время беспрецедентного, хотя далеко не неожиданного кризиса. Но те же истории позволили нам заглянуть и в будущее медицинского производства.

И это будущее находится пугающе — и восхитительно — близко. Три главные темы этой главы — разработка лекарств, производство медицинских устройств и работа больниц — объединяет одна мысль.

Сам облик мира медицинского производства меняется, а границы между ним и остальными частями нашей жизни становятся всё более размытыми.

Это очень напоминает картину, которую мы видели в предыдущих главах. Меняются взаимоотношения между теми, кто производит, и теми, кто потребляет. Пациенты, лекарства, медицинские приборы и больницы, разумеется, всегда зависели друг от друга. Но теперь эти связи

становятся значительно теснее — и всё более **двусторонними**. В самом центре происходящего — роль, которую играем в медицинском производстве **вы, я и каждый из нас**, как по отдельности, так и вместе. Персонализированная медицина позволяет переходить от лечения по принципу:

«один размер — будем надеяться, подойдёт всем»

к терапии, ориентированной на конкретного человека с его уникальной физиологией, образом жизни и медицинской историей. Размывание границы между медицинскими приборами и бытовой электроникой — например умными часами и фитнес-трекерами — мягко подталкивает нас к более здоровому образу жизни. Одновременно мы начинаем сами пополнять океаны данных, из которых можно извлекать новые знания, раньше выявлять заболевания и назначать более эффективное лечение. Пандемия COVID-19 одновременно обнажила хрупкость системы, в которой жизненно важные простейшие товары производятся на небольшом числе огромных заводов, расположенных где-то далеко.

Теперь всё шире признаётся важность того, чтобы и квалифицированные специалисты, и подходящие производственные мощности находились **на местах** и могли обеспечивать местное здравоохранение необходимыми материалами. Это повышает устойчивость поставок лекарств и оборудования, создаёт рабочие места поблизости и сокращает выбросы, связанные с транспортировкой. А больницы — одновременно потребители промышленных товаров и сами производственные организации — меняются в ответ на наше стремление к более персонализированному, ориентированному на сообщество и устойчивому здравоохранению.

Учитывая, что ещё до пандемии COVID-19 системы здравоохранения уже трещали под давлением стремительно

растущих расходов и постоянно увеличивающегося спроса, всё это не просто приятное дополнение.

Это и есть будущее медицинского производства.

Наше путешествие по производственному миру почти подошло к концу. В начале книги мы поставили перед собой два вопроса:

Почему современный производственный мир настолько хрупок и настолько разрушителен для планеты?

Что можно сделать, чтобы он стал менее хрупким и менее разрушительным?

Мы исследовали **как** и **почему** люди производят, перевозят и потребляют вещи. Затем посмотрели, каким образом в мире производства происходят перемены, как продолжается его цифровизация и — в этой главе — какую всё более центральную роль в производственных системах начинаем играть мы сами и наши сообщества. По пути мы увидели, как барьеры, отделявшие наш «обычный» мир от производственного, постепенно растворяются. И теперь мы подошли к самому главному вопросу из всех:

Каким образом производственный мир обеспечит дальнейшее существование человечества на этой планете?

8. ВЫЖИТЬ

Как мы все — как часть мира производства — будем спасать планету

В 1940-х годах американский психолог Абрахам Маслоу предложил концепцию «**иерархии потребностей**». Согласно ей, прежде чем задумываться о потребностях более высокого порядка, человеку необходимо удовлетворить самые основные, физиологические. Вряд ли имеет смысл мучительно размышлять о том, как выглядеть более уверенным в себе на работе, если вы мёрзнете на горном склоне без еды и крыши над головой. Сначала приходится позаботиться о самом необходимом. И для большинства из нас эти базовые потребности, от которых зависит само выживание, удовлетворяются с помощью вещей — жилища, пищи, одежды, — произведённых кем-то другим.

Парадокс состоит в том, что способ, которым мы сегодня производим и перевозим всё необходимое для нашего выживания, сам начинает угрожать нашему выживанию. Производство стало вторым по величине источником выбросов парниковых газов после выработки электроэнергии и тепла. Промышленность создаёт феноменальные объёмы отходов. Значительная часть перерабатываемого сырья и выпускаемых товаров либо вообще никогда не используется, либо выбрасывается, оставаясь совершенно исправной. Производство — один из крупнейших источников загрязнения природной среды.

Чтобы понять, как мы дошли до такой ситуации — и почему продолжаем её терпеть, — стоит посмотреть, как производятся некоторые конкретные вещи. Начнём с трёх потребностей, находящихся у самого основания пирамиды Маслоу:

жилища, пищи и одежды.

Как мы производим жилища

Мне очень повезло. Я живу в сравнительно новом доме — тёплом и хорошо защищённом от непогоды. Он построен из кирпича, металла, пластика, дерева и цемента. И вот с последним как раз есть проблема. Цемент — удивительный материал. В смеси с щебнем он превращается в бетон, из которого можно возводить что угодно: от обычных домов до небоскрёбов и мостов. Благодаря цементу мы можем построить восьмисотметровый Бурдж-Халифа или Даньян-Куньшаньский виадук длиной 165 километров. Наш современный, всё более урбанизированный мир в значительной степени построен именно из цемента. И он действительно повысил качество жизни многих беднейших сообществ планеты.

В книге *Material World* Эд Конвей рассказывает, как даже простая замена земляного пола цементным снижает распространение паразитарных инфекций. А когда грязную дорогу заменяют бетонной, у живущих рядом людей заметно растут и заработки, и доля детей, посещающих школу. Цемент позволяет создавать вещи, которые делают нашу жизнь лучше.

Сегодня бетон — **второй по объёму потребления материал на Земле после воды.**

Но одновременно цемент — один из наиболее углеродоёмких и экологически вредных строительных материалов. Его производство сопровождается огромными выбросами CO₂. Часть углекислого газа выделяется непосредственно в процессе **кальцинации** — ключевой химической реакции цементного производства. Ещё больше CO₂ образуется косвенно, потому что сырьё приходится нагревать примерно до **1400 °C**. В итоге около четырёх миллиардов тонн цемента, производимых ежегодно, дают примерно **8 процентов всех мировых выбросов CO₂.** Чтобы

представить масштаб: это примерно в **четыре раза больше**, чем выбросы всей мировой авиации.

Так что благодаря цементу я живу в прочном и безопасном доме. Но если мои правнуки захотят жить в той же части Великобритании, им, возможно, придётся отрастить жабры: значительная часть Восточной Англии рискует оказаться под водой из-за повышения уровня моря, вызванного изменением климата, которое, в свою очередь, ускоряется в том числе нашим огромным — и продолжающим расти — потреблением цемента.

Как мы производим пищу

В 2011 году ООН опубликовала доклад, согласно которому почти **треть всей производимой в мире пищи выбрасывается**. Когда в 2021 году появились новые данные, выяснилось, что ситуация стала ещё хуже: в отходы уходило уже около **40 процентов всей произведённой пищи**. Каждый год человечество производит около шести миллиардов тонн продуктов.

А затем примерно **2,5 миллиарда тонн просто не использует**.

Подумайте, насколько это абсурдно. Генеральному директору любой производственной компании, выбрасывавшей 40 процентов собственной продукции, пришлось бы отвечать на весьма неприятные вопросы акционеров. И дело не только в выброшенном сырье, энергии и человеческом труде. Более четверти всех мировых выбросов CO₂ связано с производством пищи. Следовательно, около **10 процентов всех мировых выбросов** приходится на производство продуктов, которые в итоге никто даже не съедает. Потери происходят на всём пути **«от поля до тарелки»**.

Около 28 процентов приходится на выращивание и сбор урожая, ещё примерно 26 процентов — на транспортировку и переработку. Почти половина оставшихся потерь

возникает уже после того, как продукты оказываются в руках потребителей. И вот особенно неловкий факт. По оценкам, более трети овощей и фруктов в Европе выбрасывается **по эстетическим причинам**. Мы не хотим есть картофель или морковь, если они выглядят «неправильно». А в относительно богатых странах мы делаем нечто ещё более странное. Покупаем еду за собственные деньги.

Храним её некоторое время. А затем выбрасываем. В разных регионах мира пищевые потери возникают на разных этапах. В Европе и Северной Америке более трети отходов образуется уже у потребителей. В Африке к югу от Сахары и Юго-Восточной Азии бытовых пищевых отходов значительно меньше: большая часть потерь возникает при производстве, транспортировке и хранении. И ещё одна цифра, которую, на мой взгляд, стоит запомнить. Современная мировая продовольственная система производит достаточно еды, чтобы прокормить всех восемь миллиардов жителей планеты.

Более того: мы производим достаточно, чтобы прокормить **десять миллиардов человек**. И всё же каждый девятый человек недоедает — отчасти потому, что наша производственная система теряет огромное количество пищи, и она попросту не доходит до тех, кто нуждается в ней больше всего. Пожалуй, можно честно признать: система, созданная нами для обеспечения людей даже самым необходимым питанием, **работает далеко не так, как должна**.

Как мы производим одежду

Отрасль, удовлетворяющая нашу потребность в одежде, гигантская. Во всём мире непосредственно в производстве одежды занято около **60 миллионов человек**. Если добавить дизайнеров, поставщиков, дистрибьюторов и розничную торговлю, число вырастет примерно до **300 миллионов**.

Экономический масштаб отрасли тоже огромен: мировые продажи оцениваются примерно в **2,4 триллиона долларов в год**. Если бы мировая индустрия одежды была отдельной страной, по размеру ВВП она располагалась бы примерно между Россией и Францией. Производственную часть этой отрасли можно условно разделить на две основные стадии.

Сначала производятся ткани и другие материалы. Затем идут операции **раскроя и пошива**, превращающие материалы в одежду. После этого начинаются логистика и розничная торговля. Поскольку точные масштабы и даже границы этой отрасли определить непросто, столь же трудно точно измерить её воздействие на окружающую среду. Но в одном сомнений нет: по объёмам выбросов и отходов оно колоссально. Вот лишь несколько цифр. Ежегодные выбросы парниковых газов от производства текстиля — около **1,2 миллиарда тонн** — превышают совокупные выбросы всех международных авиарейсов и морских перевозок.

Более трети сырья, поступающего в текстильную цепочку поставок, превращается в отходы ещё **до того, как изделие попадёт к покупателю**. На текстильную промышленность приходится около **20 процентов всего загрязнения воды**. Почти три четверти материалов, произведённых для одежды, в конечном счёте оказываются на свалке или сжигаются — со скоростью, эквивалентной **одному грузовику в секунду**. Перепроизводство ежегодно оценивается в **10–40 процентов**. И лишь около **1 процента** текстиля перерабатывается в новую одежду. Но даже после того, как ткани произведены, одежда сшита, а обувь и платья выставлены в магазинах, мы — покупатели — начинаем вести себя весьма странным образом и ещё больше усугубляем проблему.

Мы хотим всё больше одежды... но носим каждую вещь всё меньше. И выбрасываем её всё раньше. Отчасти это следствие развития **fast fashion — быстрой моды**, при которой новые модели появляются всё чаще и продаются всё

дешевле. С коммерческой точки зрения всё прекрасно: высокие продажи, хорошая прибыль, много рабочих мест. Однако по мере стремительного роста продаж одежды её **используемость** — то есть среднее число раз, которое вещь надевают до того, как выбросить, — снизилась примерно на треть. И дело вовсе не в том, что одежда стала быстрее изнашиваться.

Просто мы больше не носим её так долго, как раньше. Всё это сырьё. Вся эта энергия. Весь этот труд. Ради вещей, которые мы выбрасываем задолго до окончания их реального срока службы. Очевидно, что производство одежды — ещё одна часть нашего промышленного мира, которую пора серьёзно переосмыслить. Из этих трёх примеров уже начинает складываться общая картина. За последние два с половиной столетия мы создали производственные системы, призванные обеспечивать наше выживание в краткосрочной и среднесрочной перспективе — быстро и дешево снабжая нас жильём, пищей и одеждой.

Но одновременно мы невольно построили систему, которая **снижает наши шансы выжить в долгосрочной перспективе**. Как мы вообще допустили такое?

Очень человеческое отношение ко времени

Легко говорить, что нас волнуют долгосрочные последствия собственных поступков. Но — и я, увы, тоже отношусь к этой категории — большинство из нас куда сильнее беспокоят желания и потребности настоящего и ближайшего будущего. Уильям Макаскилл очень точно объясняет это в книге *What We Owe the Future*. Проблема в том, что наши потомки по вполне очевидной причине не могут голосовать, лоббировать свои интересы и участвовать в политике. Они не могут писать возмущённые письма в газеты. Не могут поднять бурю в социальных сетях.

Не могут приклеить себя к автомагистрали. Наши потомки, как пишет Макаскилл, **«полностью лишены**

политического голоса». Чтобы хоть как-то дать голос нашим будущим «я» и не позволить человечеству собственными руками уничтожить планету, в 1980-х годах ООН решила вмешаться. Тогдашнему премьер-министру Норвегии Гру Харлем Брундтланд предложили возглавить комиссию мудрых людей и подумать, что можно сделать. Через четыре года комиссия вернулась с трёхсотстраничным докладом. В нём содержалось предельно простое определение принципа, которого миру необходимо придерживаться, если он хочет избежать экологической катастрофы.

Этот принцип получил название **устойчивого развития:**
«развитие, удовлетворяющее потребности настоящего, не лишая будущие поколения возможности удовлетворять собственные потребности».

Исходя из этого определения, становится довольно очевидно: нынешняя система производства всего необходимого — не говоря уже обо всём желаемом — **с задачей явно не справляется.** Примеры жилья, пищи и одежды показали огромную неэффективность и неустойчивость на всех трёх этапах производственной системы:

создать — перевезти — потребить.

Но если взглянуть на те же примеры под другим углом, можно увидеть и кое-что обнадеживающее. Уже сегодня появляются действительно изобретательные способы решения этих гигантских проблем.

Производить менее вредно — и производить менее вредные вещи

Я хочу остаться у основания пирамиды Маслоу и посмотреть на несколько примеров того, как ситуацию можно улучшить. А поскольку пишу эти строки в конце декабря, самоотверженно доедая последние куски рождественского

кекса, начну с пищи. С сентября по март значительная часть моего детства в сельской местности на юго-западе Норфолка проходила под сладковато-приторный запах. В зависимости от направления ветра он доносился с большого завода примерно в пяти милях от нашего дома. Там перерабатывали выращенную неподалёку сахарную свёклу.

Завод, принадлежащий British Sugar, работает и сегодня — причём в куда больших масштабах, чем в 1970-е. Каждый год примерно в течение шести месяцев — периода, который здесь называют **«кампанией»**, — миллионы тонн сахарной свёклы выкапывают из земли и везут на завод более чем с тысячи ферм непрерывным потоком тракторов и грузовиков. На предприятии свёклу моют, измельчают и перерабатывают, извлекая сахар. За одну такую кампанию в один конец завода поступает около трёх миллионов тонн свёклы. А из другого выходит примерно **400 тысяч тонн сахара**.

Чуть меньше килограмма этого сахара попало и в наш рождественский кекс. А некоторое его количество — судя по липким пальцам — прямо сейчас перемещается на клавиатуру, пока я пишу эти строки. Но до недавнего времени я не знал, что этот завод стал ещё и одним из самых экологичных в мире. Здесь довели почти до крайности принцип **«ноль отходов»** — подход, который наверняка очень поразовал бы Тайити Оно и Эйдзи Тоёду, прославившихся созданием принципов бережливого производства. И весьма неожиданным побочным результатом стало то, что предприятие превратилось ещё и в одного из крупнейших в мире производителей **медицинского каннабиса**.

Пожалуй, это требует объяснения. Писатель Джонатан Мидс прекрасно описал ландшафт болотистых равнин Восточной Англии:

«Горизонт здесь полностью оправдывает своё название. Он всегда и неизменно горизонтален».

Почти ничто не заслоняет обзор. Поэтому огромный завод British Sugar в Уиссингтоне невозможно не заметить. Ещё прежде, чем вы увидите семь гигантских силосов для сахара, столбы пара, поднимающиеся над предприятием, служат своего рода навигационным маяком, видимым за много миль. Я сворачиваю на восток с главной дороги север—юг, пробираюсь через деревню Саутери и выезжаю на совершенно прямые, словно проведённые по линейке дороги среди почти чёрных торфяных полей. О международном составе людей, обслуживающих британскую логистику свекловичной отрасли, говорит даже дорожный знак:

«Только транспорт со свёклой»

— надпись продублирована, среди прочих языков, на хорватском, латышском, литовском и болгарском. На парковке я сразу замечаю своего хозяина Гэри — на нём ярко-оранжевая сигнальная куртка. Именно Гэри разработал и возглавил преобразование завода. Он с энтузиазмом показывает мне масштаб замысла, который когда-то поставили перед собой он и его коллеги. И больше всего впечатляет то, что они действительно осуществили **почти всё, что задумали**. Гэри и его команда методично изучили все операции предприятия, пытаясь устранить любые возможные отходы.

А там, где полностью избавиться от отходов было невозможно, пытались придумать способ превратить их во что-нибудь, имеющее ценность для кого-то другого. Вот несколько примеров. Свёкла, которую сотни грузовиков каждый день привозят прямо с полей, покрыта землёй и камнями. Раньше всё это просто смывали и выбрасывали. Теперь землю продают как плодородный грунт для озеленения, а камни — как строительный заполнитель. Ежегодно это около **150 тысяч тонн земли и пяти тысяч тонн камня**, которые раньше отправлялись в отходы, а теперь приносят коммерческую ценность.

После инвестиций в ферментационное и дистилляционное оборудование побочные продукты переработки сахара, прежде никому не нужные, начали использовать для производства **биоэтанола**. Сегодня завод ежегодно производит около **55 тысяч тонн** биоэтанола, который добавляется в бензин в пропорции 5 или 10 процентов — именно так получают топливо E5 и E10. Производство сахара требует огромного количества энергии, поэтому в Уиссингтоне есть собственная теплоэлектроцентраль. Избыточная электроэнергия — её порой достаточно для обеспечения примерно **120 тысяч человек** — подаётся в национальную сеть.

А что делать с лишним теплом и CO₂, которые раньше просто выбрасывались в атмосферу? Построили **18 гектаров теплиц**. Тепло и углекислый газ стали использовать для ускорения созревания томатов, что заодно превратилось в небольшой дополнительный бизнес. Когда изменения на мировом рынке помидоров сделали это направление нерентабельным, предприятие переключилось на выращивание медицинского каннабиса. Работа Гэри и его коллег — отличный пример того, как производственную часть промышленности можно переустроить так, чтобы не просто уменьшить вред окружающей среде, но и создать новые коммерческие возможности.

И таких людей, как Гэри, немало. Во всём мире инженеры и предприниматели ищут способы производить всё необходимое для нашего нынешнего благополучия, **не ставя под угрозу наше будущее**. Мы уже говорили об огромном влиянии производства цемента на мировые выбросы CO₂. Чтобы снизить их, одни учёные и инженеры сосредоточились на выборе сырья. Более половины выбросов возникает при производстве **клинкера** — одного из основных компонентов цемента. Поэтому исследуются способы частично заменять клинкер альтернативными материалами, снижая его долю.

Другие работают над весьма изобретательными способами **переработки самого цемента**. Некоторые идут иным путём. Они признают, что в ближайшие годы цементная промышленность вряд ли сможет пережить радикальную технологическую революцию. Поэтому пытаются добиться небольших улучшений — тех самых **инкрементальных инноваций** — повышая эффективность уже существующих процессов. Звучит не слишком вдохновляюще? Тогда взгляните на цифры. Если обычный цементный завод снизит энергопотребление всего на **1–2 процента**, он сократит выбросы CO₂ примерно на **15 тысяч тонн в год** и сэкономит около **500 тысяч долларов**.

То есть даже небольшое повышение эффективности одновременно уменьшает вред планете и экономит деньги. В мире действует свыше трёх тысяч цементных заводов. В масштабах отрасли это потенциально означает более **1,5 миллиарда долларов ежегодной экономии** и около **45 миллионов тонн сокращения выбросов CO₂**. Именно эта идея подтолкнула нашего бывшего студента Дэна к созданию собственного стартапа. После окончания факультета аэрокосмической инженерии он некоторое время работал промышленным консультантом, а затем вернулся в университет для получения докторской степени.

Тема его диссертации?

Как повысить эффективность цементной промышленности.

Закончив исследование, он понял, что диссертация, стоящая на библиотечной полке, сама по себе мир не изменит. Поэтому вместе с партнёрами он создал компанию **CarbonRe**. Компания использует огромные массивы данных, которые и без того собираются датчиками, установленными практически повсюду на современном цементном заводе. С помощью искусственного интеллекта команда Дэна ищет закономерности в этих больших и зачастую весьма неопрятных массивах данных, выявляя участки

неэффективности и предлагая более рациональные режимы работы:

чуть изменить один поток, немного скорректировать другую температуру. По их расчётам, это позволяет снизить расход топлива примерно на **10 процентов**, а связанные с топливом выбросы углерода — до **20 процентов**. Хороший пример того, как небольшая компания способна ощутимо сократить выбросы одной из самых углеродоёмких отраслей мира. А что насчёт другой невероятно загрязняющей отрасли, которая даёт нам огромный выбор дешёвой одежды, но одновременно производит более миллиарда тонн CO₂, горы отходов и наносит огромный ущерб окружающей среде?

К счастью, и здесь ведётся немало работы, чтобы одевать нас менее разрушительным для планеты способом. Для примера возьмём вещь, которой ежегодно производится более **трёх миллиардов пар** и которую, по оценкам некоторых антропологов, в любой момент времени носит примерно половина населения планеты:

джинсы.

Мировые продажи джинсов превышают **60 миллиардов долларов в год**. По оценке ООН, на производство одной пары — от выращивания хлопка до момента продажи — уходит около **7500 литров воды**. Это примерно столько воды, сколько средний человек выпивает за **семь лет**. Благодаря культовому статусу джинсов и огромному объёму рынка поиск способов уменьшить экологический ущерб от их производства и перевозки стал одной из заметных задач модной индустрии. И недостатка в изобретательности здесь нет. Один из интересных примеров — испанская компания **Jeanologia**, основанная Хосе Видалем и его племянником Энрике Сильей.

Они сосредоточились на заключительной стадии обработки джинсов — одной из самых водоёмких и

загрязняющих стадий — и поставили перед собой амбициозную цель:

«полностью обезводить и детоксифицировать мир денима».

Компания разработала технологию обработки озоном вместо химического отбеливания. Это позволяет значительно снизить выброс вредных веществ. Кроме того, была создана система **нанопузырьков**, с помощью которой джинсы размягчают и предотвращают их усадку. Потребление воды по сравнению с традиционными методами снижается более чем на **90 процентов**. А тем, кто хочет модный эффект потёртых джинсов, больше не обязательно использовать промышленную пескоструйную обработку или трудоёмкое ручное шлифование. Эту работу теперь выполняют весьма эффектные лазерные системы, способные придавать каждой паре индивидуальный «винтажный» вид.

Jeapologia добилась огромного успеха. По оценкам, сегодня примерно **треть из пяти миллиардов пар джинсов**, ежегодно производимых в мире, проходит через технологические процессы, использующие разработки компании. И это всего лишь одна фирма. Хорошая новость состоит в том, что подобных компаний множество. Они внедряют инновации по всей цепочке поставок, постепенно делая текстильную и модную индустрию гораздо менее разрушительной для планеты. Истории сахара, цемента и джинсов показывают лишь некоторые из способов, которыми можно сделать сам этап **производства** менее вредным.

Но как быть с другой частью системы — **перевозкой**? С транспортировкой сырья и деталей на заводы. Между заводами. И от завода к покупателю. Здесь тоже происходят позитивные изменения: мы пытаемся уменьшать расстояния, а там, где перевозка неизбежна, использовать более чистые способы транспортировки. Посмотрим, как это

работает на тех же трёх примерах: строительстве, одежде и пище.

Перевозить меньше — и перевозить чище

Посмотрите на любую крупную стройку, даже отлично организованную. Почти наверняка увидите огромное количество материалов, лежащих под открытым небом: блоки и панели, окна и двери, строительные леса и крепления, трубы, металлические профили, доски, огромные мешки или груды песка и щебня и многое другое. По сравнению, например, с хорошо организованным автомобильным, электронным или пищевым производством стройплощадка выглядит почти «органически». Материалы разбросаны. Поставки идут от множества разных компаний. А используют всё это рабочие десятков подрядных организаций.

Один из результатов такой организации — отходы.

Очень много отходов.

По оценкам, около **13 процентов материалов**, доставленных на стройку, так никогда и не используется. Так почему бы не собирать ключевые части здания в хорошо организованных заводских условиях — где всё можно контролировать и защищать от дождя и грязи, — а затем привозить готовые крупные модули на стройплощадку по мере необходимости?

Этот подход называется **внеплощадочным производством** — **off-site manufacturing**.

Исследования показывают, что он сокращает транспортные выбросы: вместо множества грузовиков, перевозящих отдельные партии деталей и материалов, перевозятся более крупные готовые модули. Заодно уменьшаются сроки строительства и количество отходов. То есть строительство реализует принцип **«перевозить меньше»**, просто перевозя **меньшее количество более**

крупных объектов. В производстве продуктов питания происходят ещё более необычные вещи, способные резко сократить расстояние между производителем и потребителем. Большинство населения мира живёт в городах.

Поэтому особенно интересен рост технологий **городского сельского хозяйства**. Дефицит земли заставил городских фермеров придумать весьма высокотехнологичные решения. Одно из них — **вертикальное земледелие**. Растения выращивают в помещениях — на складах, в пустующих офисах и бывших заводах — слоями друг над другом. Состав питательной среды, влажность, температура и освещение полностью контролируются. В результате пища производится непосредственно рядом с потребителем. Сокращаются транспортные выбросы. Уменьшаются потери при перевозке.

Расходуется меньше воды. Урожайность чрезвычайно высока. А продукцию можно выращивать круглый год. Благодаря контролируемой среде значительно уменьшается проблема вредителей — а следовательно, и потребность в пестицидах. Почти весь процесс можно автоматизировать, снижая зависимость от низкооплачиваемого малоквалифицированного труда. Для густонаселённых мест вроде Сингапура и Гонконга это особенно разумно. Компании вроде **VertiVegies** и **Farm66** буквально втискивают фермы в любое доступное пространство. На момент написания книги мировой рынок вертикального земледелия оценивается примерно в **5 миллиардов долларов**, а в течение следующего десятилетия, по прогнозам, может вырасти до **30 миллиардов**.

Та же логика — производить ближе к месту потребления — начинает применяться и в индустрии одежды. Как мы видели в предыдущей главе, компании Makespace и David Nierer во время пандемии COVID-19 начали выпускать защитные экраны и больничные халаты, когда глобальные цепочки поставок оказались нарушены. Перенос

производства ближе к дому повышает надёжность поставок. Но одновременно сокращает расстояние перевозки товаров и, следовательно, экологический след всей цепочки. Разумеется, иногда товары всё равно приходится перевозить на огромные расстояния.

Мы уже видели множество технологических решений, призванных уменьшить экологический ущерб автомобильного, морского и воздушного транспорта. Некоторые из них начинают быстро — хотя и с большим опозданием — менять положение дел. Например, стремительно растут продажи электромобилей. Однако в 2024 году промышленность использует электрический транспорт главным образом для **последней мили**, локальной доставки, а также для перевозки материалов и незавершённой продукции внутри заводов. До массового появления грузовиков, самолётов и судов с нулевыми выбросами нам, похоже, всё ещё далеко.

В грузовой отрасли прогресс есть. Но идёт он мучительно медленно. Как и цементная промышленность, мировая транспортная система слишком велика, сложна и тщательно оптимизирована, чтобы быстро изменить направление. Итак, мы видим, что и производство, и перевозка постепенно становятся более устойчивыми. Но остаётся третья часть системы — **потребление**. То есть то, в чём участвуем уже мы с вами. Можем ли мы потреблять более устойчиво? Или хотя бы менее разрушительно?

От линейной экономики к циркулярной

Сегодня каждому из нас доступны ошеломляющие объёмы данных. Зеттабайты информации, собранной на всех стадиях цикла **создать — перевезти — использовать**, позволяют и производителям, и потребителям принимать решения, менее вредные для планеты. Благодаря этому потоку данных — и умным людям, умеющим объяснять, что они означают, — мы гораздо лучше понимаем воздействие

различных продуктов на окружающую среду. И это приводит нас к простой, но фундаментальной мысли:

наша экономика должна быть не линейной, а круговой.

Эллен Макартур — удивительный человек. В 2005 году она установила мировой рекорд одиночного кругосветного плавания под парусом. Позднее она рассказывала, насколько радикально этот опыт изменил её представление о воздействии человека на планету:

«Ничто в моей жизни не могло бы столь ясно объяснить мне смысл слова “конечный”».

Она провела **71 день одна в море**, полностью завися от ограниченного количества еды, топлива и других припасов, которые взяла на борт. И тогда пришла к простому выводу:

«Наша мировая экономика устроена точно так же — она полностью зависит от конечных ресурсов, которые мы добываем, используем и затем выбрасываем».

После этого Макартур решила заняться чем-то практическим — чем-то, что можно масштабировать и что могло бы фундаментально изменить способы производства и потребления. Она ушла из профессионального парусного спорта и создала фонд, помогающий организациям уменьшать вред планете. В основе фонда лежит чрезвычайно простая идея: **в сегодняшней экономике мы берём материалы из Земли, производим из них товары, а затем выбрасываем их — это линейный процесс. В циркулярной экономике отходы вообще не должны возникать.** Эта простая, но мощная концепция **циркулярной экономики** развивает идеи химика Михаэля Браунгарта и архитектора Уильяма Макдонаха, изложенные в их бестселлере 2002 года *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*.

Их ключевая мысль состояла в том, что круговая модель должна сохранять человека в центре системы. Нам нужно перейти от бесконечной борьбы с приближающимся

кризисом к такой организации хозяйства, которая естественно существует **в пределах ограниченных ресурсов планеты**. Как же выглядит эта круговая модель на практике? Её основу составляют действия, начинающиеся с английского **re-**. Главные из них:

reduce — сокращать,

reuse — использовать повторно,

recycle — перерабатывать.

И порядок этих слов очень важен. Лучше всего прежде всего **сократить** количество производимых и потребляемых вещей. Затем, когда вещь выполнила первоначальную функцию, попытаться **использовать её повторно**. И лишь в последнюю очередь отправлять её на **переработку**, чтобы материалы стали сырьём для новых изделий. В настоящей циркулярной экономике в конце цепочки вообще не существует понятия «отход». То, что прежде считалось мусором, становится сырьём для другого производственного процесса. Именно это мы видели на заводе British Sugar.

Практически всё, что раньше считалось отходами — грязь, камни, остатки переработанной свёклы, жидкости, избыточное тепло, CO₂, — теперь представляет ценность для другого процесса. Из этого получают: грунт для садов, биоэтанол, энергию, а иногда даже медицинский каннабис. Благодаря таким образцовым предприятиям, как Уиссингтон, всё больше производителей понимают, что переход к циркулярной модели даёт не только экологическую, но и **коммерческую выгоду**.

Сократить. Использовать повторно. Переработать.

Три слова, которые легко запомнить и очень трудно систематически воплощать. Но сегодня они уже прочно вошли в язык промышленности. Однако чем дальше мы движемся в этом направлении, тем сложнее становится система. Теперь у нас уже далеко не три слова с приставкой **re-**. Добавились:

refuse — отказаться,
rethink — переосмыслить,
redesign — перепроектировать,
renovate — обновить,
repair — отремонтировать,
repurpose — найти новое применение,
refurbish — восстановить,
remanufacture — изготовить заново,
recover — вернуть ресурсы,
regenerate — восстановить природную систему

— и так далее. Рассмотрим всего три пункта из этого расширившегося списка. Каждый показывает, как производство может не просто уменьшить ущерб, но, возможно, начать **обращать его вспять.**

Обновлять

Карл Элефанте, бывший президент Американского института архитекторов, сформулировал чрезвычайно простую, но сильную мысль:

«Самое экологичное здание — то, которое уже построено».

Как мы уже видели, бетон — самый широко используемый строительный материал в мире, а его производство относится к числу наиболее разрушительных для окружающей среды. Благодаря стартапам вроде CarbonRe и многочисленным исследовательским группам, работающим вместе с крупнейшими производителями цемента, отрасль постепенно становится эффективнее и выбрасывает меньше CO₂. Но радикально изменить такую огромную и сложную мировую систему за одну ночь невозможно. Большие новые здания ещё долго будут зависеть от цемента. А значит, каким бы эффективным ни

стало его производство, новое здание всё равно будет содержать значительный объём **встроенного углерода**.

Но экологическая проблема строительства не ограничивается цементом. Во всём мире строительная отрасль потребляет около **26 процентов алюминия, 50 процентов стали и 25 процентов всех пластмасс**. Производство каждого из этих материалов требует энергии и сопровождается выбросами. Однако, как отмечает редактор *Architects' Journal* Уилл Хёрст, одна из причин столь огромного потребления материалов состоит в самой экономической модели строительства: мы часто сносим существующие здания, беспорядочно избавляемся от материалов и строим всё заново.

По данным британского Министерства окружающей среды, продовольствия и сельского хозяйства, из примерно **200 миллионов тонн отходов**, ежегодно образующихся в Великобритании, около **63 процентов** приходится на строительство. Каждый год сносится более **50 тысяч зданий**. Да, более 90 процентов материалов после сноса каким-то образом восстанавливается. Но значительная часть не используется повторно, а перерабатывается в материал **более низкой ценности**. Можно возразить: новое здание наверняка будет энергоэффективнее старого. Следовательно, в долгосрочной перспективе оно окажется полезнее для планеты.

Проблема лишь в том, что ждать этого эффекта приходится очень долго. По некоторым оценкам, новому энергоэффективному зданию требуется **от 10 до 80 лет**, чтобы за счёт более экономной эксплуатации компенсировать климатический ущерб, нанесённый самим строительством. Поэтому всё больше специалистов считают:

реконструировать старые здания, как правило, экологичнее, чем сносить их и строить новые.

Модернизация существующего здания дешевле, менее конфликтна, сохраняет сложившиеся места и районы. И с

точки зрения выбросов она разумнее, потому что позволяет сохранить огромный объём уже вложенной энергии вместо того, чтобы уничтожать здание и заново оплачивать чрезвычайно высокую энергетическую цену нового строительства. Чтобы убедить организации в преимуществах такого подхода, особенно важны успешные примеры. И один из них находится прямо здесь, в Кембридже. Кембриджский университет решил превратить бывшее шестэтажное здание городской телефонной станции в демонстрационный проект.

Цель состояла в том, чтобы доказать: старое здание можно реконструировать по цене, сопоставимой с обычным ремонтом офиса, но при этом использовать максимально возможное количество переработанных и повторно применённых материалов, свести к минимуму воздействие на окружающую среду и сократить энергопотребление. И именно это им удалось сделать. Все подробности — включая честный рассказ обо всех проблемах и полные технические данные — можно найти на сайте **Entopia Building**. И кто же теперь занимает это здание? Совершенно закономерно:

Institute for Sustainability Leadership — Институт лидерства в сфере устойчивого развития.

Этот пример практического лидерства приводит нас к следующему ге-слову. Оно близко к реконструкции и модернизации. И оно становится для производителей всё более сложной темой.

Ремонтировать

В 1922 году Генри Форд произнёс фразу, которая сегодня звучит почти невероятно:

«Мы хотим, чтобы человек, купивший один из наших товаров, больше никогда не нуждался в покупке другого».

К сожалению, на пути этого удивительно утопического и экологичного подхода к производству возникла одна фундаментальная проблема:

экономика корпоративного роста.

Представим сцену. Генри Форд чрезвычайно доволен собой. Он уже стал промышленным героем эпохи. Им движет искреннее желание обеспечить массы доступным и надёжным личным транспортом — таким, который владелец сможет сам обслуживать и ремонтировать. Его конвейеры производят Model T с невероятной скоростью. И вот после приведённой выше великодушной фразы коллеги осторожно отводят Форда в сторону и объясняют: если каждый покупатель приобретёт **одну-единственную машину на всю жизнь**, в долгосрочной перспективе это может оказаться не слишком удачной бизнес-моделью.

Возможно, предлагают они, всё-таки лучше убедить людей время от времени покупать новые автомобили? Форд, очевидно, согласился. И его компания превратилась в тот коммерческий гигант, который мы знаем сегодня. Но как Ford — а вслед за ним почти все остальные производители — убедил покупателей, что вполне исправные вещи, которыми они уже владеют, больше недостаточно хороши и нуждаются в регулярной замене? Рациональному покупателю нужно дать хотя бы одну из двух причин. Либо старый продукт перестаёт нормально работать.

Либо появляется новый, который предлагает явное преимущество. Когда технологии развиваются стремительно и каждый год приносит серьёзное улучшение характеристик, убедить людей заменить старое новым сравнительно легко. Вспомним первые автомобили. Если новая модель предлагала электрический стартер вместо ручной заводной рукоятки, способной вывихнуть плечо или сломать большой палец, покупателя не приходилось долго уговаривать. Но что делать, если новый продукт по своим функциям **почти ничем не лучше старого**? Можно

попытаться сделать так, чтобы через некоторое время товар переставал работать.

Или хотя бы работал хуже. И одновременно сделать его сложным или дорогим в ремонте и модернизации. Тогда возникает либо **функциональное устаревание** — устройство перестаёт нормально работать, — либо **экономическое устаревание** — ремонт обходится настолько дорого, что проще купить новое. Именно во вторую категорию попал мой телефон, когда я писал эту главу. Мне совершенно не хотелось платить Apple ту сумму, которую компания просила за замену аккумулятора. Я решил выяснить, нельзя ли сделать это самостоятельно. Но коллега, которого я назову «Джоном», рассказал мне, чем закончилась его собственная попытка заменить батарею телефона.

В разгар ремонта он случайно проколол аккумулятор. Начался один из тех страшных **«термических инцидентов»**. Сначала батарея задымилась. Потом загорелась. Попытка срочно выбросить пылающее устройство закончилась тем, что ему пришлось заново перестилать ковёр в гостиной. После этой истории я, к своему стыду, отправился в Apple Store и предоставил дело профессионалам.

Но сам факт, что **у меня вообще была возможность попытаться отремонтировать телефон самому**, чрезвычайно важен.

Несмотря на сопротивление некоторых производителей, правительства всё большего числа стран закрепляют законодательно **«право на ремонт»**. Для поддержки людей, желающих этим правом воспользоваться, появляются организации вроде **Open Repair Alliance**, публикующей данные по ремонту электроники, и **Repair Café Foundation**, помогающей проводить местные ремонтные мероприятия. Есть и компании вроде iFixit и DirectFix, которые продают запчасти, инструменты и инструкции для ремонта всё более широкого спектра товаров. Всё это прекрасно.

Но у меня остаётся ощущение, что мы выиграли лишь небольшую стычку в куда более длительной войне за изменение нашего отношения к вещам на протяжении **всего их срока службы**. Потому что часть проблемы лежит уже не в сфере рационального. Она относится к сфере **эмоций**. Исследователь Аарон Перзановски отмечает, что ещё в 1920-е годы в США считалось совершенно нормальным, что:

«изменение дизайна таким образом, чтобы старые модели становились устаревшими и возникала возможность продавать новые»,

— это просто **«хорошая производственная практика»** и **«умный бизнес»**.

Некоторые даже объясняли медленный выход из Великой депрессии тем, что потребители эгоистично не желают выбрасывать старые вещи и покупать новые. Возмущённые комментаторы жаловались:

«Люди повсюду сегодня нарушают закон устаревания»

— и даже предлагали государству вмешаться и **заставить людей покупать новые товары**. Такой радикальной меры, к счастью, не понадобилось. Производители нашли куда более изящный способ заставить нас желать новые вещи, даже когда старые прекрасно работают.

Они создали **психологическое устаревание**.

По мере роста благосостояния покупателей маркетинг всё чаще смещался с нижних уровней пирамиды Маслоу к верхним — туда, где нас начинает беспокоить, **какой сигнал наша покупка посылает окружающим**. Одним из инструментов стали ежегодно обновляемые модели. Заметные внешние изменения показывали другим людям:

у вас самая новая версия.

А затем умные производители научились соединять эмоциональное и рациональное, сочетая сразу три формы

устаревания: функциональную, экономическую и психологическую. Ваш телефон не просто выглядит старым. Он ещё и не запускает новые приложения. И аккумулятор едва доживает до середины дня. Никому не хочется выглядеть идиотом у турникета на станции или у кассы супермаркета. И уж тем более стоять под раздражённым взглядом официанта, бормоча:

«Не может быть... здесь же точно оставалось больше одного процента заряда...»

Такое переосмысление отношений между человеком и товаром приводит нас к последнему слову на ге-.

Переосмыслить

Ранее в книге мы уже встречали мысль:

«Никому не нужна дрель. Людям нужна дырка».

Именно поэтому авиакомпании нередко платят производителю двигателя не за сам двигатель, а за определённое количество **часов тяги в год**, оставляя обслуживание производителю. Подобные модели **power by the hour** — «**мощность по часам**» и другие системы оплаты за использование имеют не только коммерческий смысл. Они способны улучшать устойчивость всей системы. Когда производитель сам несёт расходы на ремонт и обслуживание, у него появляется сильнейший стимул делать изделия: максимально эффективными, надёжными, долговечными.

И планета получает неожиданный бонус. Продукты служат дольше. Их реже приходится заменять. Требуется меньше запасных частей, на изготовление и установку которых тоже расходуются энергия и сырьё. Подобное переосмысление — переход от продажи вещи к предоставлению клиенту **того результата, который ему действительно нужен**, — распространяется на всё больше отраслей. Например, исследования показывают, что один

автомобиль в системах совместного пользования вроде Zipcar или Getaround способен заменить примерно **23 частных автомобиля**.

А ведь обычный частный автомобиль примерно **96 процентов времени просто стоит без дела**. В одежде всё популярнее становится аренда вместо покупки. По заказу компании Rent the Runway было проведено исследование, согласно которому её модель бизнеса с 2010 года позволила избежать производства примерно **1,3 миллиона новых предметов одежды**. Это, по расчётам компании, сэкономило около:

67 миллионов галлонов воды,

98,6 миллиона кВт·ч электроэнергии

и 44,2 миллиона фунтов выбросов CO₂.

Переосмысление способов производства вещей — фундаментальное условие, если мы хотим уменьшить или обратить вспять ущерб, нанесённый планете. Но бесконечно совершенствовать отдельные элементы существующей системы невозможно. Как показывают приведённые примеры, иногда единственный действенный путь — **полностью изменить сам подход**.

Почему же мы не делаем всё это быстрее — и в мировом масштабе?

Теперь у нас достаточно данных, чтобы понять: старая линейная модель

произвести — использовать — выбросить

продолжаться бесконечно не может. Производителей уже не нужно убеждать, что планете следует причинять меньше вреда. Сегодня устойчивость встроена в стратегию почти любого крупного бизнеса. Благодаря Эллен Макартур и множеству других людей у правительств и компаний появились инструменты, позволяющие переходить к более устойчивым и более циркулярным способам производства,

перевозки и потребления. Во многих странах применение этих данных и инструментов уже привело к впечатляющему снижению промышленных выбросов. Но до необходимого уровня всё ещё далеко.

Производство остаётся одним из трёх крупнейших источников CO₂. И создаёт — буквально — **неустойчивые объёмы отходов**. Перемены определённо идут в правильную сторону. Но их недостаточно. И происходят они слишком медленно. Итак, если мы знаем, **что** нужно делать, и в целом понимаем, **как** это делать, почему всё это до сих пор не происходит в нужном масштабе? Причин три.

1. Чья это вообще проблема?

Несколько лет назад я увидел график, который, казалось, показывал очень хорошие новости. Он демонстрировал огромный спад выбросов CO₂ британской промышленности с 1980-х годов. Я уже было обрадовался. А потом мне объяснили: значительная часть этого сокращения произошла просто потому, что Великобритания закрыла собственные заводы и перенесла производство в другие страны — главным образом в Китай. Выбросы никуда не исчезли. Просто теперь они происходили **за пределами Великобритании**. А Британия получила возможность гордо заявлять, что её внутренняя промышленность стала значительно экологичнее.

Именно здесь скрывается одна из главных причин, по которой мы движемся недостаточно быстро. Промышленные выбросы делятся на три категории — так называемые **Scope 1, Scope 2 и Scope 3**. Начинается всё довольно просто. **Scope 1** — прямые выбросы от вашей собственной деятельности. Неважно, печёте вы торты или собираете ракеты. Если выбросы возникают непосредственно на вашем предприятии, это Scope 1. **Scope 2** — косвенные выбросы от потребляемой вами энергии. Если у вас нет собственной электростанции, завод получает электричество из сети.

При его производстве были выбросы. Доля этих выбросов, соответствующая вашему потреблению, относится к Score 2. Измерить сложнее. Но можно. А затем появляется **Score 3**. И начинается настоящий хаос. Сюда относится всё, что не вошло в первые две категории: выбросы по всей цепочке поставок, а также выбросы, возникающие при использовании продукта покупателем. Работать с этим чрезвычайно сложно. Почему? Потому что чем глубже вы погружаетесь в сложные сети поставщиков, тем менее надёжными становятся данные о том, **что там вообще происходит**.

Даже если вам удастся точно определить, какие операции в цепочке особенно вредны для планеты, выполняют их **другие компании**. Как заставить поставщика работать экологичнее? Вы можете сказать: — Переходите на возобновляемую энергетику. А поставщик вполне резонно ответит: — Хорошо. Но это стоит денег. Значит, цена нашего товара для вас вырастет. И вам как производителю придётся либо принять дополнительные расходы на себя, либо переложить их на покупателя. Самое тревожное заключается в том, что более **70 процентов всех промышленных выбросов** относятся именно к Score 3.

Та же проблема ответственности возникает и в других экологических вопросах. Возьмём переработку. Можно было бы сказать: компания, изготовившая товар, должна отвечать и за его переработку после окончания срока службы. Но в большинстве случаев система устроена иначе. Представим стеклянную бутылку пива. Я покупаю её. С удовольствием выпиваю освежающее содержимое. После чего хочу переработать бутылку. Однако ни пивоварня, ни магазин обычно не платят за её переработку. Этим занимаются муниципальные службы — то есть в конечном счёте общество.

Правда, ситуация постепенно меняется. В результате новых законов производители и продавцы электроники во многих странах теперь несут большую ответственность за

сбор и утилизацию выпущенных ими устройств. Допустим, мы всё же решили, кто отвечает за экологический ущерб от производства и перевозки товара. Допустим, мы убедили этих людей что-то изменить. Тогда возникает следующая проблема.

2. Как управлять компромиссами?

Мы уже неоднократно встречали три классических производственных вопроса:

Насколько хорошим должен быть продукт? — качество.

Насколько быстро он нужен клиенту? — время.

Сколько ресурсов можно на него потратить? — стоимость.

Хотите быстрее? Скорее всего, будет дороже. Или хуже по качеству. Хотите лучше? Придётся либо ждать дольше, либо платить больше. Когда к этим компромиссам добавляется устойчивость, всё становится намного сложнее. Мы знаем множество способов уменьшить экологический ущерб от производства, перевозки и потребления. Но какой способ **лучший**? Что является **правильным** выбором? Допустим, вы хотите купить джинсы, изготовленные с минимальным ущербом для планеты. Казалось бы, простая задача. Но вспомним, сколько факторов нужно учесть.

Где и как выращен хлопок? Органический он? Обычный? Или сертифицирован по правилам Better Cotton Initiative? Как его перерабатывали? Использовался натуральный индиго или химический краситель? Как очищались сточные воды на фабрике? Как далеко рулоны денима перевозили от ткацкого предприятия до швейной фабрики? Какими были условия труда? Какая технология использовалась для финишной обработки? Экологичные процессы Jeanologia? Или традиционные методы, требующие большого количества воды, химикатов и ручного труда? Затем нужно решить, как покупать джинсы.

Как за ними ухаживать. Как от них избавляться. И вообще: покупать ли новые? Или лучше секонд-хенд? А

может, взять напрокат? Получается довольно сложный алгоритм принятия решения. И всё это — ради **одной пары джинсов**. Теперь представьте, что такую степень анализа нужно распространить на всю невероятную сложность мировой производственной системы. Тогда становится понятнее, насколько трудно управлять экологическими компромиссами. Предположим, мы всё ещё намерены повышать устойчивость промышленности. Мы определили, кому принадлежит проблема.

Мы согласились на необходимые компромиссы. Остаётся третья трудность.

3. Та самая старая проблема — инерция

На протяжении книги мы видели, как сложная мировая производственная система реагирует на внезапные удары: пандемию, корабль, застрявший в Суэцком канале, и другие потрясения. Мы видели и то, как система постепенно возвращается в равновесие. Но адаптироваться к длительным структурным переменам — например к появлению новой технологии — значительно труднее. Переход от автомобилей с двигателями внутреннего сгорания к электромобилям показывает, насколько тяжело изменить даже **один**, пусть и огромный, элемент мировой производственной системы.

А теперь представьте задачу: переустроить **всю глобальную промышленность** так, чтобы она меньше вредила планете. Масштаб проекта колоссален. Нам нужно создать совершенно новый порядок производства, перевозки и потребления. И здесь трудно не вспомнить слова флорентийского дипломата и мыслителя Никколо Макиавелли:

«Нет дела более трудного, более опасного и более сомнительного в успехе, чем стать во главе установления нового порядка вещей».

Но помимо масштаба есть и другая проблема. Ничего нельзя сделать в одиночку. Ни один производитель. Ни один поставщик. Ни один потребитель не способен самостоятельно изменить всю систему. Отдельная компания или человек может стать примером, авангардом перемен. Но трансформация сложной системы требует сотрудничества множества организаций и людей. Переход к циркулярному производству показывает это особенно ясно. Гэри из British Sugar может сколько угодно хотеть использовать избыточное тепло и CO₂ для выращивания томатов или медицинского каннабиса.

Но кто-то должен построить теплицы. Кто-то — управлять ими. Кто-то — создать отдельный бизнес по продаже продукции, не имеющей никакого отношения к сахару. Циркулярное производство требует синхронизации разных видов бизнеса, зачастую работающих на совершенно разных рынках. Например, по мере падения спроса на газетную бумагу снижается и количество макулатуры, доступной для переработки. Бумажным компаниям приходится искать другие источники вторсырья. Но более разнообразное сырьё означает больший разброс качества. Значит, придётся менять конструкцию и режим работы бумагоделательных машин.

Тем временем спрос на бумагу растёт в другой области — упаковке, потому что мы хотим использовать меньше пластика. Это, в свою очередь, увеличивает спрос на вторичную бумагу. Усиливается конкуренция. И вся система становится ещё сложнее. А что насчёт нас самих? Как превратить простых потребителей в **активных участников циркулярной системы**? Нам можно сколько угодно говорить: — Перерабатывайте больше. Но, как показывает пример бутылки, производитель должен работать вместе с нами, создавая возможность для переработки, а не просто перекладывать ответственность на потребителя или муниципальные службы.

Итак:

кто отвечает за проблему;

как управлять компромиссами;

как преодолеть инерцию сложной системы.

Три очень серьёзные причины, по которым мир производства пока движется слишком медленно к цели ООН:

удовлетворять потребности настоящего, не лишая

будущие поколения возможности удовлетворять свои.

Так что же нам делать?

«Любой, кто верит в бесконечный рост в конечной среде,

— либо сумасшедший, либо экономист».

Экономический рост стал для нас почти чем-то само собой разумеющимся. Но вопрос о том, как долго можно поддерживать экспоненциальный рост, начавшийся ещё во время Первой промышленной революции, беспокоит мыслителей уже давно. В конце XVIII века Томас Мальтус сделал мрачное предсказание: неограниченный рост неизбежно ведёт нас к опасной границе. Страны становятся богаче благодаря эксплуатации ресурсов. Население растёт. Но такие ресурсы, как пища и топливо, конечны. Следовательно, рано или поздно рост должен замедлиться.

Иначе произойдут крайне неприятные вещи: голод, войны, катастрофы. Со временем наше понимание проблемы становилось глубже, и формулировка постепенно менялась. Сначала:

«Мы все обречены!»

Затем:

«Мы все обречены, если ничего не сделаем!»

Потом:

«Вот что нужно сделать, чтобы мы не погибли!»

А в последнее время — и это куда полезнее:

«Вот что нужно сделать — и вот как именно это сделать».

Этот сдвиг к более конструктивному мышлению стал возможен, в частности, благодаря гораздо лучшим данным. Мы видим проблему яснее. Лучше понимаем причины. И потому сильнее хотим искать решения. Но одно удивительно вредное трёхбуквенное сокращение продолжает тормозить прогресс.

GDP — ВВП, валовой внутренний продукт.

Это один из самых распространённых показателей состояния экономики. Рассчитывать его можно по-разному, но в основе он отражает объём денег, которые тратят граждане, компании и государство. С одной стороны, это логично и полезно. Если потребители больше покупают, компании больше инвестируют, а государство больше тратит на общественные услуги, кажется, что всё прекрасно. Но ВВП не учитывает огромное количество важнейших вещей: здоровье населения, образование, качество жизни и воздействие нашей деятельности на окружающую среду.

Как выразилась Дайан Койл из Bennett Institute for Public Policy:

«Сосредоточенность на ВВП без должного учёта экологической деградации и неравенства стала катастрофой для мировых экосистем и подорвала социальную сплочённость».

Приведу два производственных примера абсурда, возникающего из-за чрезмерной фиксации на ВВП. В 1989 году танкер **Exxon Valdez** потерпел аварию у побережья Аляски, вызвав одну из крупнейших экологических катастроф в истории. Но если смотреть только на ВВП, экономика Аляски в тот период выглядела прекрасно. Тысячи людей прибыли участвовать в очистке побережья. Они тратили деньги на гостиницы. На питание. На транспорт. Экономическая активность росла. Другой пример — продолжающаяся вырубка огромных площадей Амазонии ради создания пастбищ для крупного рогатого скота.

Для ВВП всё замечательно. Растёт активность лесозаготовительной отрасли. Лесной промышленности. Животноводства. Но если правительства по-прежнему будут считать увеличение ВВП главным показателем национального успеха, переход к устойчивой промышленной системе превратится в чрезвычайно тяжёлую борьбу. Одна из идей, способных помочь, называется **decoupling — разъединение**.

Смысл в том, чтобы **«разорвать связь между экологическим ущербом и экономическим благом»**.

Иными словами: пусть экономика растёт, но пусть этот рост больше не требует сжигания всё большего количества ископаемого топлива и роста выбросов. Нам нужен экономический рост. Но не ценой всё большего разрушения окружающей среды. Если политики действительно поставят этот принцип в центр своих решений, преобразование промышленности может существенно ускориться. И здесь есть хорошие новости.

Такое **разъединение уже происходит**.

На сайте Our World in Data есть простой график. Для Великобритании за период с 1990 по 2022 год две линии движутся в противоположных направлениях: ВВП на душу населения вырос примерно на **55 процентов**, а выбросы CO₂ на душу населения снизились примерно на **55 процентов**. В США за тот же период: ВВП вырос примерно на **60 процентов**, а выбросы CO₂ на душу населения упали примерно на **28 процентов**. Мы определённо движемся в правильную сторону. Нужно лишь продолжать. И двигаться **намного быстрее**.

К производству, которое оставляет на планете более лёгкий след

Если теперь посмотреть на все производственные процессы из первой половины книги через фильтр устойчивости,

картина оказывается неожиданно обнадеживающей. Возьмём даже такой простой продукт, как рулон туалетной бумаги. За ним скрывается огромная производственная цепочка: вырубить дерево, превратить древесину в целлюлозу, перевезти, сформировать бумагу, свернуть, распределить, продать. Трудно назвать весь этот процесс экологически безупречным. Но ситуация меняется. В качестве сырья всё чаще используется переработанная бумага.

Снижается экологический ущерб от отдельных процессов, например отбеливания. Некоторые компании переходят на более устойчивые первичные материалы — например **бамбук**. Принцип «**ноль отходов**» особенно интересен тем, что он одновременно экологичен и коммерчески рационален. Он помогает менеджерам уменьшать воздействие предприятия на окружающую среду, одновременно повышая эффективность бизнеса. Именно поэтому такие компании, как CarbonRe, Jeanologia и British Sugar, могут успешно внедрять экологические решения: они не идут против логики хорошего производства.

Наоборот. Они делают именно то, что эффективная производственная компания **и без того должна делать**, чтобы оставаться конкурентоспособной. Хорошие новости есть и в логистике. Тенденция к сокращению длины цепочек поставок не только снижает риск сбоев. Она уменьшает и выбросы CO₂, связанные с перевозкой грузов на тысячи километров по суше, морю и воздуху. А там, где дальние перевозки неизбежны, появляются новые технологии и виды топлива, позволяющие сделать энергоснабжение судов, самолётов и грузовиков менее вредным. Есть положительные сдвиги и со стороны потребления.

Современные технологии позволяют всё точнее связывать реальные потребности клиента с возможностями производства. Мы постепенно движемся к почти утопической цели **массовой кастомизации**: производитель

выпускает только то, что конкретный покупатель действительно хочет приобрести. Но вторая половина этой книги показала и другое. Перемены масштаба макиавеллиевского **«нового порядка вещей»** чрезвычайно трудны. Цифровизация производства даёт нам поразительные вычислительные возможности, позволяющие сделать промышленные системы одновременно более отзывчивыми к нашим потребностям и менее вредными для планеты.

Правда, довольно раздражающе, сама цифровизация порождает новые экологические проблемы, потому что работа всех этих цифровых систем тоже требует огромного количества энергии и ресурсов. Хороший пример сложности компромиссов даёт здравоохранение. Переход к более локализованному и персонализированному производству медицинских средств способен принести серьёзную пользу. Но всегда возникают обратные эффекты. Чем больше лечение переносится из крупных больниц в местные сообщества и дома пациентов, тем меньше нагрузка на огромные, энергетически неэффективные больничные комплексы.

Однако одновременно возрастает потребность в одноразовых медицинских изделиях, которыми можно безопасно пользоваться дома. Выбросы могут сократиться. Но пластиковых отходов станет больше. Путь к устойчивому производственному миру будет буквально усеян подобными компромиссами. В завершение этой главы о выживании я хочу оставить вам три главные мысли.

Производство нужно исправлять — и перепроектировать

При всех своих выдающихся достижениях наша глобальная производственная система наносит серьёзный ущерб и планете, и её населению. Поэтому нам необходимо менять способы её работы. А во многих случаях — радикально

перепроектировать значительные части системы. В этой главе мы увидели множество примеров того, как можно улучшать отдельные процессы. Но для более глубокой перестройки прекрасной моделью служит переход от линейного принципа

добыть — произвести — использовать — выбросить
к циркулярной системе.

Но можно ли пойти ещё дальше? В разговорах об устойчивости постоянно звучит слово «**ноль**». Ноль отходов. Нулевые выбросы. Звучит хорошо. Но что, если наша цель может быть выше? Что, если производство не просто перестанет ухудшать состояние окружающей среды, а начнёт **улучшать её**?

Что, если мы перейдём от **net zero** — **чистого нуля** к **net positive** — **чистому положительному эффекту**?

Представьте завод, побочными продуктами которого становятся: очищенная вода, избыточная чистая энергия, питательные вещества для почвы. Может ли промышленность, подобно природе, стать **регенеративной**? Звучит слишком фантастично? Но некоторые люди уже работают именно над этим. Они обращаются к принципам природных экосистем и к развивающейся концепции **регенеративного сельского хозяйства**. В регенеративной промышленности завод перестаёт быть чем-то, что мы признаём необходимым, но хотим держать как можно дальше от дома.

Напротив. Мы захотим видеть заводы рядом с нашими сообществами, потому что они будут приносить прямую пользу: чистый воздух, очищенную воду, бесплатное тепло.

Производство — это и есть решение

Производство — не только проблема, которую нужно исправить. Оно же является источником тех товаров и технологий, которые позволят планете оставаться

пригодной для жизни в долгосрочной перспективе. Хотим транспорт и энергетику с нулевыми выбросами?

Кто-то должен **спроектировать и изготовить каждую их деталь.**

Хотим сделать питание и здравоохранение устойчивее? Нам придётся придумать огромное количество новых продуктов и научиться выпускать их массово. Все эти продукты условно делятся на две группы. Первая — технологии, которые **смягчают ущерб**, наносимый нами планете. Например, всё необходимое для возобновляемой энергетики. Но мы также знаем, что по крайней мере в краткосрочной и среднесрочной перспективе значительная часть ущерба уже нанесена. Поэтому нужна и вторая группа: вещи, которые позволят нам **адаптироваться** к созданным нами же проблемам.

Системы защиты от повышения уровня моря. Технологии борьбы с засухами. Средства предотвращения и тушения лесных пожаров. Производство — это механизм, позволяющий нам одновременно:

сокращать дальнейший ущерб

и

приспосабливаться к миру, который уже меняется вследствие наших прошлых — и, увы, продолжающихся — действий.

Производство должно помогать нам процветать, а не просто выживать

Пока мы в основном говорили о том, как сделать так, чтобы промышленность случайно не уничтожила нашу способность жить на этой планете. Но правильно организованное производство способно давать и другие, взаимно усиливающие преимущества. Например, если размещать предприятия так, чтобы сокращать

транспортные выбросы, одновременно возникают и экономические преимущества локального производства. Как говорит Питер Марш, бывший редактор *Financial Times* по промышленной тематике:

«Энергичный и изобретательный производственный сектор будет жизненно важен для любой страны, которая хочет считаться успешной в XXI веке».

Это перекликается с мыслью экономиста Ха-Джун Чанга, который резко критикует идею о том, что большинство экономик может стать полностью **«постиндустриальным»** и процветать, опираясь почти исключительно на услуги. Есть и ещё одно преимущество сильной промышленной базы. Когда производство сосредоточено в далёких гигантских центрах и страна зависит от единственного источника поставок, способность общества реагировать на кризисы снижается. Размышляя об уроках COVID-19, Джереми Фаррар, бывший руководитель Wellcome Trust — одной из крупнейших медицинских благотворительных организаций Великобритании, — сказал:

«Способность реагировать на кризис определяется тем, какие люди, инфраструктура и доверие существуют у вас ещё до того, как кризис начался».

Ключевая часть этой инфраструктуры — **умение производить вещи**: вакцины, средства индивидуальной защиты, медицинское оборудование. Можно сколько угодно считать, что всё это произведёт для вас **«кто-то где-то ещё»**. Но что будет, если это «где-то ещё» само окажется в кризисе? Невозможно за одну ночь создать: инфраструктуру, квалифицированных специалистов, заводы, цепочки поставок. Производственная способность требует десятилетий выращивания и поддержки — как со стороны бизнеса, так и государства. У производства есть и ещё одна важнейшая функция, помогающая человеку не просто выживать, но **процветать**.

Промышленность — это прежде всего люди. Люди проектируют производственные системы. Строят их. Управляют ими. При правильной организации производство создаёт работу, которая вознаграждает человека в двух смыслах. Во-первых, материально. Данные показывают, что зарплаты квалифицированных промышленных работников часто превышают средний уровень по стране. Но существует и нематериальная, психологическая награда: удовлетворение от работы, в результате которой **создаётся нечто реальное**. Разумеется, нельзя забывать и об обратной стороне.

Производство может загонять людей в работу, которой они не хотят заниматься: дети, добывающие редкоземельные металлы для наших мобильных телефонов; монотонный, низкооплачиваемый труд без квалификации и гарантий; или, наоборот, вытеснение людей с любимой работы роботами. Но существует своего рода **золотая середина**. Хорошо спроектированная, ориентированная на человека производственная система способна создавать рабочие места, дающие и достойный доход, и психологическое удовлетворение. Лучшие производственные компании это понимают.

Они помогают сотрудникам постоянно развивать навыки. И создают рабочую среду, на порядки отличающуюся от тёмных, грязных и опасных фабрик... которые, увы, по-прежнему существуют во многих частях мира. Но преимущества идут ещё дальше. Хорошие рабочие места укрепляют и сообщества, в которых находятся предприятия. Производственные навыки невозможно сформировать за один день. Нужны компании, готовые годами вкладываться в обучение. Нужны школы, колледжи и университеты, поддерживающие предприятия и работников. Когда всё это соединяется, возникает **положительная обратная связь**.

Компания развивает людей. Люди укрепляют компанию. Рабочие места укрепляют местное сообщество. А сильное сообщество создаёт ещё лучшие условия для производства. В

завершение этого раздела хочу привести очень важную мысль авторов *Cradle to Cradle* — одной из первых книг, сформулировавших программу превращения промышленности в силу, полезную для планеты. Наш подход должен быть: **«подобен хорошему садоводству. Речь не о том, чтобы “спасти” планету, а о том, чтобы научиться процветать на ней. [...] Мы не сможем двигаться вперёд, если будем лишь обвинять и стыдить себя и других. Нам нужен дух сотрудничества».**

И вот здесь появляется **вы**. Каждый из нас должен участвовать в создании новой производственной системы. В вашем кармане, сумке или на столе лежит миниатюрный суперкомпьютер, открывающий доступ к крупнейшему массиву информации, которым когда-либо располагало человечество. Сегодня мы с вами знаем несравнимо больше о последствиях производства и перевозки вещей, чем люди до появления интернета. А значит, можем принимать более осознанные решения. Но, как напоминают мудрые философы нашей эпохи: «С великой силой приходит великая ответственность».

И уже каждому из нас решать, насколько далеко мы готовы идти в компромиссе между очевидными преимуществами: удобством, скоростью, низкой ценой — и последствиями всего этого для планеты. Мы начали эту главу с тревожного парадокса. Система, созданная для удовлетворения наших базовых потребностей и обеспечения выживания, сегодня разрушает саму среду, необходимую нам для жизни. Приведённые данные и примеры показывают, насколько масштабна и серьёзна проблема. Но эта глава не только о тревоге. Она ещё и **об оптимизме**. Созданные промышленностью технологии — интернет, миллиарды устройств промышленного интернета вещей, серверные центры, обеспечивающие работу всё более распространённых систем искусственного интеллекта, — позволяют нам видеть, что происходит внутри невероятно сложных производственных сетей, охватывающих весь мир.

От поля до тарелки.

От дерева до рулона туалетной бумаги.

От рудника до телефона.

Сегодня мы гораздо лучше понимаем, где, как и кем создаются физические вещи, лежащие в основе практически каждой стороны нашей жизни. В определённом смысле мы возвращаем себе то зрение, которым обладали до Первой промышленной революции, когда человек был гораздо теснее связан с процессами изготовления вещей и видел их непосредственно. И теперь, вновь обретя это зрение, мы можем сами участвовать в преобразовании производственного мира: сначала делая его **менее плохим**, а затем — **намного лучшим**. Чтобы продолжить этот переход и действительно добиться серьёзных результатов, нам понадобятся:

самые квалифицированные специалисты, самые дальновидные инвесторы, самые прозорливые политики, и предприниматели, одержимые масштабированием новых решений. Все их усилия должны быть направлены на преобразование производственных систем. Как, надеюсь, показывает эта книга, это уже происходит. Нужно лишь, чтобы происходило **намного быстрее**.

И в намного большем масштабе.

Мы ещё далеко не выбрались из леса. Но, по-моему, идём в правильном направлении. И закончим мы эту книгу ещё одной комнатой, полной возбуждённых школьников. Потому что именно там я хочу показать, почему, несмотря ни на что, у нас всё-таки есть основания для оптимизма.

Эпилог

— **Готовы?** — одними губами спрашивает наша ведущая сквозь общий гул. Мы с моей коллегой Ниам переглядываемся и киваем. Ведущая выходит к краю сцены, на мгновение замирает и делает нечто, производящее поразительный эффект. Она поднимает одну руку. Лекционный зал, где только что галдели более пятисот школьников, почти мгновенно затихает. Вот это власть. И какой контраст с хаосом в классе, с которого начиналась эта книга. Сорок пять минут спустя нам приходится завершать встречу: нам напоминают, что школьные автобусы стоят снаружи вторым рядом.

Мы успели провести слушателей через сильно сокращенную версию всего того, о чем говорилось в этой книге. Они поняли. И хотят узнать больше. Вот лишь несколько вопросов, которые задавали они — и дети на других подобных встречах:

Когда появятся самолеты, которые не загрязняют небо?

Не сделают ли новые роботы жизнь некоторых людей хуже?

Разве фабрики не всегда вредят окружающей среде?

Можно ли напечатать автомобиль на 3D-принтере?

Можно ли построить фабрику в космосе?

Почему мы не делаем электрические грузовики?

А вы можете починить мои кроссовки?

По-моему, это свидетельствует о вполне здоровом интересе к производственному миру. Просматривая позже свои записи с этой встречи, я вдруг подумал: я понятия не имею, когда именно вы читаете или слушаете эти слова. Возможно, вскоре после первого издания книги в начале 2025 года. А может быть, через многие месяцы. Или даже

годы. Вполне возможно, что к тому времени, когда вы увидите или услышите эти строки, некоторые проблемы, стоявшие перед промышленным миром на момент написания книги, уже будут решены. Возможно, мы уже всерьез продвинулись к тому, чтобы производить нужные нам вещи способами, которые:

меньше давят на планету, лучше выдерживают кризисы и помогают процветать местным сообществам. И вполне возможно, что среди тех детей, сидевших в этом лекционном зале — или в том самом классе из начала книги, — были люди, которые и помогли осуществить эти перемены. Разве это не прекрасно? Во всяком случае, звучит куда приятнее, чем представить, что мы ничему не научились из недавних и продолжающихся кризисов. Или что не сумели воспользоваться огромными возможностями искусственного интеллекта как инструмента, усиливающего человеческие способности.

Или что все эти промышленные и курьерские роботы, становящиеся все более самосознательными, вдруг сообразили, что застряли на бесперспективной работе, и решили заставить **нас** работать на них. На моем кухонном столе лежит потрепанная коробка-папка, набитая разными любопытными штуками, которые я собирал на протяжении всего этого путешествия по миру производства. Я давно оставил попытки закрыть крышку. Там, конечно же, лежит фигурка Мистера Исключительного — теперь уже с головой, прикрепленной правильной стороной. Там же — доисторический жесткий диск из компьютера, который те одичавшие дети выдрали из старой машины, принесенной мной в класс.

Проведя пальцем по электрическим контактам, я только что слегка порезался, и пока из ранки выступает кровь, не перестаю удивляться, как вообще никто тогда в классе не пострадал. Я улыбаюсь, увидев наклейку на металлическом корпусе:

Made in Malaysia.

И сразу вспоминаю физическую карту глобальной сети поставок, которую мы строили вместе с детьми из внутренностей того старого компьютера. Есть там и один безупречный лист туалетной бумаги, взятый из дорогого французского отеля. Я сохранил его потому, что он поразительно мягкий, многослойный и покрыт изящным тиснением. Теперь мы с вами довольно хорошо представляем, как был создан этот продукт. Мы знаем о грандиозном количестве усилий, потребовавшихся, чтобы доставить его от дерева до ванной комнаты: десятилетия управления лесами,

мгновенная и жестокая рубка, озера воды и мегаватты энергии, необходимые для переработки целлюлозы, тысячи километров, которые преодолевали отдельные компоненты, масштаб бумагоделательной машины, превращающей жидкую кашу в рулоны идеально сформированной мягкой и прочной бумаги, и сложнейшая розничная логистика, необходимая для того, чтобы этот конкретный лист оказался именно там, где его собирались использовать. Теперь этот лист служит закладкой в моей книге по истории пекарни Fitzbillies. Мрачноватые черно-белые фотографии мгновенно возвращают меня к тому холодному, темному и совершенно неприлично раннему утру, когда пекарь Сэм показывал, как его команда готовит, выпекает и отправляет ежедневную партию из восьмисот Chelsea buns.

Продолжаю рыться в коробке — и появляются новые воспоминания. Ручка в фирменных цветах **Bouygues Construction**. Фотография моего мопеда 1984 года — уже с отремонтированной подвеской. Миниатюрная гоночная машина. Абсурдно переусложненная бутылка для напитков с логотипом китайского производителя электромобилей **Zeekr**. Рекламная листовка магазина DIY, напечатанная на бумаге, произведенной компанией **Palm Paper**. Каждый из этих предметов возвращает нас к одной и той же идее:

то, что вы производите, и количество, в котором вы это производите, определяют тип и устройство фабрики.

Проектное производство. Job shop. Серийное. Массовое. Непрерывное. Один из множества старых iPhone — самые ранние из них теперь выглядят почти комично маленькими — напоминает о сотнях тысяч километров, которые материалы, компоненты и подсистемы вынуждены проделывать туда-сюда по всему миру, прежде чем появится настолько сложный продукт. На экземпляр *The Economist* с обложкой **Print me a Stradivarius** приклеен стикер со словом:

Keep!

Сверху журнал придавлен маленькой лопаткой газовой турбины, которую много лет назад я «одолжил» с полки в кабинете коллеги. Эти вещи напоминают о том, как производители пытаются согласовать то, что они выпускают, с тем, чего на самом деле хотим мы — зачастую иррациональные и переменчивые потребители. Стикер Post-it — часто приводимый пример товара, о котором покупатель не знает, что он ему нужен, пока не получает его в руки. Турбинная лопатка связывает нас с авиационной промышленностью, где производители пытаются «преследовать спрос» — постоянно подгонять выпуск продукции под каждое колебание неровной линии прогнозируемого спроса.

А статья *Print me a Stradivarius*? Она напоминает, куда вообще может двигаться промышленность. В мир, где производителю больше не придется уговаривать покупателей приобретать именно то, что способна выпускать его фабрика. 3D-печать — один из символов гибких технологий, которые могут привести нас в эпоху **массовой персонализации**. В коробке лежат и несколько полосок еще не разделенных биметаллических пластин, которые я подобрал на фабрике **Strix** на острове Мэн. Они покоятся поверх потрепанной брошюры компании **Shell**,

изданной в 1931 году и давшей мне ценное представление о ранних годах автомобильной промышленности, работавшей на бензине.

Оба предмета связаны с трудностями создания, производства и формирования рынка для новых товаров — будь то термостаты для чайников или автомобили. А если перевести взгляд с телефона **Motorola 4500x** 1980-х годов размером почти с автомобильный аккумулятор, который теперь подпирает мою дверь, на современный смартфон рядом с ноутбуком, получится нагляднейшая иллюстрация еще одного вида производственных изменений:

непрерывного, постепенного совершенствования продуктов и процессов.

Я достаю еще один обломок, уцелевший после хаотичного происшествия в классе в начале книги. Черный, покрытый пылью предмет. Около пятнадцати сантиметров в длину, пяти — в ширину и примерно столько же в высоту. Почти вся верхняя поверхность усеяна металлическими ребрами. Сверху установлен маленький электрический вентилятор. На боку написано:

AMD Athlon™ Processor.

Это микропроцессор конца 1990-х годов. Причем большую часть всего предмета составляет инфраструктура, необходимая для того, чтобы **37 миллионов транзисторов** не перегрелись во время работы Windows 98. Способность производить миллиарды подобных устройств изменила почти все стороны промышленного мира. И скорость этого развития была феноменальной. На секунду меня охватывает паника: не могу найти ценный предмет, который одолжил мне другой коллега. Но потом замечаю его под посадочным талоном. Одна-единственная перфокарта **IBM** 1960-х годов.

Совершенно осязаемая связь с доэлектронным миром вычислений и цифрового управления, начало которому положили еще Жозеф Жаккар и его ткацкие станки в XVIII веке. А посадочный талон **Air China** возвращает меня к

поездке на завод электромобилей Zeekr, где цифровизация превращает всю производственную систему —

создание, перемещение и потребление

— в «умную». Я перебираю оставшиеся вещи и нахожу три предмета, связанные с меняющимся миром производства для здравоохранения. Первый — продукт, который из узкоспециализированного и профессионального превратился в повседневный и массовый:

светло-голубая хирургическая маска.

Ее использование во время пандемии COVID-19 прекрасно показывает, что происходит, когда производственная система, рассчитанная на стабильность и низкую цену, а не на устойчивость поставок, сталкивается с гигантским потрясением. Этот же продукт возродил интерес к более локальному производству — ближе к самому пользователю. Следующий предмет — блистер парацетамола. Продукт, спроектированный по принципу **«один размер подходит всем»** и выпускаемый тысячами тонн. Именно поэтому он прекрасно символизирует полную противоположность тому направлению, в котором движется фармацевтическое производство.

Будущее медицины будет все сильнее основываться на: индивидуальном, персонализированном, специализированном. А значит, потребуются совершенно новые подходы к разработке, производству и применению лекарств. Последний медицинский предмет — одноразовый шприц, заранее заполненный препаратом, разжижающим кровь. Он остался после того, как моя дочь восстанавливалась после операции. И рассчитан этот шприц на то, чтобы пациент самостоятельно использовал его дома. — **Тебе надо выбросить весь этот хлам,** — ворчит мой сын, пытаясь освободить место на столе для ноутбука.

Я уже собираюсь разразиться страстным монологом о том, что подобное линейное мышление в духе «использовал — выбросил» совершенно не соответствует необходимости

переходить к более циркулярным моделям потребления... но сын произносит довольно грубый фразовый глагол, и моя речь внезапно заканчивается. Я встаю и смотрю сверху на всю коллекцию, разложенную по столу. Каждый предмет связан не только с какой-то частью производственного мира. Он связан еще и с определенным периодом нашей недавней промышленной истории. Через эти вещи я вижу одновременно две вещи:

невероятный масштаб уже достигнутого прогресса

и

огромность работы, которая еще остается.

Некоторые предметы — например контроллеры для чайников, так и не использованный комплект для замены телефонной батареи, пустой бумажный пакет British Sugar — показывают, насколько далеко мы уже продвинулись к более устойчивым моделям производства и потребления. Другие напоминают, сколько еще предстоит пройти. Стеклянная бутылка импортной минеральной воды. Одноразовая маска. И постыдно огромное количество мобильных телефонов, которыми я успел обзавестись за последние двадцать лет. В самом начале этой книги я заметил:

если только вы не парите обнаженным в открытом космосе, практически в любой момент своей жизни вы непосредственно соприкасаетесь с произведенными человеком вещами, используете их или потребляете. Именно поэтому мы и отправились в путешествие по промышленному миру — чтобы мысленно вновь связать себя с системами, создающими и доставляющими все эти товары. Завершив путешествие, мы получили возможность ответить и на два действительно больших вопроса:

Почему наш современный производственный мир настолько хрупок и настолько разрушителен для планеты?

И что можно сделать, чтобы он стал менее хрупким и менее разрушительным?

Надеюсь, теперь у вас есть достаточно внятные ответы на оба вопроса. Но, надеюсь, вы одновременно видите и другое: масштаб предстоящей работы по-прежнему огромен. Одной из главных проблем остается **коммуникация**. Тем из нас, кто работает в промышленности, необходимо научиться гораздо лучше объяснять: **как** мы делаем то, что делаем, и **почему** мы это делаем. Многие производственные компании уже прекрасно справляются с этой задачей. Они открывают двери посетителям. Играют важную роль в жизни своих районов и городов. Добиваются того, чтобы голос промышленности звучал в дискуссиях о росте экономики и поддержке местных сообществ.

Но совершенно очевидно, что этого недостаточно. Разговор о производстве по-прежнему вязнет в устаревших, бесполезных и зачастую просто ошибочных представлениях. Конечно, ситуация сильно различается от страны к стране. Но в Великобритании постоянно приходится слышать примерно одно и то же: **«Мы больше ничего не производим. Да нам это и не нужно. Пусть другие делают это за нас. У нас великолепный сектор финансовых и деловых услуг. Так почему же ты, Тим, все время талдычишь о производстве?»** И вот тут, стиснув зубы и побелевшими от напряжения костяшками пальцев, я совершенно спокойно указываю собеседнику на работы таких экономистов, как **Ха-Джун Чанг**, и на прекрасные примеры **Швейцарии и Сингапура** — двух чрезвычайно развитых, сбалансированных экономик с необычайно высокой долей промышленного производства.

Иногда я сталкиваюсь и с другим явлением: наше отношение к производству словно расколото на два полюса. С одной стороны, существует представление, что **создавать вещи — само по себе хорошо**. Полезно человеку. Полезно сообществу. Полезно обществу. С другой — фабрики

воспринимаются как грязные, шумные, вонючие и опасные места, которые лучше держать подальше — чтобы ни видеть, ни вспоминать. Если мы действительно хотим справиться с экзистенциальными проблемами, стоящими перед нами, необходимо с удвоенной энергией показывать следующему поколению значимость и увлекательность мира производства.

И напоминать им главный вывод этой книги:

мы все являемся частью производственного мира.

Но, пока я печатаю эти строки, вспоминается недавний разговор с коллегой. Мы обсуждали, насколько важно водить школьников на экскурсии на фабрики. Мой коллега, который, как и я, вырос в Великобритании в 1970–1980-е годы, сказал: — Да, наша школа тоже водила нас на заводы. Только посыл учителей был предельно ясным: **«Если не будете хорошо учиться, вот здесь и окажетесь»**. Сегодняшним детям мы должны передавать **прямо противоположный** посыл. И, как мне кажется, в основе этого послания должна лежать идея, которую Браунгарт и Макдона сформулировали в *Cradle to Cradle*.

Нам следует говорить о преобразовании промышленного мира не только как о вопросе **выживания планеты**. Речь должна идти и о **процветании человека**. Несмотря на масштаб, неопределенность и сложность проблем, с которыми сегодня сталкиваются наша планета и наши сообщества, в одном я теперь уверен сильнее, чем когда-либо прежде:

именно производство способно дать нам более устойчивое, более надежное и более справедливое будущее.

И, несмотря на то что я говорил в начале книги, производственный мир совершенно очевидно не является каким-то «другим миром». Это мир, частью которого

являемся мы все. И каждый из нас играет в нем свою роль. А значит, вместе мы действительно способны

создать лучший мир.

И я надеюсь, что теперь, дочитав эту книгу, вы тоже это чувствуете.