



НОМО

INTELLECTUS

08

Умная фабрика

Как цифровые технологии
создают промышленность будущего



ДАННЫЕ
СТАНОВЯТСЯ
РЕШЕНИЯМИ



РОБОТЫ
РАБОТАЮТ
РЯДОМ С
ЧЕЛОВЕКОМ



ИСКУССТВЕННЫЙ
ИНТЕЛЛЕКТ
В ЦЕХЕ



ЦИФРОВОЙ
ДВОЙНИК
ПРЕДПРИЯТИЯ



ЭФФЕКТИВНОСТЬ
И ЭКОЛОГИЯ
В ЕДИНОЙ
СИСТЕМЕ



ЧЕЛОВЕК —
ГЛАВНЫЙ
КОНСТРУКТОР
БУДУЩЕГО



МЕДИЦИНА



ОБРАЗОВАНИЕ



ПРОИЗВОДСТВО



ТВОРЧЕСТВО



СПОРТ

Бобомурод Курбанов

Умная фабрика. Homo Intellectus

«Автор»

2026

Курбанов Б. Х.

Умная фабрика. Homo Intellectus / Б. Х. Курбанов — «Автор», 2026

«Умная фабрика. Homo Intellectus» — вторая книга производственного цикла серии «ПОКОЛЕНИЕ UZ». В мире, где заводы начинают видеть, считать, прогнозировать и учиться, всё острее звучит вопрос: какую роль будет играть человек на фабрике, если машины смогут управлять процессами точнее и быстрее? Эта книга показывает умную фабрику не как безлюдный цех будущего, а как новую форму сотрудничества человека, искусственного интеллекта, роботов, данных и инженерной культуры. Производство становится системой, где сырьё, энергия, качество, экология и труд связаны в единый интеллектуальный организм. Для Узбекистана эта тема особенно важна: к 2050 году конкурентоспособность страны будет зависеть не только от количества заводов, но и от способности создавать сложные, гибкие и ответственные промышленные системы. Наследие Улугбека здесь превращается в промышленный принцип — наблюдать точно, мыслить системно и строить будущее знанием.

© Курбанов Б. Х., 2026

© Автор, 2026

Содержание

Введение	5
Глава 1. Как завод стал компьютером	9
Глава 2. Что такое умная фабрика	13
Глава 3. Нервная система производства	17
Глава 4. Искусственный интеллект в цехе	21
Конец ознакомительного фрагмента.	24

Бобомурод Курбанов

Умная фабрика. Homo Intellectus

Введение

Фабрика без начальников?

Представьте завод, который просыпается раньше людей. Еще до того как первый инженер входит в цех, система уже проверила состояние оборудования, сравнила ночные показатели с планом, заметила отклонение температуры в одном из станков, пересчитала производственный график, заказала недостающие комплектующие и предупредила службу технического обслуживания о детали, которая может выйти из строя через две недели. Никто не отдавал отдельного приказа. Никто не проводил экстренного совещания. Завод не ждал, пока проблема станет видимой для человека. Он увидел ее сам, потому что научился чувствовать, измерять, сравнивать и принимать решения.

Еще несколько десятилетий назад такая картина казалась бы фантастикой. Завод в привычном представлении был пространством тяжелого труда, громких станков, запаха металла, масла, ткани, химических веществ или горячего бетона. Производство ассоциировалось с физической мощностью, дисциплиной, большим количеством рабочих рук и жесткой иерархией управления. На вершине находился директор, ниже — начальники цехов, мастера, инженеры, операторы, рабочие. Информация поднималась снизу вверх медленно, решения спускались сверху вниз еще медленнее, а многие ошибки обнаруживались только тогда, когда они уже превращались в брак, простой, аварию или убыток.

Но XXI век меняет саму природу фабрики. Производство перестает быть только механическим процессом и становится интеллектуальной системой. Станки получают датчики, роботы — зрение, склады — цифровую память, линии сборки — способность к самонастройке, а вся фабрика — виртуальную копию, в которой можно заранее просчитать последствия каждого решения. Если раньше завод напоминал огромный механизм, где каждая деталь выполняла заранее заданное движение, то сегодня умная фабрика все больше похожа на живой организм или сложный компьютер, который непрерывно обрабатывает данные о самом себе.

Главный парадокс умной фабрики заключается в том, что она не отменяет человека, хотя на первый взгляд движется именно в этом направлении. Чем больше алгоритмов появляется в производстве, тем сильнее меняется человеческая роль. Человек постепенно уходит от постоянного ручного контроля, но становится тем, кто проектирует систему, задает цели, оценивает риски, принимает стратегические решения и отвечает за смысл технологического развития. Умная фабрика не делает человека ненужным. Она делает ненужным старое представление о человеке как о простой рабочей силе, выполняющей повторяющиеся операции без права на творчество, анализ и развитие.

В истории промышленности это не первый перелом. Когда появились паровые машины, многие боялись, что механизация разрушит привычный трудовой мир. Когда электричество вошло в производство, фабрики изменили свой ритм, масштаб и организацию. Когда в XX веке распространились конвейеры, мир получил массовое производство, но вместе с ним и новый тип монотонного труда. Когда появились компьютеры и промышленные контроллеры, заводы стали точнее, быстрее и управляемее. Сегодня искусственный интеллект, робототехника, интернет вещей, цифровые двойники и большие данные создают новую промышленную

реальность, в которой главным ресурсом становится не только сырье, энергия или оборудование, но и способность понимать процессы глубже конкурентов.

Для Узбекистана этот вопрос имеет особое значение. Страна, обладающая молодым населением, промышленными традициями, энергетическим потенциалом, текстильной базой, химическими предприятиями, металлургией, строительной индустрией и растущим интересом к технологиям, стоит перед важным выбором. Можно идти по пути медленного обновления старых производственных моделей, догоняя тех, кто начал раньше. А можно осознанно строить промышленность нового поколения, в которой фабрика с самого начала проектируется как цифровая, гибкая, энергоэффективная и ориентированная на высокую добавленную стоимость. В эпоху искусственного интеллекта преимущество получает не тот, кто просто имеет заводы, а тот, кто умеет превращать заводы в обучающиеся системы.

Умная фабрика — это не обязательно гигантский комплекс из фантастического фильма. Она может появиться в текстильной промышленности, где алгоритмы подбирают оптимальный режим окрашивания ткани и снижают расход воды. Она может работать в пищевой отрасли, где датчики следят за качеством сырья и безопасностью продукции. Она может изменить машиностроение, где цифровой двойник детали позволяет обнаружить слабое место еще до запуска производства. Она может повысить надежность химического предприятия, где искусственный интеллект анализирует тысячи параметров и предупреждает о риске аварии. Она может преобразить логистику, склады, упаковку, ремонт, планирование и обучение персонала.

Мировая практика уже показывает, что промышленное лидерство больше не строится только на дешевой рабочей силе. Германия развивает концепцию Индустрии 4.0, связывая станки, предприятия и цепочки поставок в единую цифровую среду. Япония соединяет робототехнику с культурой точности и бережливого производства. Южная Корея строит высокотехнологичные производственные экосистемы вокруг электроники, автомобильной промышленности и цифровой инфраструктуры. Китай быстро внедряет автоматизацию, искусственный интеллект и промышленные платформы, стремясь перейти от роли мировой сборочной площадки к роли технологического лидера. США делают ставку на промышленное программное обеспечение, полупроводники, аэрокосмическую отрасль, биотехнологии и автоматизированное производство. Эти примеры важны не для копирования, а для понимания общей закономерности: фабрика будущего рождается там, где инженерная культура соединяется с данными, образованием и долгосрочным мышлением.

Однако умная фабрика — это не только техника. Это еще и вопрос общества. Что произойдет с рабочими профессиями, когда часть операций возьмут на себя роботы? Кто будет управлять сложными производственными системами, если традиционное образование не успевает за скоростью технологических изменений? Как сохранить достоинство труда в мире, где человек все реже стоит у станка и все чаще взаимодействует с экраном, алгоритмом или автоматической линией? Как сделать так, чтобы цифровизация промышленности не увеличивала разрыв между небольшим числом высококвалифицированных специалистов и миллионами людей, чьи навыки устаревают? Эти вопросы нельзя отложить на потом, потому что промышленное будущее начинается не в 2050 году, а в решениях, которые принимаются сегодня.

Серия «ПОКОЛЕНИЕ UZ» исходит из идеи, что наследие великих ученых Мавераннахра не является музейной памятью. Мирзо Улугбек, Джамшид аль-Каши, Али Кушчи и другие мыслители своей эпохи не просто наблюдали за небом, вычисляли, строили таблицы и развивали науку. Они создавали интеллектуальную культуру, в которой знание становилось способом расширения человеческих возможностей. Сегодня эта линия продолжается в иной форме. Вместо астролябий — сенсоры и спутники. Вместо рукописных таблиц — большие данные и машинное обучение. Вместо обсерватории как центра наблюдения за космосом — умная фабрика как центр наблюдения за промышленной реальностью. Но внутренняя логика остается

прежней: человек становится сильнее не тогда, когда отвергает инструменты, а тогда, когда научится использовать их разумно.

В этом смысле умная фабрика является не только экономическим проектом, но и культурным вызовом. Она требует нового типа инженера, нового типа рабочего, нового типа управленца и нового типа образования. Нельзя построить интеллектуальное производство силами людей, которых учили только подчиняться инструкции. Нельзя внедрить искусственный интеллект на предприятии, где данные хранятся хаотично, процессы не описаны, а ошибки скрываются из страха наказания. Нельзя создать фабрику будущего без доверия к знаниям, без уважения к точности, без готовности учиться и без понимания, что технологическая модернизация начинается не с покупки оборудования, а с изменения мышления.

Умная фабрика отличается от обычной автоматизированной линии тем, что она не просто выполняет команды. Она собирает данные, анализирует их, обнаруживает закономерности, предлагает решения и постепенно становится точнее. Обычный станок работает так, как его настроили. Умная система замечает, что при определенной температуре, влажности, скорости подачи материала и уровне вибрации вероятность брака увеличивается. Обычный склад хранит товары. Умный склад знает, какие детали скоро понадобятся, где они находятся, как изменится спрос и когда нужно пополнить запасы. Обычный ремонт начинается после поломки или по календарному графику. Предиктивное обслуживание начинается тогда, когда алгоритм видит ранние признаки будущей неисправности. Так производство превращается из цепочки отдельных операций в систему постоянного предвидения.

Но предвидение не является магией. Оно возникает из данных, дисциплины, инженерного знания и правильной организации процессов. Искусственный интеллект не заменяет физику, химию, материаловедение, механику, электротехнику или экономику производства. Он усиливает их, помогая человеку работать с таким количеством информации, которое невозможно удержать в голове. Поэтому умная фабрика требует не поверхностного восхищения технологиями, а глубокого понимания реальных производственных процессов. Там, где нет культуры измерения, ИИ не сможет создать чудо. Там, где оборудование не обслуживается, данные искажаются, персонал не обучен, а решения принимаются случайно, цифровизация превращается в дорожную декорацию.

Эта книга написана для тех, кто хочет понять, каким станет производство в ближайшие десятилетия и какое место в нем может занять Узбекистан. Она обращена к студентам технических вузов, инженерам, предпринимателям, руководителям предприятий, преподавателям, специалистам по автоматизации, старшеклассникам и всем читателям, которым важно разобраться в будущем труда, промышленности и технологий. Ее задача не в том, чтобы обещать легкое технологическое чудо, а в том, чтобы показать реальные механизмы перехода от традиционного завода к интеллектуальному производству. Умная фабрика не появляется одним приказом, одним импортным станком или одной программой. Она создается постепенно: через образование, данные, культуру качества, инженерное мышление, цифровую инфраструктуру и способность связывать локальные задачи с большим образом будущего.

К 2050 году промышленность будет другой не потому, что роботы станут похожи на людей, а потому, что фабрики станут лучше понимать самих себя. Они будут видеть больше, считать быстрее, ошибаться реже и адаптироваться гибче. Но главный вопрос останется человеческим: сумеем ли мы построить такие производственные системы, которые будут служить развитию общества, повышению качества жизни, созданию достойных рабочих мест и раскрытию интеллектуального потенциала нового поколения? Если ответ окажется положительным, умная фабрика станет не символом вытеснения человека, а доказательством того, что человек способен создавать инструменты, превосходящие его физические ограничения, но не отменяющие его ответственность.

Именно с этого начинается разговор о фабрике будущего. Не с робота, не с алгоритма, не с датчика и не с экрана управления, а с вопроса о роли человека в мире, где производство становится разумнее. Если фабрика сможет самостоятельно планировать работу, контролировать качество, предсказывать поломки и обучаться на собственном опыте, то человек должен будет подняться на новый уровень. Он должен стать не придатком машины, а архитектором интеллектуальной промышленности. Для Узбекистана этот путь может стать одним из важнейших направлений развития к 2050 году, потому что будущее страны будет зависеть не только от того, что она производит, но и от того, насколько разумно она умеет производить.

Глава 1. Как завод стал компьютером

От паровой машины к цифровому интеллекту

Если бы инженер начала XIX века оказался на современном предприятии, его поразили бы не столько роботы или компьютеры, сколько сама логика производства. Он увидел бы машины, работающие без постоянного вмешательства человека, огромные объемы информации, передающиеся за доли секунды, и процессы, которые контролируются не мастером в цехе, а алгоритмами, способными анализировать тысячи параметров одновременно. Однако самое удивительное заключалось бы в другом: современный завод выполняет не только физическую работу. Он непрерывно обрабатывает информацию. Именно поэтому многие специалисты сегодня говорят, что фабрика будущего становится разновидностью компьютера.

Чтобы понять, как человечество пришло к этому состоянию, необходимо взглянуть на историю промышленности как на историю постепенного объединения энергии, машин и знаний. Каждая промышленная революция не просто создавала новые технологии. Она меняла способ принятия решений. Машины становились сложнее, а управление ими требовало все большего количества информации. В конечном итоге производство превратилось в процесс непрерывной обработки данных.

Первая промышленная революция началась тогда, когда человечество научилось использовать механическую энергию в невиданных ранее масштабах. Паровая машина позволила заменить физическую силу человека и животных. Мануфактуры постепенно уступали место фабрикам. Производительность росла, города расширялись, экономика меняла свой облик. Но управление производством оставалось относительно простым. Руководитель видел большую часть процессов собственными глазами. Решения принимались на основе личного опыта, наблюдений и ограниченного объема информации.

Вторая промышленная революция принесла электричество, массовое производство и конвейерные системы. Именно тогда заводы начали превращаться в сложные организмы, состоящие из тысяч взаимосвязанных операций. Производство автомобилей Генри Форда стало символом новой эпохи. Конвейер позволил радикально снизить стоимость продукции и сделать товары доступными миллионам людей. Однако одновременно выросла сложность управления. Руководителю уже было недостаточно просто наблюдать за происходящим. Возникла необходимость в системах учета, планирования и контроля.

Третья промышленная революция началась с появления электроники, компьютеров и автоматизированных систем управления. Впервые часть решений стала принимать техника. Программируемые логические контроллеры начали управлять производственными линиями. Человек по-прежнему оставался главным оператором системы, но многие рутинные функции перешли к компьютерам. Производство стало быстрее, точнее и надежнее. Именно тогда возникло понятие автоматизации в современном смысле слова.

Однако даже на самых автоматизированных предприятиях конца XX века машины в основном выполняли заранее заданные инструкции. Они не понимали происходящее вокруг себя. Компьютер мог управлять оборудованием, но не умел анализировать ситуацию целиком. Он был эффективным исполнителем, но не интеллектуальным участником процесса. Эта граница определяла возможности промышленности на протяжении нескольких десятилетий.

Начало XXI века открыло новую эпоху. Стоимость вычислений резко снизилась, интернет объединил миллиарды устройств, появились облачные технологии, большие данные и искусственный интеллект. Впервые возникла возможность не просто автоматизировать отдель-

ные операции, а связать всю фабрику в единую информационную систему. Производственное оборудование, склады, транспорт, системы качества и логистика начали обмениваться данными в реальном времени. Завод стал видеть себя целиком.

Именно этот переход принято называть Индустрией 4.0. В отличие от предыдущих промышленных революций, ее главной движущей силой является не новый источник энергии и не новая машина, а информация. Производство начинает функционировать как огромная цифровая сеть, внутри которой каждое действие оставляет след в виде данных.

Когда данные стали сырьем

На протяжении большей части человеческой истории промышленность зависела от трех основных ресурсов: сырья, энергии и труда. Чтобы производить больше продукции, требовалось больше металла, больше топлива, больше оборудования и больше работников. Эта логика остается актуальной и сегодня, но к ней добавился новый ресурс, значение которого продолжает стремительно расти.

Этим ресурсом являются данные.

На первый взгляд данные невозможно сравнить с железной рудой, хлопком, нефтью или электричеством. Их нельзя потрогать руками или перевезти в грузовом вагоне. Однако влияние данных на современную промышленность становится настолько значительным, что многие экономисты называют их новой нефтью XXI века. Это сравнение не идеально, но оно помогает понять масштаб происходящих изменений.

Представим два одинаковых завода с одинаковым оборудованием. Оба используют одинаковое сырье и производят одинаковую продукцию. Но один завод собирает данные о каждой операции, анализирует эффективность оборудования, прогнозирует износ деталей, отслеживает качество продукции и постоянно оптимизирует процессы. Другой работает по традиционной схеме, полагаясь главным образом на опыт сотрудников.

Через несколько лет разница между ними станет огромной. Первый завод будет тратить меньше энергии, выпускать меньше брака, быстрее реагировать на изменения рынка и эффективнее использовать оборудование. Формально их станки могут быть одинаковыми, но интеллектуальные возможности предприятий окажутся совершенно разными.

Этот пример показывает, что данные сами по себе не создают ценность. Ценность возникает тогда, когда данные превращаются в знания. Подобно тому как нефть требует переработки, информация требует анализа. Миллионы показаний датчиков бесполезны, если никто не способен обнаружить в них закономерности. Поэтому современная фабрика нуждается не только в оборудовании, но и в способности интерпретировать происходящее.

Особенно заметно это в вопросах качества. Раньше дефекты обнаруживались после завершения производства. Сегодня интеллектуальные системы способны выявлять отклонения на самых ранних этапах процесса. Вместо того чтобы искать причины брака после возникновения проблемы, предприятие получает возможность предотвращать ее заранее. Производство становится не реактивным, а проактивным.

Эта трансформация меняет экономику предприятия глубже, чем кажется на первый взгляд. Ошибки становятся дешевле, потому что их удастся обнаружить раньше. Планирование становится точнее, потому что решения принимаются на основе объективной информации. Управление перестает опираться исключительно на интуицию отдельных руководителей и начинает использовать коллективный интеллект всей системы.

Почему современный завод напоминает мозг

Если внимательно посмотреть на устройство умной фабрики, можно заметить удивительное сходство с человеческим организмом. Это сравнение не является просто красивой метафорой. Оно помогает понять принципы работы современных производственных систем.

Человеческий организм получает информацию через органы чувств. Глаза фиксируют свет, уши воспринимают звук, кожа ощущает температуру и давление. Затем сигналы поступают в мозг, который анализирует ситуацию и принимает решения. После этого команды передаются мышцам и другим органам.

Современная фабрика действует похожим образом. Датчики играют роль органов чувств. Они измеряют температуру, вибрацию, давление, влажность, скорость движения, качество продукции и сотни других параметров. Информационные системы выполняют функцию нервной системы, передавая данные между различными участками предприятия. Искусственный интеллект и аналитические платформы становятся аналогом мозга, который выявляет закономерности и помогает принимать решения. Роботы, станки и производственные линии выполняют роль исполнительных органов.

Конечно, это сходство не означает, что завод становится живым существом. Однако оно показывает направление эволюции промышленности. Предприятие постепенно приобретает способность воспринимать окружающую среду, анализировать происходящее и адаптироваться к изменениям.

Еще несколько десятилетий назад большинство производственных решений принималось после возникновения события. Сегодня все больше решений принимается на основе прогнозов. Завод учится смотреть в будущее. Он пытается заранее понять, что произойдет через час, через день или через месяц.

Такой подход меняет саму философию управления. Вместо борьбы с последствиями появляется возможность предотвращать проблемы до их возникновения. Вместо реагирования приходит предвидение.

Цифровое мышление новой промышленности

Одним из самых важных последствий цифровой революции стало изменение способа мышления о производстве. Традиционный завод рассматривался как набор отдельных участков. Каждый цех решал собственные задачи. Каждый отдел работал преимущественно в рамках своих функций. Информация часто перемещалась медленно и с потерями.

Современная фабрика требует другого подхода. Она рассматривается как единая система, в которой каждое решение влияет на множество взаимосвязанных процессов. Изменение графика производства может повлиять на складские запасы, логистику, энергопотребление и сроки поставок. Поэтому управление становится системным.

Именно здесь цифровые технологии демонстрируют свою главную силу. Они позволяют увидеть взаимосвязи, которые раньше были скрыты. Руководитель получает возможность наблюдать предприятие не через отчеты, подготовленные несколько дней назад, а практически в реальном времени. Производство становится прозрачным.

Эта прозрачность создает совершенно новые возможности для развития. Она позволяет не только исправлять ошибки, но и постоянно искать скрытые резервы эффективности. Иногда такие улучшения оказываются настолько значительными, что предприятие получает конкурентные преимущества без строительства новых цехов и закупки дополнительного оборудования.

Для Узбекистана подобный подход имеет особую ценность. Многие предприятия страны были созданы в разные исторические периоды и обладают различным уровнем технологической зрелости. Однако цифровизация позволяет повышать эффективность не только через масштабные инвестиции, но и через более разумное использование уже существующих ресурсов. В условиях глобальной конкуренции это может стать одним из важнейших факторов промышленного развития.

Сегодня мы стоим на этапе, когда завод постепенно перестает быть просто местом производства товаров. Он превращается в систему создания, накопления и использования знаний. Машины продолжают производить продукцию, но одновременно они генерируют информацию о том, как сделать производство лучше. Каждая операция становится источником новых данных. Каждое решение может быть проанализировано и улучшено.

Именно поэтому современную фабрику все чаще сравнивают с компьютером. Не потому, что в ней много экранов и программного обеспечения, а потому, что ее главным процессом становится обработка информации. Металл, ткань, пластик или химические вещества по-прежнему проходят через производственные линии, но все большее значение приобретает другой поток — поток данных, который связывает между собой людей, оборудование и решения.

С этого понимания начинается путь к умной фабрике. Прежде чем предприятие научится самостоятельно анализировать процессы, прогнозировать события и взаимодействовать с искусственным интеллектом, оно должно превратиться в систему, способную видеть и понимать собственную работу. И именно этот переход от механического завода к цифровому организму стал одной из самых значительных трансформаций в истории промышленности.

Глава 2. Что такое умная фабрика

Фабрика, которая понимает происходящее

Представим два предприятия. На обоих стоят современные станки, работают квалифицированные специалисты, используются качественные материалы и выпускается востребованная продукция. На первый взгляд различий почти нет. Однако в один из дней поставщик задерживает важную партию комплектующих, спрос на рынке неожиданно меняется, а на одном из производственных участков возникает техническая неисправность.

На обычном предприятии начинается цепочка реакций. Руководители собирают совещание, пытаются оценить ситуацию, выясняют причины, пересматривают графики и принимают решения на основе доступной информации. Процесс может занять часы или даже дни. На умной фабрике значительная часть этих действий происходит автоматически. Система уже знает, какие заказы окажутся под угрозой, какие линии можно перенастроить, какие альтернативные поставщики доступны и как минимизировать потери. Люди по-прежнему принимают ключевые решения, но они делают это, обладая полной картиной происходящего.

Именно в этом заключается главное отличие умной фабрики от просто автоматизированного предприятия. Автоматизация позволяет машине выполнять работу без участия человека. Умная фабрика позволяет всей производственной системе понимать собственное состояние и адаптироваться к изменениям. Разница кажется тонкой, но на практике она огромна. Автоматизированный станок умеет работать самостоятельно. Умная фабрика умеет мыслить системно.

На протяжении многих лет предприятия внедряли отдельные цифровые решения. Появлялись компьютеры, системы учета, автоматизированные линии, программное управление оборудованием. Каждая технология повышала эффективность конкретного участка работы. Однако эти решения часто существовали изолированно друг от друга. Склад мог не знать о проблемах производства, производственный отдел не всегда видел реальную ситуацию в логистике, а руководство получало информацию с задержкой.

Умная фабрика устраняет подобные разрывы. Она строится на принципе единого информационного пространства. Все элементы системы постоянно обмениваются данными. Оборудование сообщает о своей загрузке, склад информирует о запасах, логистика отслеживает движение материалов, система качества анализирует продукцию, а искусственный интеллект помогает увидеть взаимосвязи между событиями. Производство превращается в целостный организм, в котором каждая часть понимает, что происходит в других частях.

Если традиционный завод можно сравнить с набором отдельных инструментов, то умная фабрика больше напоминает оркестр, где каждый участник слышит остальных и действует согласованно. В этом и заключается сущность нового подхода к промышленности.

Интеллект вместо жестких инструкций

Традиционные производственные системы строились вокруг инструкций. Каждая операция подробно описывалась, а отклонение от установленного порядка воспринималось как риск. Такой подход был логичен в условиях, когда оборудование обладало ограниченными возможностями, а обработка информации требовала значительного времени.

Однако современный мир становится слишком динамичным для полностью жестких схем управления. Потребительские предпочтения меняются быстрее, чем раньше. Рыночная

ситуация может измениться за считанные недели. Новые технологии появляются постоянно. В таких условиях предприятие должно уметь адаптироваться.

Умная фабрика отличается именно способностью к адаптации. Она не ограничивается выполнением заранее прописанных команд. Она непрерывно анализирует ситуацию и ищет оптимальные варианты действий. Если изменяется спрос, система помогает скорректировать производственный план. Если оборудование работает неэффективно, алгоритмы выявляют причины. Если возникают отклонения в качестве продукции, интеллектуальные инструменты начинают искать закономерности, которые невозможно заметить обычным наблюдением.

Важно понимать, что речь не идет о полной замене человека. Даже самые современные системы искусственного интеллекта остаются инструментами. Они могут анализировать огромные объемы данных, находить скрытые связи и предлагать решения, но они не обладают человеческим пониманием целей, ценностей и стратегических последствий своих действий.

Наиболее успешные предприятия будущего будут строиться не вокруг идеи вытеснения человека, а вокруг идеи сотрудничества между человеком и интеллектуальной системой. Искусственный интеллект станет усиливать способности инженеров, технологов и руководителей, а не заменять их полностью.

По этой причине умная фабрика представляет собой не технический проект, а новую модель взаимодействия человека и технологий. Она требует другого отношения к данным, другого подходу к обучению персонала и иной культуры принятия решений.

Прозрачность как основа эффективности

Одним из важнейших признаков умной фабрики является прозрачность процессов. На протяжении большей части истории промышленности многие события внутри предприятия оставались скрытыми до тех пор, пока не приводили к заметным последствиям. Потери энергии, неэффективное использование оборудования, скрытый брак, ошибки планирования и просто часто обнаруживались слишком поздно.

Цифровизация меняет эту ситуацию. Благодаря датчикам, сетям передачи данных и аналитическим платформам предприятие начинает видеть себя практически в режиме реального времени. Руководители получают возможность наблюдать не только конечный результат, но и весь путь его формирования.

Представим производственную линию, выпускающую тысячи изделий ежедневно. На традиционном предприятии качество обычно оценивается путем выборочных проверок. Если обнаруживается проблема, приходится искать ее источник задним числом. На умной фабрике каждая операция оставляет цифровой след. Система знает, какое оборудование участвовало в производстве конкретного изделия, какие параметры были зафиксированы во время работы и какие отклонения возникали на каждом этапе процесса.

Такая прозрачность позволяет не просто фиксировать ошибки, а понимать их причины. А понимание причин всегда ценнее устранения последствий. Именно поэтому многие современные предприятия достигают впечатляющих результатов не столько за счет покупки нового оборудования, сколько благодаря более глубокому пониманию собственных процессов.

Прозрачность также меняет характер управления. Решения начинают основываться не на предположениях, а на объективных данных. Это не означает исчезновения человеческой интуиции, но позволяет подкреплять ее фактами. Руководитель больше не действует вслепую. Он видит предприятие значительно глубже, чем это было возможно раньше.

Гибкость вместо массового однообразия

Одним из главных достижений индустриальной эпохи стало массовое производство. Конвейер позволил выпускать огромное количество одинаковой продукции по относительно низкой цене. Эта модель обеспечила экономический рост многих стран и сделала доступными товары, которые раньше считались предметами роскоши.

Однако XXI век предъявляет новые требования. Современный потребитель все чаще ожидает персонализированного подхода. Он хочет продукцию, которая соответствует его конкретным потребностям. Возникает парадокс: рынок требует индивидуальности, а промышленность традиционно ориентирована на стандартизацию.

Умная фабрика становится ответом на этот вызов. Благодаря цифровым технологиям она способна сочетать эффективность массового производства с гибкостью индивидуального подхода. Производственные линии могут быстро перенастраиваться, выпускать различные модификации продукции и реагировать на изменения спроса без значительных потерь эффективности.

Подобная гибкость особенно важна в условиях глобальной конкуренции. Предприятие будущего должно уметь производить не только много, но и быстро адаптироваться к новым запросам рынка. Побеждает не обязательно самый крупный производитель. Побеждает тот, кто быстрее учится и быстрее меняется.

Для Узбекистана это открывает интересные перспективы. Страна не обязана конкурировать исключительно объемами производства. Она может развивать гибкие высокотехнологичные предприятия, способные создавать продукцию с высокой добавленной стоимостью и быстро реагировать на изменения мировой экономики.

Человек в центре умной фабрики

Существует распространенное представление, что умная фабрика является пространством, где люди постепенно исчезают из производственного процесса. Подобный взгляд кажется логичным, если смотреть только на развитие автоматизации. Однако более внимательный анализ показывает противоположную тенденцию.

По мере усложнения технологий возрастает значение человеческих компетенций. Простые и повторяющиеся операции действительно все чаще выполняются машинами. Но одновременно растет потребность в людях, способных проектировать системы, интерпретировать данные, принимать стратегические решения и управлять сложными процессами.

История промышленности показывает интересную закономерность. Каждая технологическая революция уменьшала потребность в одном типе навыков и увеличивала потребность в другом. Паровые машины сократили значение физической силы. Автоматизация уменьшила потребность в ручных операциях. Цифровизация снижает зависимость от рутинного контроля. Но при этом возрастает ценность знаний, творчества, аналитического мышления и способности к обучению.

Поэтому человек не исчезает из умной фабрики. Он меняет свою роль. Вместо постоянного вмешательства в каждую операцию он начинает управлять системой на более высоком уровне. Его работа становится менее механической и более интеллектуальной.

В этом заключается одна из самых важных идей всей концепции умной фабрики. Технологическое развитие не должно рассматриваться как соревнование между человеком и машиной. Гораздо точнее понимать его как процесс создания новых форм сотрудничества между человеческим интеллектом и искусственным интеллектом.

Фабрика как экосистема будущего

Когда мы произносим слова «умная фабрика», легко представить отдельное предприятие, оснащенное современным оборудованием и программным обеспечением. Однако наиболее интересные изменения происходят за пределами заводских стен.

Современное производство все сильнее интегрируется в более широкие экономические сети. Поставщики, производители, транспортные компании, склады, научные центры и потребители начинают обмениваться информацией практически непрерывно. Фабрика становится частью единой экосистемы.

В такой системе эффективность определяется уже не только качеством работы конкретного предприятия. Важную роль играет способность взаимодействовать с партнерами, обмениваться данными и совместно решать возникающие задачи. Чем лучше организована эта экосистема, тем выше ее устойчивость и конкурентоспособность.

Именно поэтому умная фабрика представляет собой гораздо больше, чем набор современных технологий. Это новая философия промышленного развития. Ее основой становятся данные, прозрачность, гибкость, сотрудничество и непрерывное обучение. Она объединяет людей, машины и алгоритмы в единую систему, способную не просто производить товары, а постоянно совершенствовать собственную работу.

Когда предприятие достигает такого уровня развития, оно перестает быть просто заводом в традиционном понимании. Оно становится интеллектуальной организацией, которая использует технологии для расширения человеческих возможностей. Именно такие предприятия будут определять промышленный ландшафт мира в ближайшие десятилетия и именно они способны стать фундаментом промышленного будущего Узбекистана.

Глава 3. Нервная система производства

Как фабрика начинает чувствовать

На протяжении большей части промышленной истории завод был в определенном смысле слепым. Машины работали, конвейеры двигались, продукция сходила с производственных линий, но само предприятие знало о происходящем значительно меньше, чем современный человек знает о собственном организме. Руководители видели отчеты, инженеры проводили проверки, операторы наблюдали за оборудованием, однако между событием и его осознанием почти всегда существовал временной разрыв.

Если подшипник начинал разрушаться, это замечали после появления шума. Если температура оборудования росла выше нормы, проблема становилась очевидной только после возникновения риска поломки. Если качество продукции ухудшалось, дефект зачастую обнаруживался уже на этапе контроля готовых изделий. Завод узнавал о происходящем постфактум.

Умная фабрика начинается именно с устранения этой слепоты. Прежде чем предприятие сможет анализировать данные, прогнозировать события и принимать интеллектуальные решения, оно должно научиться воспринимать окружающую реальность. Другими словами, фабрика должна получить органы чувств.

Когда мы говорим о человеческом интеллекте, то редко задумываемся о том, насколько важна роль восприятия. Мозг способен принимать решения только потому, что получает огромный поток информации от глаз, ушей, кожи и других органов чувств. Если лишить человека возможности воспринимать окружающий мир, его способность действовать окажется серьезно ограниченной. Точно так же искусственный интеллект на предприятии бесполезен без качественных данных о происходящем.

Именно поэтому первой ступенью создания умной фабрики становятся датчики. Они выполняют ту же функцию, что органы чувств в живом организме. Они превращают физические процессы в цифровую информацию, которую можно анализировать, хранить и использовать для принятия решений.

Сегодня один современный завод может содержать десятки тысяч датчиков. Они измеряют температуру, давление, влажность, вибрацию, скорость вращения, потребление энергии, состав воздуха, качество продукции, уровень износа оборудования и множество других параметров. Каждую секунду предприятие генерирует огромные объемы информации о собственной работе.

Но сами по себе датчики еще не делают фабрику умной. Они лишь позволяют ей видеть происходящее. Настоящая трансформация начинается тогда, когда отдельные сигналы объединяются в единую систему восприятия.

Мир, состоящий из сигналов

Представим текстильную фабрику будущего в Узбекистане. На предприятие поступает хлопок. Он проходит через множество этапов обработки: очистку, прядение, ткачество, окрасивание, контроль качества и упаковку. На каждом этапе происходят сотни процессов, которые влияют на конечный результат.

В традиционной системе значительная часть информации о состоянии производства оставалась скрытой. Если качество ткани ухудшалось, специалистам приходилось искать причину путем последовательных проверок различных участков технологической цепочки.

На умной фабрике ситуация выглядит иначе. Датчики фиксируют влажность сырья, температуру воздуха, скорость работы оборудования, натяжение нитей, расход красителей, параметры воды, характеристики готовой ткани и множество других показателей. Каждый этап становится прозрачным.

Особенно важно то, что данные перестают существовать отдельно друг от друга. Система начинает видеть связи между событиями. Например, может оказаться, что определенный тип дефекта возникает не из-за проблем на линии контроля качества, а вследствие незначительного изменения влажности воздуха несколькими часами ранее. Для человека обнаружение такой закономерности потребовало бы длительного анализа. Для современной аналитической системы это может стать стандартной задачей.

Фактически умная фабрика начинает воспринимать мир как поток взаимосвязанных сигналов. Любое событие оставляет цифровой след. Любое изменение становится частью общей картины. Чем больше предприятие знает о себе, тем лучше оно понимает причины происходящих процессов.

Это меняет саму философию управления. Вместо предположений появляются измерения. Вместо субъективных оценок возникают объективные данные. Вместо борьбы с последствиями появляется возможность работать с причинами.

Именно поэтому цифровая трансформация начинается не с искусственного интеллекта и не с роботов. Она начинается с создания способности видеть.

Интернет вещей как промышленная революция внутри революции

Когда миллионы устройств начинают обмениваться данными через цифровые сети, возникает технология, которую принято называть Интернетом вещей, или Internet of Things — IoT.

В повседневной жизни Интернет вещей часто ассоциируется с умными домами, бытовой техникой или носимыми устройствами. Однако наиболее глубокое влияние эта концепция оказывает именно на промышленность.

Промышленный Интернет вещей превращает оборудование из пассивных машин в активных участников информационной системы. Станок больше не является просто инструментом. Он становится источником данных. Он способен сообщать о собственном состоянии, фиксировать параметры работы и взаимодействовать с другими элементами производства.

Представим производственную линию, состоящую из нескольких десятков единиц оборудования. В традиционной модели каждая машина выполняет свою функцию относительно независимо. В модели Интернета вещей оборудование становится частью единой цифровой среды. Если один участок работает медленнее, остальные системы получают эту информацию практически мгновенно. Если возникают признаки неисправности, данные становятся доступны не только оператору, но и сервисным службам, аналитическим платформам и управляющим системам.

В результате фабрика начинает функционировать как единый организм. Информация больше не застревает внутри отдельных подразделений. Она свободно перемещается между различными уровнями предприятия.

Эта особенность имеет огромное значение для эффективности. Многие производственные проблемы возникают не из-за недостатка ресурсов, а из-за недостатка информации. Люди принимают решения на основе неполной картины происходящего. Интернет вещей помогает устранить этот разрыв.

По сути, он создает основу для появления коллективного интеллекта предприятия. Каждая машина знает немного. Каждый датчик фиксирует лишь отдельный параметр. Но вместе они формируют целостное представление о состоянии производства.

Почему данные в реальном времени меняют всё

На протяжении столетий управление промышленностью строилось вокруг отчетов. Информация собиралась, обрабатывалась и передавалась руководителям спустя определенное время. Иногда задержка составляла несколько часов, иногда дни или даже недели.

Такая модель работала в эпоху относительно медленных изменений. Однако современная экономика развивается с гораздо большей скоростью. Решение, принятое на основе устаревшей информации, может оказаться неэффективным уже в момент его принятия. Именно поэтому данные в реальном времени становятся одним из ключевых элементов умной фабрики.

Рассмотрим простой пример. На производственной линии начинает увеличиваться количество микроскопических дефектов. В традиционной системе проблема может быть обнаружена только после завершения смены или даже после отправки продукции на склад. За это время предприятие успеет произвести значительное количество бракованных изделий.

В системе реального времени отклонение фиксируется практически сразу. Алгоритмы замечают изменение параметров и предупреждают персонал еще до того, как проблема становится масштабной. Потери снижаются многократно.

Подобный подход работает не только в вопросах качества. Он применяется для контроля энергопотребления, управления запасами, логистики, технического обслуживания и многих других процессов.

Фактически предприятие начинает жить в настоящем времени. Оно больше не смотрит на события через призму вчерашних отчетов. Оно наблюдает их непосредственно в момент возникновения.

Для руководителей это означает принципиально новый уровень контроля. Для инженеров — новые возможности оптимизации. Для рабочих — более безопасную и предсказуемую среду. Для бизнеса — повышение конкурентоспособности.

Цифровая карта невидимого мира

Одним из самых интересных последствий внедрения датчиков становится появление цифровой карты процессов, которые раньше оставались невидимыми.

Возьмем энергопотребление. На большинстве традиционных предприятий известно общее количество использованной энергии. Однако часто остается неясным, какие именно процессы расходуют ее наиболее эффективно, а какие создают скрытые потери.

После внедрения интеллектуального мониторинга картина меняется. Система начинает видеть распределение энергии по всему предприятию. Она может обнаружить оборудование, работающее менее эффективно, чем должно. Может выявить утечки, нерациональные режимы эксплуатации и потенциальные возможности экономии.

Подобный подход применяется и к другим ресурсам. Вода, сырье, рабочее время, производственные мощности — все это становится измеряемым и анализируемым.

Человек обладает ограниченной способностью наблюдать сложные системы. Даже самый опытный руководитель не способен одновременно отслеживать тысячи параметров. Именно поэтому промышленность будущего нуждается в цифровых инструментах восприятия. Чем сложнее становится производство, тем важнее способность видеть невидимое.

От наблюдения к пониманию

Однако существует важное различие между наблюдением и пониманием. Можно собрать огромное количество данных и при этом не приблизиться к реальному пониманию происходящего.

Современные предприятия уже сталкиваются с этой проблемой. Многие организации инвестируют в датчики и цифровую инфраструктуру, но не получают ожидаемого эффекта. Причина заключается в том, что данные сами по себе не являются знанием.

Представьте библиотеку, содержащую миллионы книг на неизвестном языке. Формально информация присутствует, но практической пользы от нее немного. Аналогичная ситуация возникает и в промышленности. Огромные массивы данных становятся ценными только тогда, когда их удастся превратить в понимание.

Поэтому развитие умной фабрики требует не только технических решений, но и формирования новой культуры работы с информацией. Инженеры должны учиться анализировать данные. Руководители должны принимать решения на основе объективных показателей. Организация должна воспринимать измерение не как формальность, а как основу совершенствования. Лишь тогда данные начинают работать на развитие предприятия.

В этом заключается важнейшая роль нервной системы производства. Она не просто собирает сигналы. Она создает условия для появления осознанности на уровне всей фабрики. Предприятие начинает понимать собственное состояние так же, как человек понимает состояние своего организма.

Без такой способности невозможны ни искусственный интеллект, ни цифровые двойники, ни предиктивное обслуживание, ни большинство других технологий Индустрии 4.0. Все они опираются на фундамент, который создается датчиками, сетями передачи данных и промышленным Интернетом вещей.

Прежде чем фабрика сможет принимать умные решения, она должна научиться чувствовать. И именно эта способность становится первой ступенью на пути к настоящему промышленному интеллекту.

Глава 4. Искусственный интеллект в цехе

Когда машина начинает замечать закономерности

На протяжении всей истории промышленности одной из самых ценных способностей человека оставалась способность замечать закономерности. Опытный мастер мог по звуку определить состояние станка. Технолог замечал скрытые причины появления брака. Руководитель производства чувствовал приближение проблем еще до того, как они становились очевидными для остальных сотрудников. Подобные навыки формировались годами и часто воспринимались почти как искусство.

Однако у человеческой интуиции всегда существовали объективные ограничения. Даже самый талантливый специалист способен одновременно анализировать лишь ограниченное количество факторов. Между тем современное предприятие представляет собой чрезвычайно сложную систему. Тысячи единиц оборудования, миллионы производственных операций, непрерывные потоки сырья, энергии, информации и продукции создают такую плотность взаимосвязей, которую невозможно удержать в памяти одному человеку или даже целой группе специалистов. Именно здесь начинается роль искусственного интеллекта.

Важно понимать, что искусственный интеллект на фабрике не является электронным аналогом человеческого разума. В популярных фильмах и фантастической литературе ИИ часто изображается как самостоятельная мыслящая сущность. В реальной промышленности ситуация выглядит иначе. Искусственный интеллект прежде всего представляет собой инструмент поиска закономерностей в огромных массивах данных.

Человек может анализировать десятки параметров одновременно. Современная интеллектуальная система способна анализировать миллионы. Она не устает, не теряет концентрацию и не забывает информацию. Там, где для человека существует хаотический поток цифр, алгоритм способен обнаружить скрытые связи.

Представим металлургическое предприятие. Температура плавления, состав сырья, скорость охлаждения, расход энергии, состояние оборудования, влажность воздуха и десятки других факторов влияют на качество конечной продукции. Для человека оценить влияние каждого параметра чрезвычайно сложно. Искусственный интеллект способен анализировать исторические данные за годы работы предприятия и выявлять комбинации факторов, которые оказывают решающее воздействие на результат.

На первый взгляд подобная задача выглядит исключительно технической. Однако ее последствия затрагивают саму философию управления производством. Фабрика начинает не просто фиксировать происходящее. Она начинает понимать собственные процессы глубже, чем это было возможно раньше.

Контроль качества без усталости

Одной из первых областей, где искусственный интеллект начал демонстрировать впечатляющие результаты, стал контроль качества продукции.

Традиционная система контроля строилась вокруг человеческого наблюдения. Специалисты проверяли продукцию визуально, использовали измерительные инструменты и анализировали результаты испытаний. Несмотря на высокий профессионализм работников, такая модель неизбежно сталкивалась с ограничениями человеческого восприятия.

Человек устает. Его внимание ослабевает. Он может пропустить малозаметный дефект после нескольких часов однообразной работы. Более того, многие современные изделия настолько сложны, что некоторые виды отклонений невозможно обнаружить невооруженным глазом.

С появлением компьютерного зрения ситуация начала меняться. Камеры высокого разрешения и алгоритмы машинного обучения научились анализировать продукцию с точностью, которая часто превосходит возможности человека.

На автомобильных предприятиях интеллектуальные системы выявляют мельчайшие дефекты окраски кузова. В электронной промышленности они обнаруживают микроскопические повреждения компонентов. В текстильном производстве алгоритмы фиксируют нарушения структуры ткани. В пищевой промышленности системы компьютерного зрения контролируют форму, цвет и качество продукции с высокой скоростью.

Особенно важно то, что искусственный интеллект способен не только находить дефекты, но и анализировать причины их возникновения. Если определенный тип брака появляется регулярно, система начинает искать общие закономерности. Она может обнаружить связь между качеством продукции и состоянием оборудования, характеристиками сырья или условиями окружающей среды.

Таким образом контроль качества превращается из инструмента выявления ошибок в инструмент предотвращения ошибок. Предприятие начинает устранять причины проблем раньше, чем они приводят к потерям.

Искусственный интеллект как производственный диспетчер

Одна из самых сложных задач любого предприятия заключается в планировании. На первый взгляд производственный план выглядит достаточно просто. Необходимо определить, какую продукцию выпускать, в каком объеме и в какие сроки. Однако в реальности эта задача напоминает решение гигантской многомерной головоломки.

Предприятие должно учитывать доступность сырья, состояние оборудования, загрузку персонала, сроки поставок, требования клиентов, транспортные ограничения, стоимость энергии и множество других факторов. Изменение одного параметра может вызвать цепную реакцию по всей производственной системе.

Традиционно подобные задачи решались людьми. Опытные диспетчеры и планировщики использовали профессиональные знания, накопленный опыт и доступные данные. Однако по мере усложнения экономики количество переменных стало расти быстрее, чем возможности человека по их обработке.

Искусственный интеллект оказался особенно эффективным именно в этой области. Современные алгоритмы способны анализировать огромное количество вариантов развития событий и находить решения, которые обеспечивают наилучший баланс между различными целями.

Представим предприятие, получившее неожиданно крупный заказ. Необходимо определить, как перераспределить ресурсы, чтобы выполнить обязательства перед новым клиентом и одновременно сохранить сроки выполнения уже существующих контрактов. Для человека подобная задача может потребовать длительных расчетов. Интеллектуальная система способна оценить тысячи сценариев за считанные минуты.

При этом речь идет не о замене управленцев. Скорее искусственный интеллект становится интеллектуальным помощником, который помогает людям видеть больше возможных вариантов и принимать более обоснованные решения.

Предиктивная аналитика и способность видеть будущее

Одним из наиболее интересных направлений применения искусственного интеллекта в промышленности стала предиктивная аналитика. Сам термин происходит от английского слова *predict* — предсказывать. Речь идет о способности системы прогнозировать будущие события на основе анализа текущих данных.

На протяжении многих лет обслуживание оборудования строилось вокруг двух основных подходов. Первый предполагал ремонт после возникновения неисправности. Вторым основывался на плановом обслуживании через заранее определенные интервалы времени.

Оба подхода имеют серьезные недостатки. В первом случае предприятие сталкивается с риском аварий и незапланированных простоев. Во втором возникает вероятность замены исправных компонентов раньше необходимого срока.

Предиктивное обслуживание предлагает третью модель. Вместо работы по факту поломки или по календарю предприятие начинает ориентироваться на реальное состояние оборудования.

Для этого используются данные от многочисленных датчиков. Система анализирует вибрации, температуру, давление, шумы, расход энергии и другие параметры. Искусственный интеллект сравнивает текущие показатели с огромным количеством исторических данных и выявляет ранние признаки будущих неисправностей.

Подобная возможность меняет экономику производства. Остановка крупного предприятия может стоить миллионы долларов. Если система способна предупредить о проблеме за несколько недель до возникновения аварии, предприятие получает возможность подготовиться и провести обслуживание в наиболее удобный момент.

Фактически искусственный интеллект начинает выполнять функцию промышленного врача. Он не просто диагностирует уже возникшие болезни оборудования, а помогает предупредить их появление.

Чему машины учатся у человека

Существует распространенное заблуждение, что развитие искусственного интеллекта означает постепенное вытеснение человеческих знаний. На самом деле большая часть современных алгоритмов изначально обучается именно на человеческом опыте.

Каждый раз, когда система машинного обучения анализирует данные предприятия, она фактически изучает результаты работы множества специалистов, накопленные за годы или даже десятилетия. Она исследует решения инженеров, действия операторов, последствия различных управленческих подходов и влияние технологических изменений.

Поэтому искусственный интеллект нельзя рассматривать как альтернативу человеческому знанию. Он представляет собой новый способ его накопления и использования.

В прошлом значительная часть производственного опыта существовала в головах отдельных специалистов. Когда опытный сотрудник уходил на пенсию, предприятие рисковало потерять уникальные знания. Сегодня появляется возможность сохранять подобный опыт в цифровой форме.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.