

УДК 378.22

**Н. А. Барина**

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

## **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ XX В.: РЕВОЛЮЦИЯ В МЫШЛЕНИИ**

*Выделены ключевые факторы двух производственных систем (Форда и Тойоты) с точки зрения организации производственного процесса. Показано, как отвечая на проблемы и вызовы современного мира производственные системы включают в свою орбиту новые элементы и решают актуальные задачи. Отмечено, что в середине XX в. происходит переход к новой парадигме производственного мышления, меняются структура, методы и цели труда. Выделена роль человеческого фактора и TQM-концепции нового менеджмента в развитии производственных систем.*

### **Производственная система, массовое производство, бережливое производство, всеобщий менеджмент качества**

Вы можете не изменяться.  
Выживание не является обязанностью.

*Эдвард Деминг*

Исторически производственные технологии отражают уровень развития производительных сил общества. С этой точки зрения интересно рассмотреть XX в., когда наиболее отчетливо изменяется парадигма производственного мышления, происходит переосмысление опыта массового производства начала века, реализованного на предприятиях Генри Форда, и начинается становление новой производственной системы (зародилась в Японии в 1950-х гг. на предприятиях Тойоты), которая сейчас известна во всем мире как TPS – бережливое производство. Кроме того, конец XX в. ознаменовался глобализацией бизнеса, что отразилось на всех уровнях жизни общества, производственные технологии становятся глобальными и приносят с собой новые вызовы и перемены.

**1. Промышленная революция XIX в. На пути к массовому производству: производственная система Генри Форда.** Историческое развитие техники и технологий привело к тому, что весь XIX в. движущей силой машин и механизмов, а также средств транспорта являлся паровой двигатель. Однако к концу XIX в. повсеместное развитие получил новый вид энергии – электричество. Применение электропривода в станках, размещение в фабричных цехах групп машин, выполняющих различные операции, подняло производство на новый уровень, существенно увеличив производительность труда.

Начало XX в. ознаменовалось бурным развитием промышленного производства. Особенно активно развивалось автомобилестроение – новая отрасль, которая интегрировала очень много производств. Автомобили (локомобили) выпускались в Европе с конца XIX в. (в Англии, Германии) по индивидуальным заказам. Они были громоздкими и тяжелыми, почти не подлежали ремонту (рис. 1).



*Рис. 1*

Генри Форд (1863–1947), сын фермера из США, впервые увидел локомобиль еще подростком. В то время локомобиль состоял из парового котла, чана с водой и ящика с углем, перевозился на лошадях, часто использовался как передвижной двигатель для приведения в действие молотилки и лесопилки. Такие локомобили весили несколько тонн и стоили очень дорого, их могли себе позволить только крупные фермеры – землевладельцы и владельцы лесопилок.

Форд задумался о создании легкой паровой машины, которая смогла бы заменить лошадей и была бы способна облегчить каждодневный фермерский труд. Однако вскоре он вплотную занялся созданием пассажирского безлошадного экипажа. Понимая, что паровой двигатель не годится для легких экипажей, Форд занялся поиском нового типа двигателя, интересовался газовым двигателем, и, наконец, остановил свой выбор на двигателе внутреннего сгорания. Талантливый механик и изобретатель, Генри Форд сосредоточил свои усилия на разработке двигателя и узлов для своего автомобиля, и к 1893 г. построил первый образец (рис. 2).



*Рис. 2*

Мечта Генри Форда – создать универсальный автомобиль для всех. В 1905 г. Форд точно знал, каким он должен быть. Осталось подобрать материал для каждой детали, в соответствии с предъявляемыми к ней требованиями. Вскоре была разработана модель «Т», все детали которой были заимствованы от предыдущих моделей, каждая была тщательно испытана и протестирована. Модель «Т» стала первым автомобилем, полностью сделанным на предприятии Форда «от первого до последнего винтика».

Сборочный конвейер был впервые опробован в 1913 г. на предприятии Форда при сборке стартера. Ранее работу по сборке полностью выполнял один рабочий. Теперь эта же работа была разбита на 29 операций, каждая из которых выполнялась одним рабочим. Время сборки существенно сократилось. Конвейер намного повысил эффективность производства, и его стали использовать повсеместно.

Применение конвейера в цехах, постоянное внедрение нововведений за счет усовершенствования оборудования и процессов производства, оптимальное использование производственных площадей для размещения станков, замена ручного труда машинным – все эти факторы позволили добиться рекордной производительности изготовления каждой детали автомобиля на предприятиях Форда.

*«Мы всегда стремимся к более эффективным, более разумным и приемлемым способам организации на наших предприятиях, никогда не довольствуясь тем, что есть... Все можно сделать лучше, чем мы делали до сих пор» [1].*

Вот что сам Форд говорил о сути своей производственной системы: *«Наша политика заключается в снижении цен, увеличении производства и улучшении качества продукции».* Но сначала – снижение цены. Цена понижается до того уровня, который позволяет продавать максимальное количество автомобилей. Затем требуется организовать производство так, чтобы уложиться в полученную стоимость. Обычно поступают иначе: сначала подсчитывают издержки, затем устанавливают цену. Если производитель вынужден снижать цену до уровня, не приносящего прибыль, ему не остается ничего другого, как усовершенствовать методы производства, считал Форд. Необходимо *«усовершенствовать методы, чтобы они приносили прибыль, а не получать прибыль за счет понижения заработной платы или увеличения цены на продукт. Прибыль должна принести умелая организация» [1].*

Большое внимание Форд уделял материалам и сырью для производства составных частей автомобиля. Тщательно подбирались сталь для каждой детали, сравнивались характеристики различных материалов. Исследования продолжались и по уменьшению веса автомобиля. Конструкция изделия перед запуском в производство тщательно разрабатывалась и изучалась, в дальнейшем совершенствовались только методы производства этого изделия. По мнению Форда, нет необходимости расширять ассортимент продукции, а следует концентрировать усилия на выпуске качественного изделия одного вида.

Следует отметить несколько ключевых факторов производственной системы Генри Форда, которые позволили ему добиться выдающихся результатов.

**Стандартизация основных узлов (модулей).** Введение стандартизации позволяло быстро заменить любой узел или блок в случае необходимости. Для этого все запасные части должны были быть достаточно дешевы и доступны для покупки.

**Децентрализация производства.** По мнению Форда, нет необходимости перемещать сырье к месту производства: *«местность, производящая сырой продукт, должна производить и готовые изделия».*

**Прибыль предприятия** должна идти на развитие и расширение производства. Здоровое и процветающее предприятие может полностью финансировать себя, без привлечения заемных средств. *«Настоящим источником финансирования промышленного предприятия является фабрика, а не банк»*, – считал Форд.

**Учет человеческого фактора и вовлечение работников.** Изучая вопросы охраны труда на производстве, Форд придавал большое значение выполнению гигиенических требований в цехах: «без чистоты нет и морали». Введение 8-часового рабочего дня, установление минимальной дневной ставки, создание отдела по изучению быта и досуга работников, открытие больницы и технической школы – все эти меры должны были повысить у рабочих удовлетворенность трудом. Устранив ненужную, с его точки зрения, иерархию внутри производственной структуры, а также снизив до минимума бумажный документооборот, Форд провозглашает: «Мы возлагаем на каждого целиком всю ответственность».

Истинный лидер тот, кто способен планировать и руководить. Если придавать много значения званиям, происходит разделение ответственности между теми, кто облечен властью, но при этом стирается всякое понятие ответственности, считал Форд. *«Благополучие и процветание зависят от каждого конкретного члена коллектива, от того, осознает ли он – невзирая на свое положение и статус, – что это благополучие является его личным делом, его долгом, его работой»* [1].

**Заработная плата.** Особое внимание Форд уделяет вопросам социальной справедливости при оплате труда. Наряду с расширением производства и удешевлением продукта на предприятиях Форда непрерывно повышались тарифные ставки, рабочим выплачивалось премиальное вознаграждение. *«Высокие ставки являются самым выгодным деловым принципом»*, – определил Форд. По его мнению, уровень жизни – уровень оплаты труда – в конечном счете определяет преуспевание страны.

**Экономия ресурсов.** Большое внимание на предприятиях Форда уделялось переработке отходов, за счет чего достигалась значительная экономия ресурсов. Постоянно проводились опыты по утилизации отходов, где только возможно природные материалы замещались искусственными. Форд подчеркивал, что даже несколько центов сбережения на сырье и материалах к концу года вырастают в огромную сумму при больших масштабах производства.

Свои «деловые принципы» Генри Форд изложил в автобиографическом труде «Моя жизнь, мои достижения». Секрет успешного бизнеса он видел в способности предпринимателя удовлетворить потребности и желания потребителя, выпуская изделия безупречного качества по самой низкой цене. *«Тот, кто сможет дать потребителю лучшее качество по низшим ценам, непременно станет во главе индустрии – безразлично, какие бы товары он ни производил. Это непреложный закон»* [1].

Руководствуясь своими принципами, примерно за 12 лет Форд превратил маленькую компанию в гигантскую отрасль, изменившую американское общество. В 1921 г. «Форд Мотор» контролировала 56 % рынка легковых автомобилей и почти весь мировой рынок.

Массовое производство, изобретенное Генри Фордом, стали применять компании и в других отраслях промышленности в разных странах. При этом огромные рынки сбыта Америки, стран Европы и мира в период промышленного роста позволяли продать всю произведенную продукцию.

**2. Производственная система Тойоты: уходя от массового производства.** Эта система была разработана и начала внедряться вскоре после Второй мировой войны. Промышленность Японии была полностью разрушена. Чтобы выжить и укрепить свои позиции

в конкурентной борьбе с системами массового производства и массовых продаж Европы и США в послевоенный период, японская автомобильная промышленность должна была активно снижать издержки производства, выпуская широкую номенклатуру моделей автомобилей небольшими партиями. Кроме этого, предстояло повысить в разы производительность труда рабочих, повсеместно исключая потери.

**Как все начиналось и почему в Японии?** У истоков производственной системы Тойоты стояли две выдающиеся личности: Тойода Сакити, основатель компании, и его сын Тойода Кийтиро, первый президент автомобильной компании «Тойота» (рис. 3).

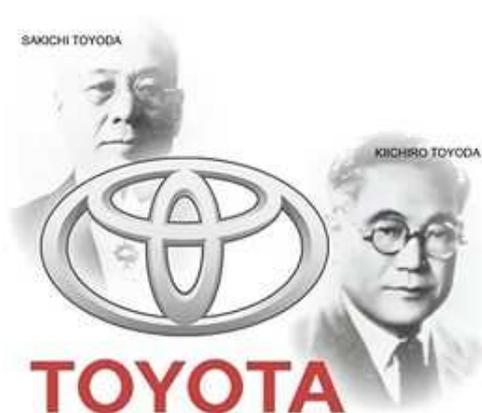


Рис. 3

Тойода Сакити в 1910 г. посетил Америку, где в то время активно продавались автомобили Форда. Потратив четыре месяца на изучение автомобиля, а также оценив его влияние на человека, Тойода Сакити пришел к выводу, что автомобильной отрасли принадлежит будущее. Вернувшись в Японию, он поручил разработку и производство автомобиля своему сыну Тойоде Кийтиро. Тойода Сакити был уверен, что природный ум, творческий подход и энтузиазм японского народа позволят создать в Японии автомобиль, не уступающий лучшим иностранным образцам.

Тойода Сакити и Тойода Кийтиро понимали бизнес глобально, и их взгляды отличались целостным восприятием мира. Они обладали способностью смотреть в суть вещей, воспринимали картину целиком и постоянно разрабатывали стратегии развития бизнеса.

В 1945 г. Тойода Кийтиро, президент автомобильной компании «Тойота», поставил цель: догнать Америку за три года, видя свою главную задачу в повышении эффективности производства путем тщательного и последовательного исключения потерь.

Создателем производственной системы Тойоты (TPS) стал Тайити Оно, начальник механического цеха, который в 1949 г. стал внедрять новые, революционные методы организации производства. Его первый шаг – внедрение производственного потока в механическом цехе. Тайити Оно решил изменить организацию труда так, чтобы один оператор отвечал за несколько станков, причем за разные их типы. В качестве эксперимента он объединил различные станки в единую технологическую цепочку в пределах одного участка. Таким образом, был организован производственный поток по выпуску единичных изделий (рис. 4) (при массовом производстве на каждом производственном участке изготавливают крупные партии деталей и затем передают на другие участки для выполнения следующих процессов).

Производственная система Тойоты ориентирована на полное исключение потерь и основывается на двух принципах:

- принцип «точно вовремя»;
- принцип автономизации, или автоматизации, с использованием интеллекта.



Рис. 4

В первом – сведение к нулю складских запасов: на каждый производственный участок подаются именно те детали, которые нужны, тогда, когда нужно, и в строго необходимом количестве. Средство передачи информации «канбан» («карточка», «указатель») обеспечивает взаимодействие между производственными процессами для выпуска необходимого количества изделий. С помощью системы «канбан» можно синхронизировать все этапы работы и полностью избежать перепроизводства. В результате не возникает лишних запасов, а следовательно, нет необходимости в складских помещениях и работниках склада. Таким образом, «канбан» – это инструмент для реализации принципа «точно вовремя».

В 1962 г. система «канбан» была внедрена в масштабе компании. Десять лет ушло на то, чтобы внедрить эту систему в компании «Тойота».

Автоматизированный станок с элементом интеллекта в компании «Тойота» – это станок, оснащенный устройством автоматического выключения. На всех заводах Тойоты оборудование укомплектовано различными предохранительными механизмами: системами точного останова, приспособлениями для быстрой переналадки и устройствами «защиты от дурака» для предотвращения ошибок. Таким образом, машинам придается элемент разума человека. Автономизация выполняет двойную роль. Она исключает перепроизводство и предотвращает производство дефектной продукции [2].

Далее приведено несколько ключевых факторов производственной системы Тойоты, которые характеризуют переход к новой парадигме производственного мышления: *базовый принцип TPS – поток единичных изделий.*

#### **У Форда:**

– большие размеры партий, громадный объем обработки деталей, большие партии готовой продукции на складе.

#### **Производственный девиз системы Тойоты:**

- небольшие поставки и быстрая переналадка;
- выравнивание производства;
- сокращение размеров партий.

Производственная система Тойоты – это метод производства, а система «канбан» – способ ее организации.

*Производственная система Тойоты построена на методе беспощадного исключения потерь и повышения производительности труда.*

**Идентификация потерь.** В производстве понятие «потери» относится ко всем элементам производства, повышающим затраты и не добавляющим ценности.

Производственные потери можно разделить на следующие категории:

- перепроизводство;
- ожидания, простои;
- ненужная транспортировка;
- лишние этапы обработки;
- лишние запасы;
- ненужные перемещения;
- потери из-за выпуска дефектных деталей или изделий.

*Когда слишком много рабочих, приходится придумывать для них лишнюю работу, но самой большой потерей являются лишние запасы, считают в компании.*

Важно на любом этапе производственного процесса отслеживать количество избыточных мощностей. Потери из-за перепроизводства – «злейший враг»! Производственная система Тойоты построена так, чтобы выпускать только необходимые объемы [2].

**Кайдзен – непрерывное совершенствование** – процесс постепенных, но постоянных улучшений, позволяющий устранить любые потери, которые увеличивают затраты, не создавая добавленной ценности.

*Кайдзен учит эффективно работать в малых группах, решать проблемы, описывать и совершенствовать процессы, собирать и анализировать данные и работать в команде. Кайдзен – это целая философия, которая предполагает стремление к совершенству и является основой TPS [3].*

**Главный фактор на производстве – персонал!** Производственный процесс основывается на командной работе, считают в компании. Большое внимание уделяется выработке навыков путем практических занятий, что отражает японский характер и культуру. *Инженер в переводе с английского – «технолог», с японского – «искусство». Искусство – это то, что требует действия [2].*

Все действия можно разделить на *потери* (бесполезные повторяющиеся действия) и *работу* (создающую добавленную ценность и не создающую). *Не всякое действие является работой!*

*Наличие в команде большего числа игроков не всегда является преимуществом, говорил Тайити Оно. В рамках японской системы операторы овладевают широким спектром навыков (производственные навыки) и участвуют в создании общей системы управления. Это помогает человеку почувствовать значимость и ценность труда. Этой же цели служат «кружки качества» на японских предприятиях.*

**Пять «почему?» – чтобы найти корень проблемы.** Научный подход компании «Тойота» заключается в том, чтобы при обнаружении проблемы пять раз задать вопрос «почему?». Считается, что если пять раз получить ответы на вопрос «почему?», то причина проблемы и метод ее решения станут очевидны [2].

**Техническое обслуживание оборудования – неотъемлемая часть производственной системы Тойоты.** Сильная сторона системы Тойоты состоит в профилактическом обслуживании оборудования, а не в возможности быстрого «лечения» неполадок процессов.

**Применение компьютеров.** В системе массового производства широко и эффективно применяются компьютеры. Компания «Тойота» использует компьютеры как инструмент, отказывается от дегуманизации, к которой они приводят. *«Информацию мы хотим получать только тогда, когда она нам нужна».* Информация, отправляемая на производство, должна быть точно выверена по времени, считают в компании. Чрезмерное количество информации

приводит к опережающему производству, т. е. выпуску продукции раньше необходимого срока. Кроме того, оно может вызвать путаницу в последовательности действий. *В бизнесе следует избегать переизбытка информации.* Компания «Тойота» добивается этого, позволяя самой продукции поставлять информацию о себе (с помощью системы «канбан») [2].

**Требуемый объем выпуска определяется продажами, которые, в свою очередь, диктуются рынком.** Поток единичных изделий позволяет реализовать этот принцип. Производственный план формируется исходя из заказов, поступающих от торговых компаний.

**Производственная система Тойоты – революция в мышлении, основное условие: полное устранение потерь, несогласованности и нецелесообразности в производстве.** Вот что Тайити Оно говорит о сути производственной системы Тойоты: *«Мы устранили потери путем пересмотра доступных нам ресурсов, перегруппировки станков, оптимизации работы оборудования, установки системы автономного управления, усовершенствования инструментов, пересмотра способов транспортировки, а также оптимизации количества необходимых материалов для обработки. Высокая эффективность производства поддерживалась, в том числе, и за счет предотвращения выпуска дефектной продукции, устранения ошибок в управлении станками, исключения несчастных случаев, а также внедрения предложений, выдвигаемых рабочими»* [2].

Нефтяной кризис 1973 г., за которым последовал экономический спад, оказал негативное влияние на развитие бизнеса и общества во всем мире. *Когда стремительный рост производства прекратился, стало очевидно, что бизнес больше не может процветать, используя традиционную американскую систему массового производства* [2]. Методы компании «Тойота» оказались наиболее жизнеспособны в период медленного роста и даже в условиях экономического спада. Многих предпринимателей в это время заинтересовал производственный опыт компании «Тойота» (рис. 5).

Сегодня TPS используется в качестве системы управления, приспособленной к условиям глобальных рынков и компьютерных информационных систем, на предприятиях различных отраслей по всему миру, в том числе на совместных предприятиях. Пример из книги Д. Лайкера «Дао Тойота. 14 принципов менеджмента ведущей компании мира» демонстрирует, как успешно внедряется TPS в условиях глобальных производственных систем.

**Глобальная производственная система General Motors (GM), США.** В начале 1980 г. «Тойота» создала совместное предприятие с GM – компанию NUMMI. Это был первый завод «Тойота» за рубежом, и компания согласилась обучить партнеров принципам TPS. На заводе планировалось выпускать грузовые автомобили малой грузоподъемности, организовав производство в соответствии с принципами подхода «Тойоты». Тогда все считали, что производственная система Тойоты означает работу на износ, что сразу вызвало негативное отношение со стороны профсоюзов. Когда заводом стала управлять «Тойота», руководство возобновило работу местного отделения профсоюза, предстояло изменить их мнение и позицию. Прежде всего, их отправили на три недели в Японию, чтобы они своими глазами увидели, что такое TPS.

При новом руководстве, пришедшем из «Тойоты», старый завод, который вновь открыли в 1984 г., превзошел все заводы GM в Северной Америке по производительности, качеству, размерам площадей и оборачиваемости запасов. Это свидетельствует о том, как успешно применяется TPS на совместных предприятиях США, где рабочие прошли подготовку в традиционной производственной культуре GM.

Сначала GM приняла решение участвовать в совместном предприятии – потому что надеялась за счет него изыскать дополнительные резервы для производства малолитражных

автомобилей. Но когда в GM ознакомились с TPS поближе, они стали относиться к этому заводу скорее как к учебной лаборатории. Сотни руководителей, менеджеров и инженеров GM приходили сюда для того, чтобы, ознакомившись с TPS, вернуться в GM другими людьми. Глобальная производственная система GM является точной копией производственной системы Тойоты. Для того чтобы усвоить уроки NUMMI в полной мере, GM понадобилось около 15 лет. А когда GM наконец отнеслась к ним всерьез, ей понадобилось еще пять лет, чтобы понять, что такое повышение эффективности и качества в масштабах компании [3].



Рис. 5

Выделив ключевые факторы и сравнив две производственные системы XX в., можно увидеть, как развитие производственных технологий меняет структуру, методы и цели труда, влияет на отношения между людьми в процессе производства. Новые, прогрессивные технологии управления производством изменяют экономические системы целых стран, влияют на качество жизни населения, отвечают на глобальные вызовы современности и позволяют предприятиям выжить в условиях экономических спадов и кризисов.

В XX в. такой технологией стало *всеобщее управление на основе качества*.

Япония первой преобразовала свою послевоенную экономику, заимствовав и применив на практике американский опыт и технологии управления производством – статистические методы контроля процессов, метод всеобщего управления качеством. Руководители японских предприятий с большим энтузиазмом восприняли учение американского специалиста в области качества Э. Деминга, который говорил, что *в любой бизнес-системе первоочередная задача всех сотрудников – удовлетворение и предугадывание желаний потребителя* [3]. Деминг расширил понятие «потребитель», включив в него не только внешнего потребителя, но и внутреннего. Принцип Деминга «Следующий процесс – ваш потребитель» стал основой концепции «точно вовремя» в компании «Тойота».

*Сегодня TQM – всеобщее руководство качеством, концепция нового менеджмента, новый подход к организации производства и общественных отношений.*

**В сфере производства** происходит переход от массового производства к щадящему, бережливому производству.

Принципы щадящего производства:

- командная работа;
- постоянный обмен информацией;
- эффективное использование всех видов ресурсов и исключение потерь;
- непрерывное совершенствование [4].

**В сфере производственных отношений** переход от жестких административных к гуманистическим методам управления, основанным на доверии и сотрудничестве.

Согласно TQM **качество** – цель номер один, а **персонал** – ценность номер один. Обучение и мотивация персонала – наиболее выгодные формы инвестиций компании.

Таким образом, через изучение производственного опыта стран, которые уже встали на путь революционных изменений и достигли на этом пути впечатляющих результатов, приходит понимание основных стратегий построения эффективного, конкурентоспособного предприятия в любой сфере деятельности.

*«Мы благополучно пережили эпоху массового производства и вступаем в новую промышленную эру, которая как бы на новом витке возвращается к идее ремесленного производства, к идее производства по индивидуальному заказу с учетом требований конкретного заказчика... конечно, не теряя возможностей современных эффективных технологий»,* – писал известный российский специалист по вопросам качества Ю. П. Адлер. Чтобы приблизиться к стандартам TQM в России, предприятиям предстоит переосмыслить логику, цели и методы производства, что неминуемо ведет к переменам в ментальности, коренному изменению организационной культуры.

В XXI в. возникают новые проблемы и вызовы: ускоренное развитие техники и технологий, ограниченность ресурсов и проблемы загрязнения окружающей среды, проблемы координации логистических потоков в условиях глобализации рынков. Возникают совершенно новые отношения между людьми в процессах производства, формируется проектный стиль жизни. *Меняется роль государств в международном разделении труда и представление о том, какова роль национальных экономических систем в мирохозяйственных связях* [5, с. 31].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Форд Г. Моя жизнь, мои достижения / пер. с англ. Е. А. Бакушева. 5-е изд. Минск: Попурри, 2014. 352 с.
2. Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства / пер. с англ. А. Грязновой, А. Тягловой. 4-е изд. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2013. 208 с.
3. Лайкер Дж. Дао Тойота: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира / пер. с англ. 10-е изд. М.: Альпина Паблишер, 2015. 400 с.
4. Лапидус В. А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях. М.: Типография «Новости», 2000. 432 с.
5. Адлер Ю. П. О промышленной революции XXI века // Стандарты и качество. 1999. № 2. С. 30–36.

N. A. Barinova  
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

## PRODUCTION TECHNOLOGIES OF THE 21<sup>ST</sup> CENTURY: REVOLUTION IN THINKING

*In this study, the author points out key factors of two production systems (Ford and Toyota) in the context of production process organization. The author shows that production systems cover new elements and problems meeting the challenges of today's world. It is stated that the transition to a new paradigm of production thinking took place in the middle of the 20th century. The role of human factor and TQM-conception of new management is emphasized in the production systems development.*

**Production system, mass production, lean production, Total quality management**