

Обзор общих инструментов Бережливого производства

1. Шесть сигм



Шесть сигм (Six Sigma)

- Концепция управления производством, разработанная в корпорации Motorola в 1986 году, популяризированная в середине 1990-х после её применения как ключевой стратегии в General Electric;
- Суть концепции: необходимость улучшения качества выходов каждого из процессов, минимизации дефектов и статистических отклонений в операционной деятельности;
- Концепция использует методы управления качеством, в том числе, статистические методы, требует использования измеримых целей и результатов, а также предполагает создание специальных рабочих групп на предприятии, осуществляющих проекты по устранению проблем и совершенствованию процессов («чёрные пояса», «зелёные пояса»);
- В последнее время концепция стала рассматриваться как компонент систем бережливого производства (LSS = Lean Six Sigma).

Характеристики «Six Sigma»

- Название происходит от греческой буквы сигма σ , которая обозначает в статистическом анализе понятие среднеквадратического отклонения;
- Уровень безошибочности производственного процесса в этом методе определяется по числу σ , которое представляет собой удельный вес бездефектной продукции в процентах на выходе процесса. Процесс с качеством 6σ на выходе характеризует 99,99966 % случаев без дефектов, или не более 3,4 дефектов на 1 млн операций;
- В корпорации Motorola достижение показателя качества 6σ для всех производственных процессов определено в качестве цели, отсюда и пошло наименование концепции;
- В последнее время метод рассматривается как необходимое дополнение к лин-системам.

Lean Six Sigma (LSS)

Бережливое производство (Lean)

Цель – сокращение потерь и ускорение процессов
Фокус – время процесса, незавершенное производство, операции добавляющие и не добавляющие ценность
Методики – Кайдзен проекты, анализ потоков создание ценности, непрерывное совершенствование

Метод ускорения процессов Lean обеспечивает улучшение качества Six Sigma

Шесть Сигм (Six Sigma)

Цель – повышение удовлетворенности потребителя, снижение количества дефектов
Фокус – источники возникновения проблем, вариативность
Метод – DMAIC проекты, вовлечение сотрудников и руководителей компании в процесс оптимизации, статистические методы, TQM

Метод улучшения качества Six Sigma обеспечивает ускорение процессов Lean

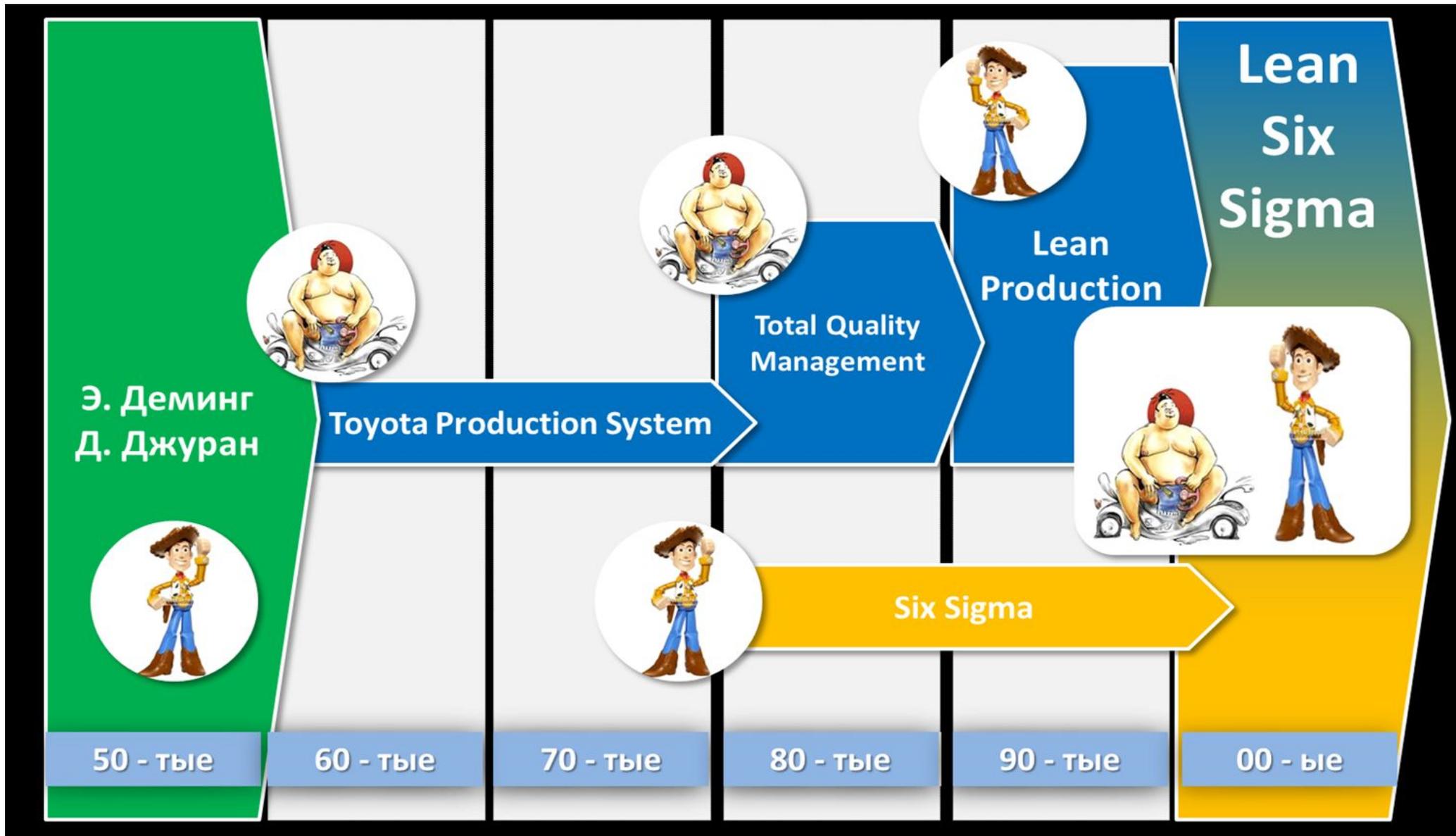
Операционная
Эффективность



Компании, внедрившие LSS



Lean Six Sigma



Six Sigma



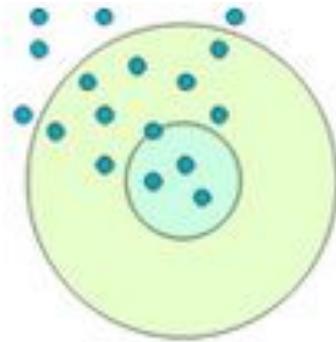
Цикл работы метода «Шесть Сигм»



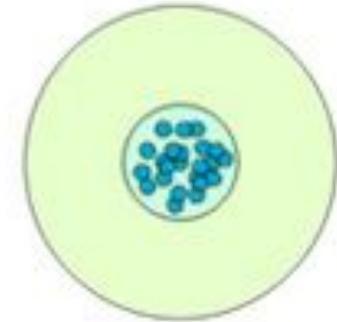
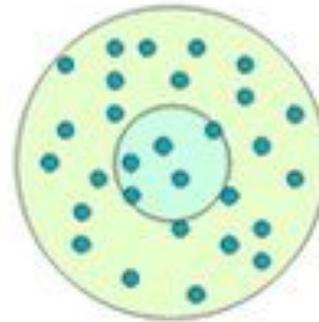
Шесть Сигм — общие положения

- В большинстве процессов на предприятиях уровень дефектов - в пределах (3-4 сигмы): выход годной продукции между 93,3% и 99,4%;
- При 4 сигма — 6210 дефектов на миллион, что очень много;
- Six Sigma является последовательным, выверенным на потребности клиента и базирующимся на фактах методом улучшения процессов.

Принцип «Шесть Сигм» в улучшении процессов

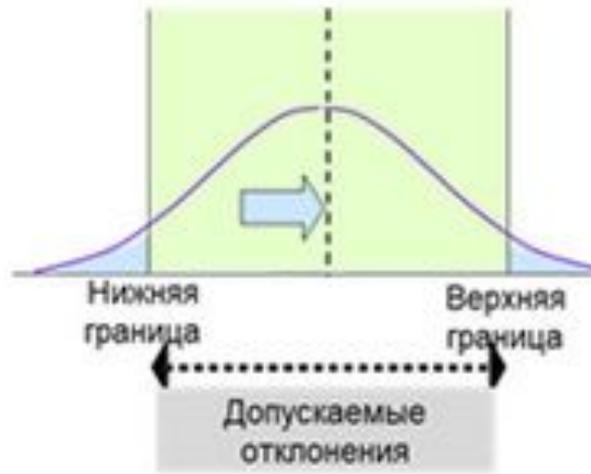
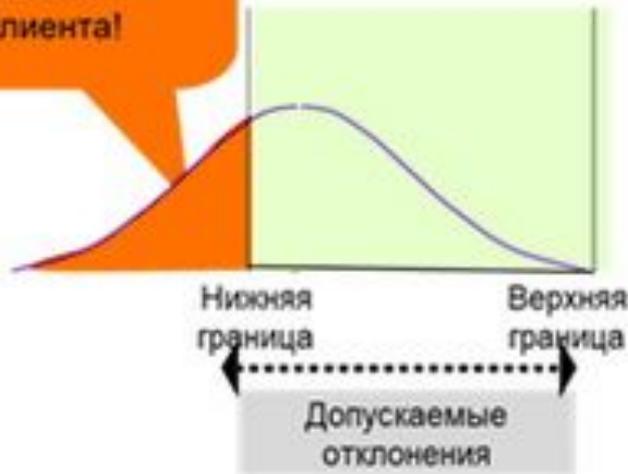


Систематически
анализировать процесс



Уменьшать рассеивание

Дефекты! Все что
не соответствует
требованиям
клиента!



Принципы применения «Шесть Сигм»

- стремление к формированию стабильного и предсказуемого прохождения процессов для повышения результативности бизнеса;
- данные и показатели, характеризующие прохождение производственных процессов и бизнес-процессов, должны быть измеряемыми, управляемыми и улучшаемыми, а также отражать оперативные изменения;
- необходимо активное вовлечение сотрудников компании на всех уровнях, включая высший и средний менеджмент, для обеспечения непрерывного улучшения качества.
- ориентация на процессы вместо функциональной ориентации, процессное управление и постоянное совершенствование процесса;
- управление, основанное на договоренностях о целях;
- прозрачность внутрикорпоративных барьеров, управление без барьеров.

Цикл DMAIC (define, measure, analyze, improve, control)

- определение целей проекта и запросов потребителей (внутренних и внешних);
- измерение процесса, чтобы определить текущее выполнение;
- анализ дефектов, определение коренных причин дефектов;
- улучшение процесса через сокращение дефектов;
- контроль дальнейшего протекания процесса.

Цикл DMAIC — графическая интерпретация



Шесть сигма как комплексная деятельность



2. Kanban



Канбан(яп. カンバン камбан - «сигнал», «карточка»)

- Метод управления бережливыми производственными линиями, использующий информационные карточки для передачи заказа на изготовление с последующего процесса на предыдущий;
- Инструмент вытягивающей системы, который дает указание на производство или изъятие (передачу) изделий с одного процесса на другой;
- позволяет оптимизировать цепочку планирования производственных мощностей, начиная от прогноза спроса, планирования производственных заданий и балансировки/распределения этих заданий по производственным мощностям с оптимизацией их загрузки;
- Является составной частью этой системы производства «точно-во-время» (Just-in-Time-Production, JIT), которая предполагает синхронную поставку необходимого в производстве материала.

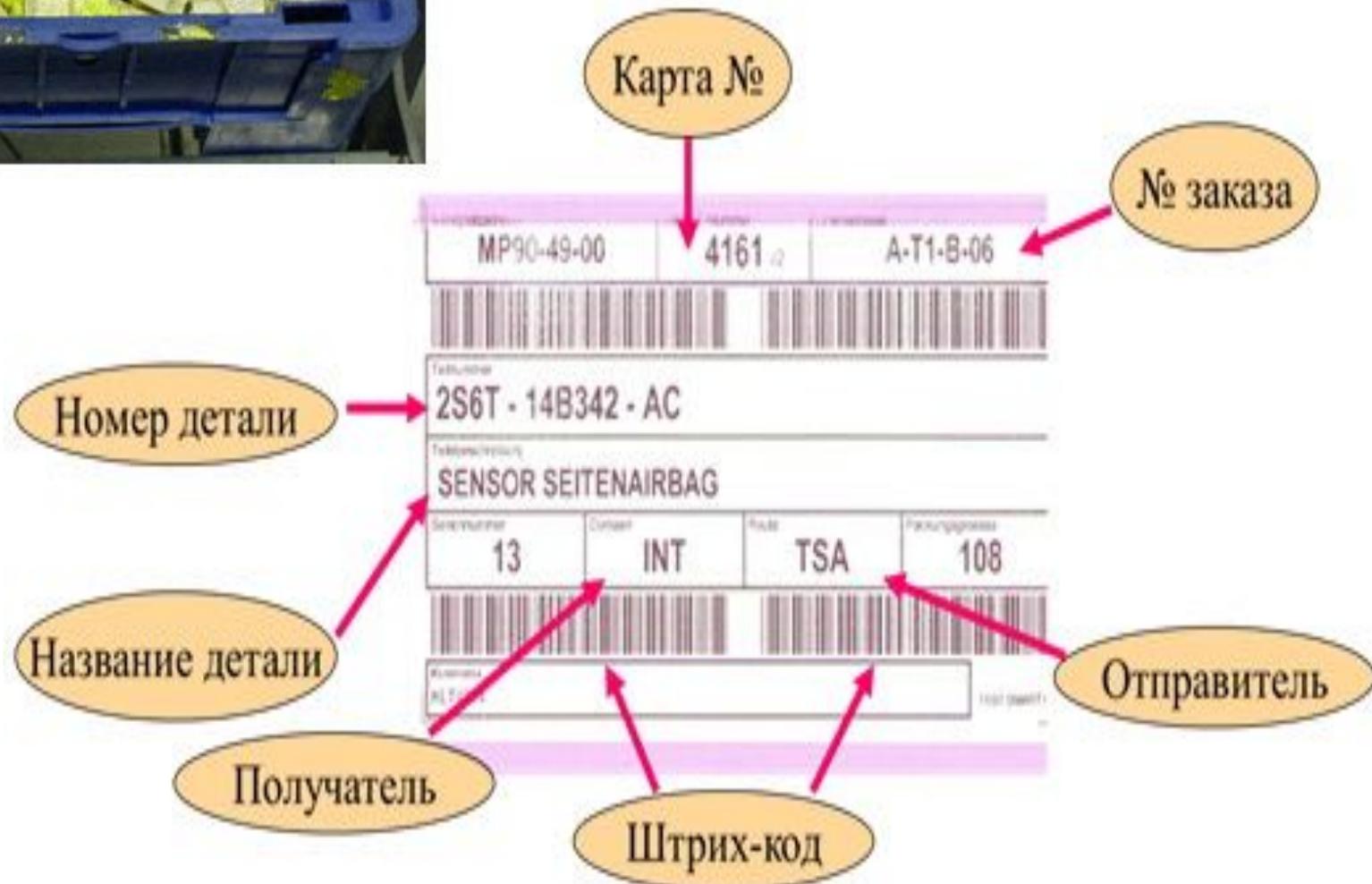
Канбан (продолжение)

- Если материал израсходован (или, например, запас достиг минимального уровня), только тогда, поставщик просит доставить новый материал. Этот запрос выдается через карточку канбан, которая обязательно транспортируется с каждой поставкой материала и возвращается в начало для новой поставки. Если карточку получает производитель, он начинает изготавливать необходимые детали. Когда запрошенное количество деталей произведено, канбан-карточка прикрепляется к держателю транспортирующего оборудования и отправляется по определенным правилам на исходное место



Карточки канбан

В каждом
контейнере
находится
Карта



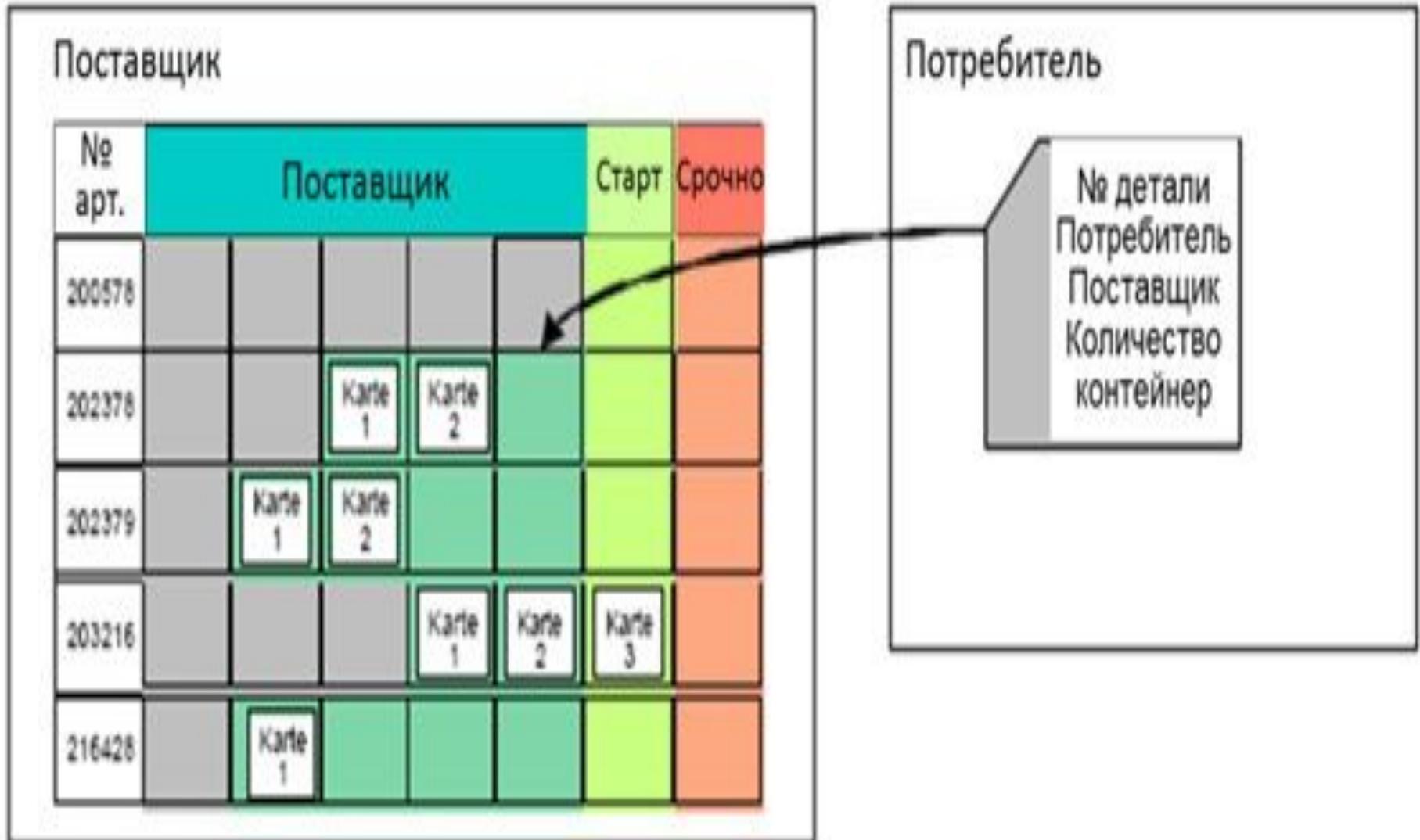
Правила эффективного применения системы канбан

- Каждый последующий рабочий процесс изымает указанное карточкой канбан количество деталей от предшествующего рабочего процесса;
- Расположенный впереди рабочий процесс производит детали в количестве и последовательности в соответствии с указанной карточкой;
- Ни одна деталь не должна быть произведена без карточки. Этим обеспечивается сокращение перепроизводства и избыточные перемещения товаров. Находящееся в обороте количество карточек канбан представляет собой объем максимальных запасов;
- Товар всегда пристраивается к карточке. Карточка является своеобразным заказом на изготовление товара;
- Дефектные детали не передаются дальше в последующий рабочий процесс. Результатом является изготовление полностью бездефектных изделий;
- Уменьшение количества карточек повышает их чувствительность. Они вскрывают существующие проблемы и делают возможным контроль запасов.

Канбан: дополнительные замечания

- При применении карточек канбан должна быть гарантирована обзорность и безопасность системы;
- Карточки не должны теряться, и не должны смешиваться;
- Так как часто на рабочем месте применяются несколько различных карточек, имеет смысл внедрения доски канбан, на которой собираются карточки. Карточки, прибывающие к производителю, вставляются в управляющую доску. Когда вновь прибывшие карточки канбан дошли до поля «запуск», все собранные карточки соответствующего номера детали принимаются совместно используются для производства.

Доска канбан



Виды канбан

- Тарный:
 - Представляет собой единицу тары, на которой находится бирка «канбан». Бирка «канбан» на контейнере закреплена жёстко и содержит следующую информацию:
 - наименование детали;
 - номер детали;
 - количество деталей;
 - адрес получателя детали;
 - адрес отправителя детали.

Система заказа деталей и узлов по тарному канбану осуществляется следующим образом: по мере окончания деталей в первом тарном канбане оператор убирает его с рабочего места на нижний ярус стеллажа (нижний ярус стеллажа является местом для складирования заказов оператора и получением заказов транспортировщиком) и работает из второго. Транспортировщик забирает порожнюю тару и, поскольку к таре прикреплён канбан, осуществляется обратная связь между оператором и кладовщиком через транспортировщика для заказа материалов. Тарный канбан имеет недостаток — требуется дополнительное количество тары на каждую единицу детали или комплектующие при создании склада.

Виды канбан: карточный

- Представляет собой карточку, имеющую:
 - цвет карточки;
 - адрес отправителя детали;
 - наименование детали, номер детали, количество деталей или узлов, необходимое для поставки по адресу получателя;
 - адрес получателя детали.
- Один из вариантов цветовой гаммы:
 - Синий — производственный канбан (между производственной линией и зоной выдачи);
 - Красный — складской канбан (между складом и зоной выдачи);
 - Зелёный — межцеховой канбан (между цехами, производствами, заводами и так далее).

3. Системы быстрой переналадки SMED



SMED

- Быстрая переналадка (Single-Minute Exchange of Dies (SMED) — быстрая смена пресс-форм) - способ сокращения издержек и потерь при переналадке и переоснастке оборудования;
- В основе инструмента лежит принципиальное разделение действий, совершаемых при переналадке, на внутренние и внешние:
 - Внутренняя наладка – часть операций процесса переналадки, которые выполняются при остановленном оборудовании, подлежащем наладке;
 - Внешняя переналадка – часть операций процесса переналадки, которые выполняются во время изготовления годных изделий на оборудовании, подлежащем наладке.

Шаги реализации SMED

- 1) Изучение текущей ситуации. Хронометраж всего процесса переналадки (с момента завершения производства изделия «А» до начала изготовления изделия «В»), регистрируются все действия в мельчайших подробностях (взял, закрепил, перешёл и т.п.). Рекомендуется снимать текущий процесс переналадки на видео для удобства проведения последующего анализа.
- 2) Разделение внутренних и внешних работ. На этом шаге производится анализ: все зафиксированные действия классифицируются на внутренние и внешние, а также на те, которые нужно обязательно сделать до остановки оборудования, во время остановки и после неё.
- 3) Перевод внутренних работ во внешние. Продолжается анализ, выделяются те действия, которые можно выполнить без остановки оборудования (предварительная сборка, корректировка, разогрев, подготовка инструмента, оснастки и т. п.);

Шаги реализации SMED (продолжение)

- 4) Сокращение внутренних работ. Выработка решений, позволяющих ликвидировать корректировки, настройки, выполнение упрощённых фиксаций, организация параллельного выполнения работ и т.п. На этом шаге может потребоваться изменение конструкции оснастки и приспособлений, что может потребовать значительных вложений средств;
- 5) Сокращение внешних работ. Выработка решений по улучшению логистики (подвоза оснастки, приспособлений, инструмента и т.п.), улучшению обслуживания, сокращению передвижений и т.п.

Методы реализации SMED

- 1) Отделение внутренних операций установки от внешних;
- 2) Преобразование внутренних операций установки к внешним;
- 3) Стандартизация функций, а не форм;
- 4) Использование функциональных зажимов или ликвидации крепежа вообще;
- 5) Использование промежуточных приспособлений;
- 6) Использование параллельных операций;
- 7) Устранение корректировок;
- 8) Механизация.

Быстрая переналадка



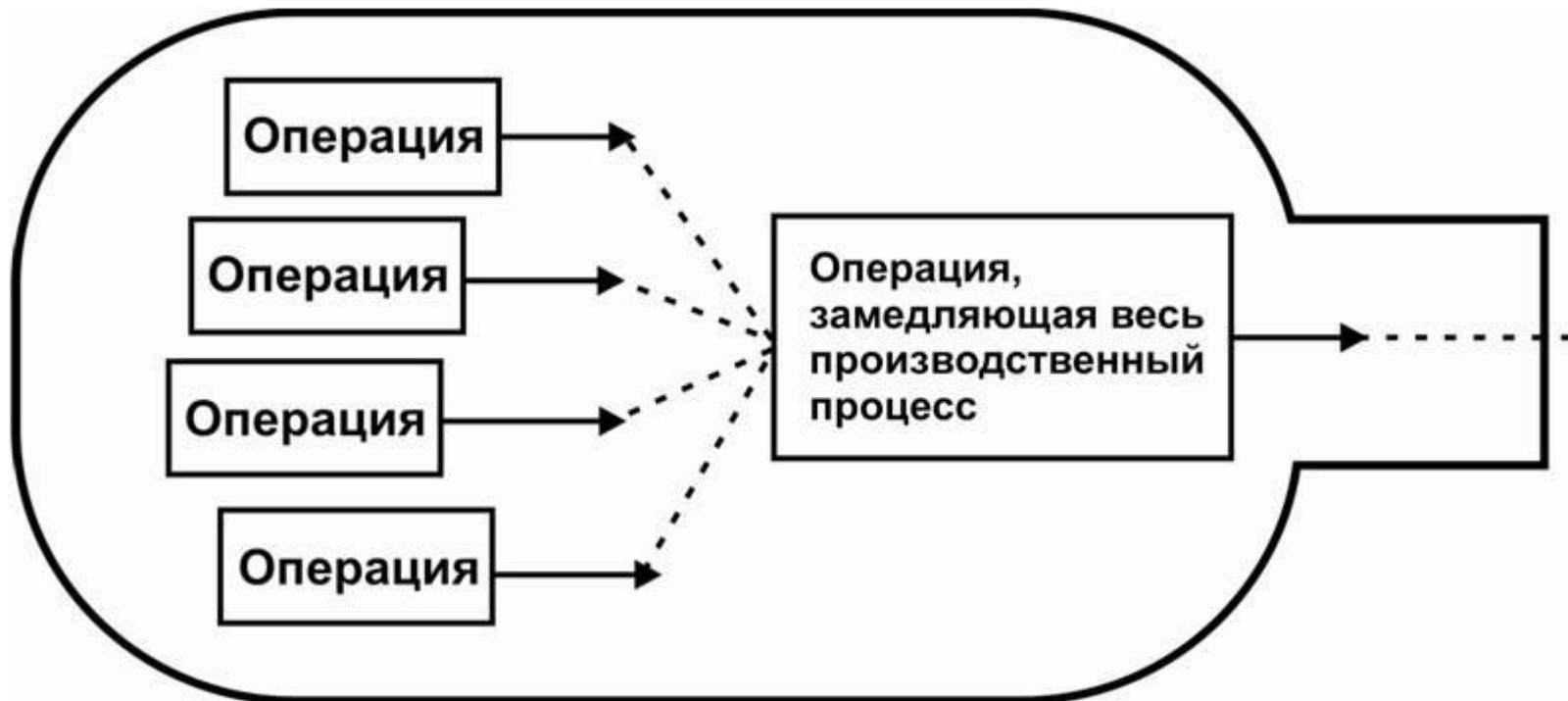


“Настанут времена, когда
вам и вашей команде,
подобно экспедиции
Колумба, станет чертовски
страшно. Упритесь.”

Помните, что маленький
остров может оказаться
огромным континентом”



4. «Бутылочное горлышко»



Bottleneck Analysis

//

**Правила
таковы, что
их нужно
нарушать**

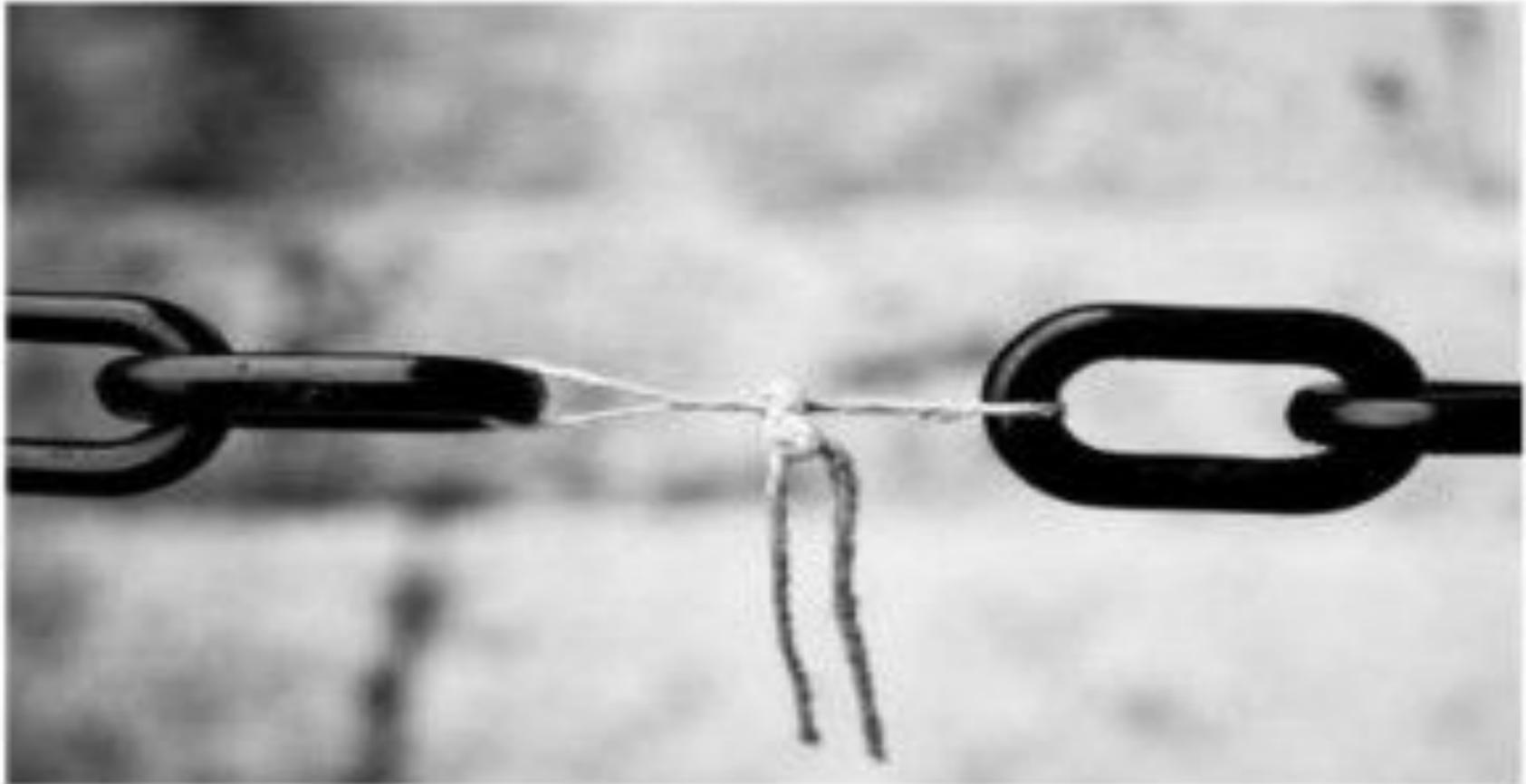
//

Элияху Моше Голдратт,

создатель теории ограничений;
израильский физик, который в
один прекрасный день стал гуру
управления



Теория ограничений ТОС (Theory Of Constraints)



**ПУТЬ К НЕПРЕРЫВНОМУ УЛУЧШЕНИЮ ЛЕЖИТ
ЧЕРЕЗ САМОЕ СЛАБОЕ ЗВЕНО (ОГРАНИЧЕНИЕ)**

«Бутылочное горлышко»

- Обозначение любого ограничения в системе, «узкого места»;
- Из-за бутылочного горлышка часть чего-то, что должно было быть перемещено, либо вообще не перемещается, либо перемещается дольше, чем это было бы возможно, если бы перемещено должно было быть меньшее количество, в результате чего возникает затор;
- Поиск бутылочного горлышка в методологии бережливого производства (lean) необходим для того, чтобы:
 - расширить его или
 - выровнять объемы производства, чтобы излишки произведенной продукции не скапливались у “горловины”.

Теория ограничений ТОС

- Возникла в 1980-е гг. благодаря работам Элии Гольдратта («Цель», «Новая цель», «Критическая цель», «Цель 2»).
- ТОС основывается на единственной цели компании — зарабатывании денег. Предприятие рассматривается как система ресурсов, связанных между собой процессами, в которых они участвуют. Все ресурсы работают на достижение цели, что является единственным критерием успеха или неудачи. Любая организация рассматривается как одна или несколько последовательных и параллельных цепей. Очевидно, что возможности организации будут равны возможностям одного или нескольких слабых звеньев («бутылочных горлышек»), которых согласно ТОС не должно быть много. Под ограничением понимается все, что мешает системе на пути к достижению цели.

Устранение ограничения

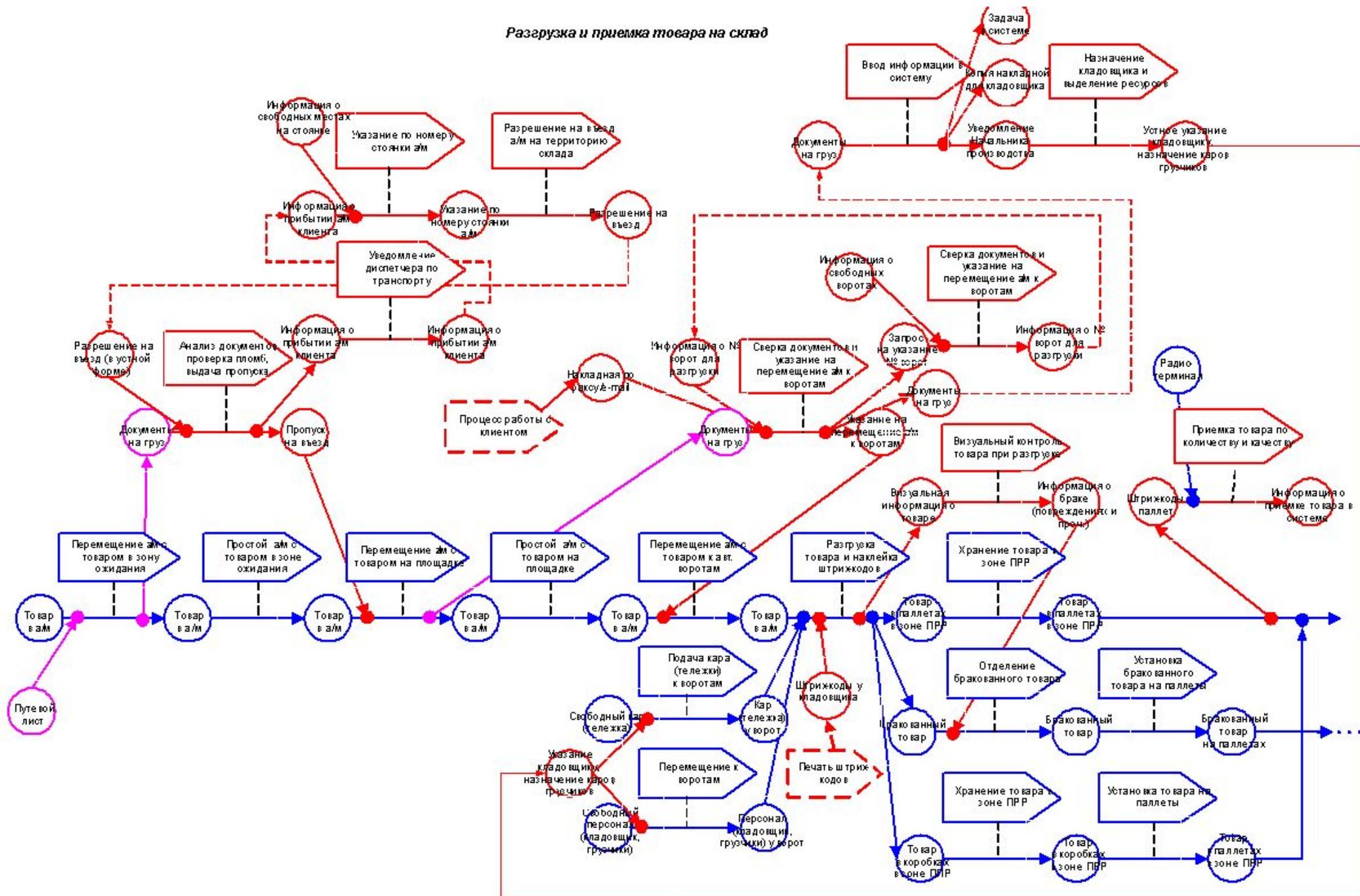
- 1) Выявить ограничения системы («бутылочные горлышки») – критический ресурс, узкие места в процессе производства;
- 2) Определить способы наиболее эффективного использования «бутылочного горлышка»;
- 3) Сделать все возможное, чтобы «бутылочное горлышко» использовалось наиболее эффективно и оптимально. Подчинить ограничению все остальное;
- 4) Повысить пропускную способность «бутылочного горлышка» (то есть устранить его, например, за счет привлечения дополнительных ресурсов);
- 5) Вернуться к первому шагу, то есть не позволить инерции (старым методам управления, разработанным на втором и третьем шаге) превратиться в новое ограничение.

ТОС-опыт

- Теорией ограничений пользуется 3-5 % компаний в мире, включая Motorola, Intel, Philips, Boeing, Procter and Gamble и др.;
- ТОС с успехом применялась как производственными компаниями, так и торговыми;
- Именно применение ТОС в свое время позволило General Motors опередить показатели Toyota Motor, ее главного конкурента, а Президент Toyota обязал весь свой топ-менеджмент прочитать книгу «Цель».

5. Картирование потока создания

Разгрузка и приемка товара на склад



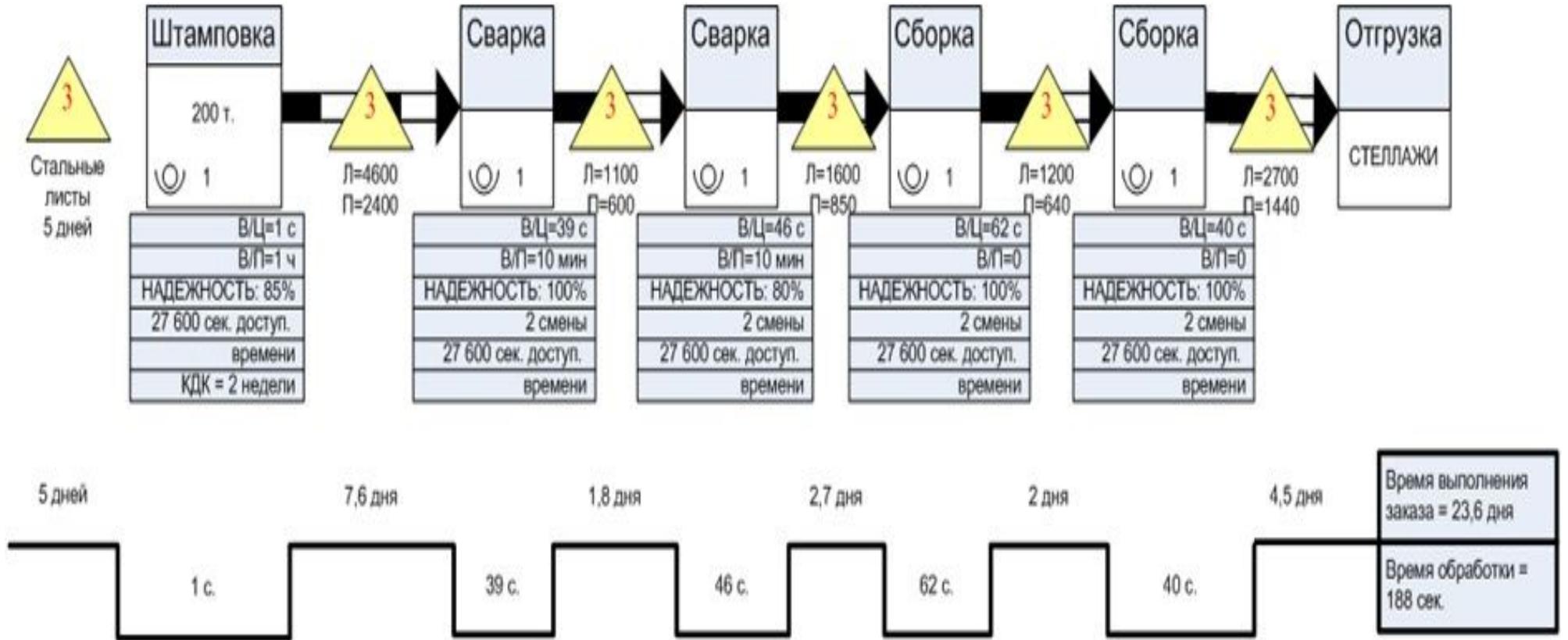
Карта потока создания ценности

- В идеале необходимо создать непрерывный поток, эффективно обеспечивающий добавление ценности, с максимальным сокращением времени, когда незавершенная работа находится без движения;
- Потоки могут быть материальными и информационными;
 - Материальный поток становится на выходе продуктом, его можно потрогать, увидеть, понять, как он преобразуется и движется;
 - Информационные потоки, отображаемые в КПСЦ, влияют на материальные в плане количества и направления движения, но не составляют какой-либо части нового продукта.

Картирование потока создания ценности VSM (Value Stream Mapping)

- Самый распространенный метод выявления потерь в потоке изготовления определенного продукта;
- Карта потока создания ценности (КПСЦ) — простая и наглядная графическая схема, изображающая материальные и информационные потоки, необходимые для предоставления продукта или услуги конечному потребителю;
- КПСЦ дает возможность сразу же увидеть узкие места потока и на основе его анализа выявить все непроизводительные затраты и процессы, разработать план улучшений.

Общий вид КПСЦ



Картирование потока

- Визуализированное описание в определённой форме потока (материального, информационного) создания ценности бизнес-процесса;
- Производится в условиях «как есть», «как должно быть» и «как будет»;
- Карта потока создания ценности позволяет чётко определить время создания ценности и потери, существующие в потоке создания ценности.
- Поток создания ценности — все действия (добавляющие и не добавляющие ценность), нужные, чтобы произвести продукт.

Картирование потока создания ценности

- Размер потерь — 80% и более;
- Время создания ценности - это время выполнения работ, которые преобразуют продукт так, чтобы потребители были готовы платить за него.
- Поскольку нужды потребителя непрерывно растут, то и процесс улучшений тоже непрерывен, так как он направлен на трансформацию нужд потребителя в конкретную продукцию.

Этапы картирования потока создания ценности

- 1) **Документирование карты текущего состояния:** подробное описание процесса создания какого-либо одного продукта (или семейства продуктов) с указанием всех операций и состояний, необходимого времени, количества работников, информационных потоков и т. д.
- 2) **Анализ потока производства:** часть действий может быть оптимизирована или сокращена, другая необходима (например, по законодательству, бухгалтерия). Выясняются требования заказчика к качеству и свойствам продукта. Определяются характеристики продукта, которые нельзя изменять ни при каких условиях и характеристики, которые можно изменить по согласованию. Только на основании такой информации можно точно определить, где создается потребительская ценность, а где нет.

Этапы картирования потока создания ценности

- 3) Создание карты будущего состояния: идеальное состояние после проведения всех намеченных изменений. Производится также выявление скрытых потерь с целью их последующего устранения;
- 4) Разработка плана по улучшению: Определение методов перехода к будущему состоянию, назначение конкретных задач, сроков и ответственных за реализацию.

Пример создания КПСЦ

- В цехе №1 деталь подвергается 3-м процессам обработки на 3- рабочих местах.
- На рабочем месте №1 деталь отрезается в размер.
- На рабочем месте №2 деталь проходит токарную обработку.
- На рабочем месте №3 деталь проходит фрезерную обработку.
- В цехе №2 на рабочем месте №4 деталь собирается в сборочную единицу и передается на склад готовой продукции.

Схема задачи

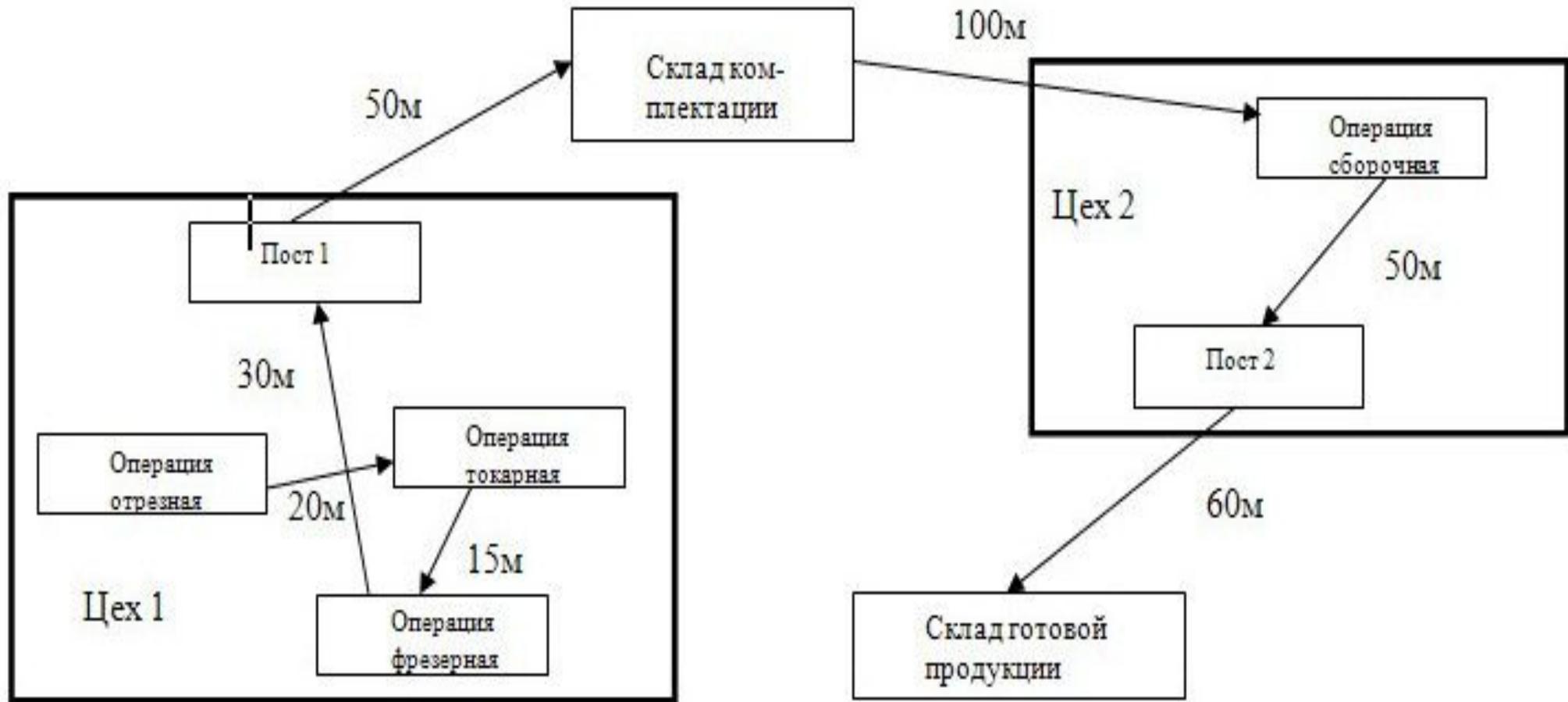


Рисунок 1 – Текущее состояние обработки детали в цехах №1 и №2

Характеристики исходного процесса

- Общая длительность процессов обработки детали 69 700 сек., при этом оперативное время (время создания ценности) — 4150 сек. Большая часть процесса выполняется непроизводительно;
- Самая длительная непроизводительная операция — хранение (56000 сек., 80,3% общего времени процесса);
- Нерациональное размещение рабочих мест не позволяет получить высокой ценности процесса обработки рассматриваемой детали.

КПСЦ будущего состояния процесса изготовления детали

Таблица 2 – Карта потока создания ценности будущего состояния производственного процесса изготовления детали

№ п/п		15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Итого
Действие, операции		Хранение	Транспортировка на склад готовой продукции	Контроль ОТК	Транспортировка на контрольный пост 2	Операция сборочная	Транспортировка на сборочную операцию	Хранение	Транспортировка на склад комплектации	Контроль ОТК	Транспортировка на контрольный пост 1	Операция фрезерная	Транспортировка на фрезерную операцию	Операция токарная	Транспортировка на операцию токарную	Операция отрезная	
Место реализации действий		Склад готовой продукции		Пост 2	Цех 2	Цех 2	Цех 2	Склад комплектации		Пост 1	Цех 1	Цех 1	Цех 1	Цех 1	Цех 1	Цех 1	
Время создания ценности	сек					2000						850		300		250	3400
Время в течение, которого ценность не создается	Транспортировка	сек	300		120												420
		м	20		10												30
	Контроль	сек		600		200						50		50		50	950
	Переналадка	сек										300		300		300	900
	Хранение	сек	5000														5000
Общее время выполнения операции	сек	5000	300	600	120	2200						1200		650		7100	10670
Запасы	шт.					10											10
НЗП	шт.	10				10											20
Количество операторов	чел.	1	1	1	1	1						1					6

Сравнение исходного и будущего состояния процесса изготовления детали

- Общая длительность процесса сократилась на 59 030 сек., т. е. В 6,5 раза;
- Доля производительного времени выросла с 5,59% до 31,86%;
- Значительно сократилось время хранения;
- Запасы и незавершенное производство также значительно сократились.

Сравнение исходного и будущего состояния процесса

Таблица 3 – Сравнительный анализ параметров текущего и будущего состояния производственного процесса

Параметры	Ед. измер.	Текущее состояние	Будущее состояние
Время создания ценности	сек.	4150	3400
Транспортировка	сек.	4690	420
	м	325	50
Контроль	сек.	1900	1850
Переналадка	сек.	2580	1500
Хранение	сек.	56000	10000
Общее время выполнения операции	сек.	69700	17170
Запасы	шт.	965	10
НЗП	шт.	250	20
Количество операторов	чел.	15	6
Экономический эффект			

Пространственное расположение рабочих мест после улучшений процесса

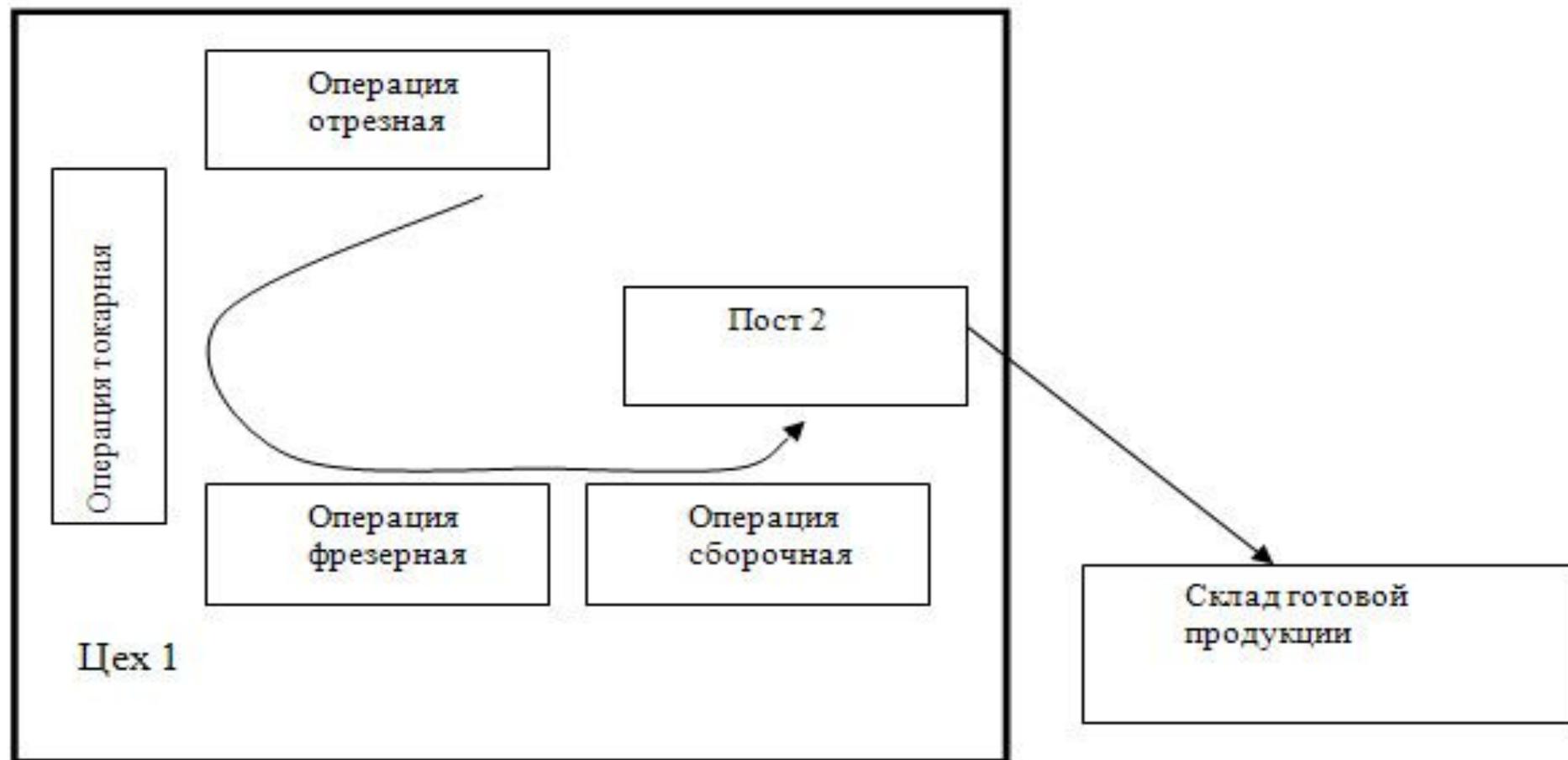


Рисунок 2 – Будущее состояние обработки детали в цехе №1

Пояснения

- Все рабочие места по процессу изготовления детали теперь находятся в цехе 1;
- Рабочие места организованы в U-образную ячейку;
- 3 операции (отрезная, токарная и фрезерная) теперь доступны одному оператору;
 - Благодаря всему этому сокращено время перемещения деталей на перемещения от одного рабочего места к другому, время временного хранения на складе комплектующих, количество незавершенного производства, количество операторов и площади.

Пояснение (дополнительно)

- Чтобы достичь намеченных показателей, потребовалось также внедрить ряд инструментов бережливого производства:
 - для сокращения количества операторов проведет хронометраж работы операторов на всех рабочих местах, выделена ручная работа оператора и машинное время работы оборудования. Затем разработан «стандарт работы оператора» с учетом того, что оператор должен выполнять ручную работу одновременно с обработкой детали на оборудовании;
 - для сокращения времени цикла выполнения операций внедрена система 5S – «Упорядочение»;
 - для сокращения времени переналадки оборудования использованы элементы системы SMED;
 - для сокращения простоев из-за неисправности оборудования внедряется система TPM.
 - для сокращения времени контроля качества применяется подход РОКА УОКА;
 - для сокращения незавершенного производства, простоев из-за несвоевременной доставки материалов, комплектующих используются принципы JIT.
- Только такое комплексное решение производственных проблем позволит сократить потери в исследованном производственном процессе и на этой основе повысить его эффективность.

КПСЦ

- КПСЦ – это «Схема, изображающая каждый этап материального и информационного потока, необходимых для того, чтобы выполнить заказ потребителя» (ГОСТ Р 56020-2014).
- КПСЦ текущего состояния:
 - Все данные для построения КПСЦ текущего состояния должны быть собраны единовременно, поэтому она должна быть построена за один день;
 - КПСЦ всегда рисуют от руки фломастером на бумаге. В построении принимают непосредственное участие все члены команды.

КПСЦ текущего состояния

КПСЦ должна содержать:

- 1) Требования заказчика;
- 2) Возможности поставщика;
- 3) Материальные потоки;
- 4) Информационные потоки;
- 5) Запасы: сколько штук и сколько времени;
- 6) Сведения об этапах/операциях процесса.
Например, для операций механобработки — время обработки, размер партий, время переналадки, процент брака и доработки, доступность оборудования, сменность, персонал, время цикла и др.

КПСЦ текущего состояния (продолжение)

- 7) Разделение этапов/операций на создающие ценность и не создающие ценность.
- 8) Расчет эффективности потока создания ценности:

Коэффициент эффективности = $\frac{\text{Время создания ценности (обработки)}}{\text{Время производственного цикла}}$.

Время производственного цикла всего процесса можно определить как сумму времени производственных циклов этапов/операций.

КПСЦ текущего состояния (продолжение)

Для ситуации, когда запасы по всему процессу значительно превышают потребность заказчика время производственного цикла будет определяться потребностью заказчика. В этом случае:

Время производственного цикла (дней) = $\frac{\text{Запасы (штук)}}{\text{Потребность заказчика (штук/день)}}$

9. Первопричины потерь и препятствия, не позволяющие обеспечивать требуемый уровень эффективности потока создания ценности.

Этапы создания КПСЦ текущего состояния

- 1) Определить объект для анализа (семейство продуктов, продукт, процесс);
- 2) Собрать команду;
- 3) Определить лидера;
- 4) Всей командой быстро пройти по потоку, начиная с выхода процесса (отгрузки заказчику);
- 5) Определить и зафиксировать требования заказчика;
- 6) Определить и зафиксировать возможности поставщика;

Этапы создания КПСЦ текущего состояния (продолжение)

- 7) Определить объем и стратегию сбора данных о процессе (операциях, запасах, информационных потоках и особенностях управления), подготовить бланки для сбора данных;
- 8) Разделить весь процесс (объекты сбора данных) между членами команды;
- 9) Собрать данные, двигаясь по фактическим путям материальных и информационных потоков, измеряя время, считая запасы и общаясь с непосредственными исполнителями;

Этапы создания КПСЦ текущего состояния (продолжение)

- 10) Нанести собранную информацию на бумагу;
- 11) Рассчитать эффективность потока создания ценности;
- 12) Выполнить анализ собранных данных с целью выявления потерь, препятствий достижения целевой эффективности и возможностей для улучшений. Все выявленные причины нанести на КПСЦ;

Результаты КПСЦ текущего состояния

- 1) Визуальное представление текущего состояния потока создания ценности, обеспечивающее однозначное видение ситуации участниками процесса;
- 2) Собрана необходимая информация для определения целевого состояния процесса и выработки решений по совершенствованию процесса.

Далее строится КПСЦ будущего состояния (аналогично) и т. п. В итоге создается план по улучшению.