



ИНСТИТУТ
КОМПЛЕКСНЫХ
СТРАТЕГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Сигео Синго

ИЗУЧЕНИЕ ПРОИЗВОД- СТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ

С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВ

Прочитав книгу С. Синго, понимаешь, что это именно то недостающее звено в потоке публикаций о производственной системе Тойоты, без которого невозможно сколько-нибудь осознанное понимание принципов производства в этой компании. На мой взгляд, книга имеет исключительное практическое значение для организаций, вставших на путь улучшений, поскольку отвечает не просто на вопрос, *что* такое производственная система Тойоты, а приоткрывает завесу того, *как* организовать производство, чтобы исключить потери.

Евгений Можаяев,
*заместитель главного инженера по развитию.
Ярославский завод резинотехнических изделий*

Первое и главное, что восхищает в идеях Сигео Синго, это их простота и практичность. Об эффективном производстве написаны тысячи книг. Однако в немногих из них найдешь столь же скрупулезный, отточенный в своей прикладной аргументации подход к достижению выдающихся результатов.

Евгений Карасюк,
редактор отдела менеджмента журнала «Секрет фирмы»

Среди людей, которые формируют современный менеджмент, Сигео Синго занимает особое место. Он сочетал в себе глубокие инженерные знания и удивительную изобретательность. Сигео Синго был соавтором производственной системы Тойоты и сумел рассказать о ней в этой книге точно, четко и в свойственной только ему манере. В ходе работ по созданию производственной системы Тойоты он создал свою знаменитую «быструю переналадку», а также эффективные инструменты предотвращения непреднамеренных ошибочных действий (пока-ёкэ). Читатель не пожалеет о времени, уделенном изучению этой книги.

Ю.П. Адлер

Хоть идеи этой системы нам не новы, но настолько отшлифованы кропотливым трудом японцев за десятилетия, что заслуживают изучения их самым тщательнейшим образом...

А.И. Титов,
*заместитель генерального директора ОАО «Промтрактор»
по производственно-техническим вопросам*

Замечательный первоисточник классики Лин и при этом, как всегда у Синго, хорошо систематизированный источник массы исключительно прикладных идей. Многие из них, несмотря на солидный возраст издания, вы и сегодня можете успешно применить для улучшения своих процессов. Книга будет достойным помощником для руководителей и специалистов, стремящихся построить производственную компанию мирового уровня.

Алексей Баранов, директор
центра «Оргпром»

Жизнь сегодня в корне меняет принципы дальнейшего развития производств. На смену массовому производству пришло дискретное производство. На смену крылатой фразе 80-х годов ушедшего столетия — «*know-how*» («знаю как») приходит «*know-how-why*» («знаю как, почему»). Концепции производственной системы Тойоты, описанные в книге с одноименным названием ее идеологом Тайити Оно, раскрываются замечательным образом в труде его коллеги Сигео Синго «Изучение производственной системы Тойоты».

Эта монография — поистине «библия современного производства» ...

Александрычева Т.В., Логинов В.С.,
координаторы проекта совершенствования
производственной системы,
ОАО «Промтрактор»

Книга Сигео Синго «Изучение производственной системы Тойоты» содержит обширный материал по изучению и развертыванию бережливого производства на предприятии и внедрению инструментов системы Кайдзен.

Очень качественный перевод, доступный язык, что позволяет легко усвоить изложенные темы.

Кузьмичёв А.Н.,
ведущий менеджер Дирекции по организации
производственной системы,
Ярославский завод дизельной аппаратуры

Программа непрерывного повышения качества в Globe Metallurgical полностью построена на методах доктора Синго. Благодаря этому мы выиграли премию качества Malcolm Baldrige среди малых предприятий и премию им. Сигео Синго за лучшую организацию производства. Мы рекомендуем применять концепции д-ра Синго всем, кто хочет достигнуть высоких результатов в производительности и качестве.

Арден Симе,
президент Globe Metallurgical,
Severely, Ohio

Прочитав множество книг по JIT и канбан, я могу сказать совершенно точно, что в этой книге вы найдете ответы на все вопросы, которые у вас еще остались.

проф. Дж. Блэк,
Department of Industrial Engineering,
Auburn University

Данная работа доктора Синго безусловно убедит еще больше людей, которые работают в сфере производства, внедрить на своем предприятии систему JIT. Для многих это будет первым шагом к успеху в будущем. Читатели смогут познакомиться с идеями доктора Синго, которые отражают фантастическое стремление применять здравый смысл во всем, что касается организации производственных процессов.

Кеннет МакГвайр,
президент Manufacturing Excellence Action Coalition

Shigeo Shingo

**THE STUDY
OF THE TOYOTA
PRODUCTION SYSTEM**

From an Industrial Engineering Viepoint

PRODUCTIVITY PRESS

Сигео Синго

**ИЗУЧЕНИЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ**

с точки зрения организации производства

Перевод с английского

**ИНСТИТУТ
КОМПЛЕКСНЫХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
МОСКВА • 2006**

**УДК 65.0(07) ББК
65.290-2я7 С-38**

Перевод с англ. Центр «Приоритет» Под редакцией Вячеслава Болтрукевича

Originally published as Study of Production System from Industrial Engineering Viewpoint.
Copyright © 1981 by Shigeo Shingo.

Original English language edition published by Japan Management Association, 3-1-22 Shiba Park, Minato-ku, Tokyo, Japan.
Re-translated into English by Productivity Press, a division of The Kraus Organization, Ltd.

English re-translation copyright © 1989 by Productivity Press, a division of Kraus Productivity Organisation, Ltd.

Translation rights arranged through Productivity Press.

Синго С.

С-38 Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства / Пер. с англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006. - 312 с.

ISBN 5-903148-03-4

В этой книге Сигео Синго разъясняет сущность производственной системы Тойоты, разработчиком отдельных элементов которой он сам и является.

Это первая книга, в которой автор не только описывает сущность производственной системы Тойоты, но и тщательно анализирует требования и условия, необходимые для внедрения отдельных ее элементов: визуальное управление, система «точно вовремя», автономизация и др.

Книга будет полезна всем, кто работает с производством, занимается преобразованиями и стремится к совершенствованию.

**УДК 65.0(07)
ББК 65.290-2я7**

Все права защищены. Никакая часть текста не может быть воспроизведена, сохранена в информационно-поисковой системе или передана в любой другой форме или любыми средствами без письменного разрешения владельцев ав торских прав.

ISBN 5-903148-03-4 (рус.)
ISBN 0-915299-17-8 (англ.)

- © Центр «Приоритет», перевод, предисловие к русскому изданию, 2006
- © Институт комплексных стратегических исследований, оформление, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

Об авторе.....	17
От российского издателя.....	26
Предисловие к русскому изданию.....	28
Предисловие английского издателя.....	31
Предисловие к японскому изданию.....	35
Предисловие к первому английскому изданию.....	46
Предисловие к новому английскому изданию.....	50
ЧАСТЬ I	
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД	
К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВА.....	55
<i>Введение</i>	57
Механизм производства.....	57
Выводы.....	58
<i>Глава 1</i>	
УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССОВ.....	59
Элементы процесса.....	59
<i>Основы анализа процесса</i>	59
Совершенствование процесса.....	61
Совершенствование контроля.....	64
<i>Сортировочный контроль и информативный контроль</i>	64
<i>Выборочный или сплошной 100 %-ный контроль?</i>	70
<i>Управление качеством и контрольные карты</i>	70
<i>Типы информативного контроля</i>	72
<i>Самоконтроль и последующий контроль</i>	72
<i>Улучшенный самоконтроль</i>	73
<i>Контроль источника дефектов</i>	75
<i>Методы контроля с использованием устройств пока-ёкэ</i> ..	76
<i>Регулирующие функции устройств пока-ёкэ</i>	76
<i>Установочные функции устройств пока-ёкэ</i>	77
<i>Выбор рабочего метода устройств пока-ёкэ</i>	77
Совершенствование транспортировки.....	80
Исключение хранения.....	81
<i>Устранение задержек процесса</i>	81
<i>Устранение хранения O</i>	81

Устранение хранения У.....	84
Устранение хранения Б.....	86
Заключение.....	88
Устранение задержек партий.....	89
Улучшения производства большими партиями.....	89
Совершенствование через транспортировку и SMED.....	90
Период заказ—поставка и укороченное производство.....	91
Выводы.....	94
<i>Глава 2</i>	
УЛУЧШЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ.....	95
Общие сведения об операциях.....	95
Совершенствование наладки (замена штампов и оснастки).....	96
МетодбиSMED.....	101
Метод 1 —разделение внутренних и внешних операций наладки.....	101
Метод 2 — преобразование внутренних действий во внешние.....	102
Метод 3 — стандартизация функций, а не формы.....	102
Метод 4 — применение функциональных зажимов или полное устранение крепежа.....	102
Метод 5 — использование дополнительных приспособлений.....	103
Методб—применение параллельных операций.....	105
Метод 7—устранение регулировок.....	105
Метод8—механизация.....	108
Четыре концептуальные стадии SMED.....	109
Стадия 1.....	109
Стадия2.....	109
Стадия3.....	109
Стадия4.....	109
Совершенствование основных операций.....	110
Отделение рабочих от станков.....	110
Развитие предавтоматизации или автономизации.....	112
Совершенствование сопутствующих действий.....	114
Выводы.....	115
<i>Глава 3</i>	
ВЫВОДЫ ПО СОЗДАНИЮ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗ ЗАПАСОВ.....	116
Естественно возникающие запасы.....	116
«Неизбежные» запасы.....	116

Часть II ИЗУЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА.....	119
---	-----

Глава 4

ПРИНЦИПЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ.....	121
Что такое производственная система Тойоты?.....	121
Основные принципы.....	122
Потери от перепроизводства	122
«Точно вовремя»	123
Отделение рабочего от станка	123
Низкий уровень использования оборудования	126
Многостаночное обслуживание и низкие скорости работы. 126	
Планирование оборудования и низкие скорости работы ... 127	
Применение хирургического вмешательства	128
Основы управления производством.....	129
Использование беззатратного принципа	129
Устранение потерь	130
Устранение потерь за счет фундаментальных улучшений процесса.....	131
Устранение потерь за счет фундаментальных улучшений операций.....	133
Совершенствование обработки и необходимых операций .. 136	
Серия вопросов «5W + 1H» и пятикратное «почему?».....	136
Массовое производство	
и производство крупными партиями	137
К производству, основанному на заказах.....	139
Характеристики производства, основанного на заказах.....	139
Основанное на заказах производство для сезонного спроса....	140
Соотношение между циклом производства и периодом удовлетворения заказов.....	141
Ускоренная поставка и производство, основанное на заказах.....	141
Точные исследования рынка.....	142
Планирование производства, основанного на заказах.....	143
Система «Супермаркет»	145
Сравнение производственных систем Форда и Тойоты ...	147
Три основных различия.....	147
Выводы	150

Глава 5

МЕХАНИЗМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ

УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА: УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ГРАФИКОМ И ПРИНЦИП «ТОЧНО ВОВРЕМЯ».....	151
Управление производственным графиком и принцип «точно вовремя».....	152
Планирование производства	152
Управление производственным графиком и беззапасное производство	152
Отсутствие запасов и «точно вовремя».....	152
Семь принципов сокращения цикла производства.....	153
Внедрение системы SMED	161
переедниSMED.....	162
Важные аспекты системы SMED.....	163
Функциональные зажимы.....	164
Устранение регулировок.....	167
Выгоды системы SMED.....	169
Гибкость возможностей	170
Реагирование на повышение спроса.....	170
Реагирование на снижение спроса.....	171
Устранение дефектов	173
Контроль для предупреждения дефектов.....	173
Сплошной (100 %-ный) контроль.....	173
Пока-ёкэ — только средство.....	174
Устранение поломок станков	176
Визуальный контроль.....	176
Реальные решения: предупреждение повторения.....	176

Глава 6

МЕХАНИЗМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ

УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА: ВЫРАВНИВАНИЕ И СИСТЕМА «НАГАРА».....	178
Что такое выравнивание?.....	178
Балансирование нагрузки и возможностей	179
Сегментированное и смешанное производство	182
Характеристики планов загрузки.....	182
Снижение запасов готовой продукции.....	182
Сегментированное производство и периоды планирования.....	183
Системы сегментированного производства и производства малыми партиями	184

Комплексная система смешанного производства компании Toyota	186
<i>Преимущества и недостатки смешанного производства ..</i>	187
<i>Выбор между системами сегментированного и смешанного производства</i>	188
Выравнивание и отсутствие запасов	190
Система «нагара».....	191
Выводы по главам 5 и 6	193
Глава 7	
МЕХАНИЗМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ	
УЛУЧШЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ.....	196
Компоненты операций.....	196
<i>Подготовка и последующая регулировка</i>	196
<i>Главные операции</i>	197
<i>Сопутствующие действия</i>	198
Стандартные операции.....	198
<i>Стандартные операции и производственная система Тойоты</i>	198
<i>Три временных аспекта стандартных операций</i>	200
<i>Аспект прошлого</i>	201
<i>Аспект настоящего</i>	202
<i>Аспект будущего</i>	202
<i>Типы карт стандартных операций</i>	203
От рабочего к станку.....	204
Снижение затрат на рабочую силу.....	205
<i>Совершенствование методов работы</i>	205
<i>Улучшения движений человека</i>	205
<i>Улучшения движений станка</i>	206
<i>Механизация движений человека</i>	206
<i>Экономия труда, сокращение рабочей силы и минимальная рабочая сила</i>	207
<i>Количественное и качественное сокращение рабочей силы</i>	208
<i>Интеграция ожидания и сопутствующих действий</i>	210
<i>Размещение оборудования и эффективность рабочего</i>	211
<i>Применение многостаночного обслуживания</i>	213
<i>Время работы человека и станка</i>	216
<i>Автономизация: автоматизация с элементами человеческого интеллекта</i>	217
<i>Кредавтоматизации</i>	219

Применение системы SMED	220
Структура производства и производственная система Тойоты.....	221
Основные особенности производственной системы Тойоты	221
Особенности процессов	221
Особенности операций	222
 <i>Глава 8</i>	
ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМЫ КАНБАН	224
Моя первая встреча с системой канбан.....	224
Разработка метода точки заказа.....	225
Соотношение между тонкой заказа и запасом	225
<i>Стадия 1</i>	229
<i>Стадия 2</i>	229
<i>Стадия 3</i>	229
<i>Стадия 4</i>	230
<i>Стадия 5</i>	230
<i>Стадия 6</i>	230
<i>Стадия 7</i>	231
Влияние колебаний в потреблении	232
<i>Колебания, происходящие перед достижением точки заказа</i>	232
<i>Колебания, происходящие после достижения точки заказа</i>	233
Супермаркеты и система канбан.....	234
Карточки и система канбан.....	236
Основные функции карточек	236
Сколько карточек использовать?	237
Как циркулируют канбаны	239
Циркуляция канбанов и точка заказа	241
Функции регулирования системы канбан	243
<i>Нагрузки не подвержены ежедневным колебаниям</i>	243
<i>Нагрузки подвержены ежедневным колебаниям</i>	243
Функции улучшения системы канбан	244
Выводы	245
 <i>Глава 9</i>	
НЕКОТОРЫЕ ВТОРОСТЕПЕННЫЕ, НО ВАЖНЫЕ ВОПРОСЫ	247
Производственная система Тойоты: пояснение.....	247
Устранение семи видов потерь	247
<i>Процессы</i>	247

Операции.....	250
Интеграция системы канбан и производственной системы Тойоты	251
Правило 1.....	251
Правило 2.....	251
Правило 3.....	252
Правило 4.....	252
Правило 5.....	252
Правило б.....	253
Распространение системы на поставщиков.....	253
Производственная система Тойоты и MRP.....	254
<i>Глава 10</i>	
БУДУЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ..	256
Движение к «точно вовремя».....	256
От системы SMED к наладке в одно касание.....	257
Автоматические замены	257
Методы без касания	259
Разработка системы совершенного производственного потока.....	260
Расширение и распространение смешанного производства..	261
Развитие системы канбан.....	262
Сокращение трудовых затрат.....	262
Развитие операций многостаночного обслуживания.....	263
Устранение поломок и дефектов.....	264
Повышение гибкости производственных возможностей.....	264
Вовлечение поставщиков.....	265
<i>Глава 11</i>	
ВНЕДРЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ.....	266
Стадия подготовки.....	266
Процесс.....	267
Операции.....	268
Совершенствование производственной системы.....	269
Система буферного запаса	269
К переналадкам с системой SMED	270
Сокращение цикла производства	271
Начало интегрированного поточного производства.....	271
Применение системы «нагара» как строительного блока..	272
JK* совершенному интегрированному поточному производству	273

<i>К сегментированной производственной системе</i>	273
<i>Выравнивание и система смешанного производства</i>	274
<i>К многостаночному обслуживанию</i>	275
<i>К предавтоматизации</i>	276
<i>Вызов «нуль дефектов»</i>	277
К системе канбан.....	277
График внедрения производственной системы Тойоты.....	278
 <i>Глава 12</i>	
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ОТНОСИТЕЛЬНО	
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ	280
1. Принцип вычитания затрат.....	280
2. Безопасность: краеугольный камень устранения потерь ...	280
3. К потокам операций.....	281
4. Уменьшение времени переналадки.....	281
5. Устранение поломок и дефектов.....	282
6. Введение выравнивания и безопасного производства.....	282
7. К совершенному интегрированному поточному производству.....	282
8. Снижение затрат на труд: второй краеугольный камень устранения потерь.....	282
9. От механизации к автономизации.....	283
10. Поддержание и развитие стандартных операций.....	283
11. К системе канбан.....	284
Выводы.....	284
 <i>Послесловие</i>	290
 Алфавитный указатель.....	295
Книги ИКСИ.....	299

ОБ АВТОРЕ

Сигео Синго посвятил всю свою жизнь усовершенствованию производственных процессов. Всех, кто был лично знаком с г-ном Синго, потрясали его работоспособность и уверенность в том, что нет недостижимых целей. Он преодолел многие, казалось бы, неразрешимые проблемы, он не принимал оправданий и утверждений типа: «Это невозможно сделать» или «Это оптимальное решение». Он знал, что существует столько же путей достижения цели, сколько и тропинок, ведущих к вершине горы Фудзи.

Если Таити Оно знал, что надо делать, то Синго знал как. Понять масштаб изменений, вводимых Синго, поможет следующий пример. Переналадка 1000-тонного прессы на заводе Toyota занимала 4 часа. После первого этапа работ по оптимизации этот процесс стал занимать полтора часа. В итоге время переналадки удалось сократить до трех минут. Эта работа стала первым шагом к созданию SMED.

Разработанный вместе с Таити Оно принцип «точно вовремя» лег в основу производственной системы Тойоты, которая известна во всем мире.

Перечислять все награды Сигео Синго не имеет смысла, стоит лишь сказать, что премия, которую называют «Нобелевской премией в производстве», была названа в честь г-на Синго, а книга, которую вы держите в руках, в США называют «библией производства».

Карьера: 50 лет в сфере совершенствования производства

Период первый: частное предприятие

1924 Во время учебы в технической средней школе Сага прочитал книгу Тосиро Икеды «Секрет исключения усилий, не приносящих выгоды» (The Secret of Eliminating Unprofitable Efforts), которая произвела на него глубокое впечатление. (Считается, что это перевод диссертации Тейлора.)

1930 Окончил технический колледж Яманаси; поступил на работу на железную дорогу Тайпей.

1931 Работая техником в цехе литья в Тайпей, наблюдал за действиями рабочих и пришел к мысли о необходимости улучшений.

Читал отчеты об упрощении операций на предприятиях японских железных дорог и понял необходимость рационализации менеджмента предприятия.

Прочитал книгу Тейлора «Принципы научного менеджмента» (The Principles of Scientific Management), которая произвела на него большое впечатление. Принял решение посвятить жизнь изучению и претворению на практике принципов научного менеджмента. Прочитал много книг, включая работы Ёити Уэно и учебники, публикуемые Японской промышленной ассоциацией.

1937 С 1 сентября посещал Первый перспективный курс для промышленных инженеров, спонсируемый Японской промышленной ассоциацией. Тщательно изучил концепцию «подвижного ума» Кенъити Хорикоме.

1943 Переведен на Завод Amano (г. Йокогама) по приказу Министерства вооружений. В качестве начальника производственного отдела применял принцип потока на производстве глубинных механизмов торпед «воздух-вода», производительность выросла на 100%.

Период второй:

Японская ассоциация промышленного менеджмента

1945 По приказу Министерства вооружений переведен на завод Ishii Precision Mfg (префектура Ниигата), изготовителя торпедных глубинных механизмов.

После окончания войны назначен на завод Yasui Kogyo (Kita Kyushu). В апреле 1946 г. переехал в Таканабе-то в префектуре Миядзаки. Будучи в Токио, посещает г-на Исаму Фукуда в Японской ассоциации менеджмента, где был представлен председателю совета директоров г-ну Морикава. Его попросили участвовать в исследованиях на заводе фирмы Hitachi, Ltd. по производству автомобилей в г. Касадо. Впоследствии поступил на службу в Японскую ассоциацию менеджмента.

1946 Во время анализа одного из процессов на заводе Hitachi пришел к мысли, что «процессы» и «операции», которые раньше воспринимались как разрозненные понятия, образуют сеть «процессов и операций» — системное, синтетическое целое. Доложил об этом на технической конференции Японской ассоциации менеджмента.

- Изобрел метод классификации схожих операций путем подсчета числа невмешательств во время изучения компоновки на деревообрабатывающем заводе Hitachi, Ltd.
- 1948** Объяснил «действительную природу умения» в работе «Исследование производства банок на Ресо» (A Study of «Ресо» Can Operation) на заводе фирмы Toyo Steel в Ситамацу.
- В 1948-1954 гг.** руководил курсами производственных технологий. На курсе по производственным технологиям на фирме Hitachi, Ltd. (завод Fujita) заинтересовался вопросами компоновки производственных площадей.
- 1950** Усовершенствовал и внедрил метод определения компоновки оборудования, основанный на коэффициенте легкости транспортировки на медеплавильном заводе Furukawa Electric в г. Никко. Анализировал работу прессы на фирме Toyo Kogyo и пришел к мысли, что процесс переналадки состоит из «внутренних» и «внешних» операций. Это стало первой стадией создания системы SMED.
- 1954** Морита Масанобу из фирмы Toyota Motor участвовал в курсах по промышленным технологиям на фирме Toyoda Automatic Loom и добился поразительных результатов по возвращении на свою фирму. Это дало начало серии курсов по промышленной технологии в 1955 г. К 1982 г. было проведено 87 сессий курсов, в которых приняли участие примерно 2000 слушателей.
- 1955** Наблюдал за различными операциями на оборудовании в ходе первого учебного курса по промышленным технологиям на фирме Toyota Motor Corp., и его заинтересовали вопросы разделения функций между человеком и машиной.
- 1956** С 1956-го по 1958 г. возглавлял трехгодичный проект исследования производства на верфи Mitsubishi Shipbuilding в г. Нагасаки. Изобрел новую систему сокращения срока сборки супертанкеров сначала с четырех месяцев до трех, а затем и до двух. Эта система распространилась среди японских судостроителей и способствовала развитию судостроения.
- 1957** Для повышения эффективности механической обработки деталей двигателя на строгальном станке на верфи Mitsubishi Shipbuilding в г. Хиросима сконструировал дополнительный стол, произвел заблаговременную наладку с его использованием и одновременную замену заготовки и стола. Тем самым темп работы увеличен в два раза, что стало предвестником рождения центральной концепции системы SMED — перевода внутренних операций во внешние.

Период третий:***Институт совершенствования менеджмента (Япония)***

- 1959** Вышел из Японской ассоциации менеджмента и основал Институт совершенствования менеджмента.
- 1960** Ввел «систему последовательного контроля» с целью снижения уровня дефектов и внедрил эту систему на фирме Matsushita Electric в г. Мorigути.
- 1964** Фирма Matsushita Electric считала, что недопустим даже самый низкий уровень дефектов. Сделал вывод, что выборочный контроль недостаточен для обеспечения качества.
- 1965** Меры «по защите от дурака», предпринятые на Toyota Motor Corp., стимулировали поиск способов полностью устранить дефекты за счет системного совмещения концепций последовательного контроля, независимого контроля и контроля у источника с методами «по защите от дурака».
- 1966** Работа в качестве бизнес-консультанта на различных фирмах на Тайване, включая Formosa Plastic Co., Matsushita Electric и China Grinding Wheel Co.
- 1969** Усовершенствовал процесс переналадки 1000-тонного пресса на основном заводе фирмы Toyota Motor Corp. и сократил время переналадки с четырех часов до полутора. После этого руководство попросило сократить время переналадки до трех минут. Пришел к пониманию возможности перевода внутренних операций во внешние. Так родился системный метод перехода к SMED. Отметил разницу между механизацией и автоматизацией, когда на фирме Saga Ironworks у директора завода г-на Яйя возник вопрос, почему автоматы не обходятся без оператора. Это наблюдение выросло в концепцию «предавтоматизации» (идентична принятой на Toyota «автоматизации с человеческим лицом»).
- 1970** Награжден медалью «Золотая Лента» за вклад в оптимизацию судостроения и другие достижения.

Период четвертый: Институт совершенствования менеджмента (распространение за рубежом)

- 1971** Посетил европейские машиностроительные предприятия.
- 1973** Посетил европейские и американские машиностроительные предприятия.

1974 Читал лекции по SMED в DaimlerBenz, в ассоциациях промышленности литья под давлением в Западной Германии и Швейцарии.

В ходе этого визита наблюдал методы кокильного литья в вакууме на фирмах DaimlerBenz в Западной Германии и Buehler в Швейцарии.

1975 Развивал концепцию «ноль дефектов» на заводе стиральных машин фирмы Matsushita Electric в г. Сизуока.

Работал над совершенствованием технологических процессов, основанных на фундаментальных подходах, включая высокоскоростное нанесение гальванического покрытия, моментальную сушку и исключение разметки.

1976 Консультировал и читал лекции в Европе и США, широко пропагандируя SMED.

1977 Рассматривал систему *канбан* фирмы Toyota как систему работы без запасов и разрабатывал методологию этой системы.

1978 Посетил американскую корпорацию Federal-Mogul с целью консультирования по вопросам внедрения SMED.

Значительным успехом пользовался предлагаемый к продаже Японской ассоциацией менеджмента комплект аудиовизуальных слайдов по SMED и предавтоматизации.

1979 Большой успех имели продаваемые Японской ассоциацией менеджмента слайды по системе «ноль дефектов».

Снова посетил фирму Federal-Mogul для продолжения консультаций по SMED. Опубликован сборник результатов внедрения идей г-на Синго.

1981 Посетил французские автомобилестроительные фирмы Peugeot и Citroen для проведения консультаций.

Посетил Австралию для наблюдения за производством на фирмах Toyota (Австралия) и Borg-Warner.

1982 Посетил заводы Peugeot и Citroen во Франции, с удовлетворением отметил результаты применения SMED и работы без запасов. Читал лекции и консультировал на предприятиях фирмы Siemens в Германии.

Читал лекции в Мюнхене на тему «Производственная система Toyota — исследование с точки зрения промышленной технологии». Читал лекции в университете Chalmers в Швеции. Читал лекции в Чикагском университете.

Консультирование

Ниже приводится список компаний, где Сигео Синго проводил учебные курсы, читал лекции или консультировал по вопросам повышения производительности.

Отрасль	Название компаний	
ЯПОНИЯ Автомобилестроение, поставщики	Toyota Motor Car Co., Ltd. Toyota Auto Body Co., Ltd. Toyo Motor Car Co., Ltd. Honda Motor Co., Ltd. Mitsubishi Heavy Industries Co., Ltd. Daihatsu Motor Car Co., Ltd. Bridgestone Cycle Kogyo Co., Ltd. Yamaha Motor Co., Ltd.	Kanto Auto Works, Co., Ltd. Central Motor Car Co., Ltd. Arakawa Auto Body Co., Ltd. Koito Manufacturing Co., Ltd. (Car parts) Aishin Seiki Co., Ltd. (Parts of Motor Car, Diecast) Hosen Brake Co., Ltd.
Электротехника	Matsushita Electric Industrial Co., Ltd. Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd. Sharp Electric Co., Ltd. Fuji Electric Co., Ltd. Nippon Columbia Co., Ltd. (Stereo Disk) Stanley Electric Co., Ltd. Matsushita Electric Works Co., Ltd. Matsushita Jutaku Setsubi Kiki Co., Ltd. (House equipment)	Matsushita Denchi Kogyo Co., Ltd. (Lighting parts) Hitachi Co., Ltd. Sony Electric Co., Ltd. Mitsubishi Electric Co., Ltd. Yasukawa Electric Mfg. Co., Ltd. Kyushu Matsushita Electric Co., Ltd. Asahi National Lighting Co., Ltd. Matsushita Denchi Buhin Co., Ltd. (Electric parts) Sabsga Denki Co., Ltd. (Rectifier)
Точное машиностроение	Nippon Optical Co., Ltd. Sankyo Seiki Mfg. Co., Ltd. (Music Box)	Olympus Optical Co., Ltd.
Металлургия	Nippon Steel Co., Ltd. Toyo Steel Plate Co., Ltd. Mitsui Mining and Smelting Co., Ltd. Sumitomo Electric Industries, Ltd. Toyo Can Industry Co., Ltd.	Nippon Spring Co., Ltd. Togo Selsakusho Co., Ltd. (Spring) Nisshin Steel Co., Ltd. The Furukawa Electric Co., Ltd. The Fujikura Cable Works, Ltd. Hokkai Can Industry Co., Ltd. Chuo Spring Co., Ltd.
Машиностроение	Amada Co., Ltd. (Metallic Press Machine) Iseki Agricultural Machinery Mfg. Co., Ltd. Kanzaki Kokyu Koki Co., Ltd. (Machine Tools) Nippon Seiko Co., Ltd. (Bearings) Taiho Industry Co., Ltd. (Bearings) Asian Industry Co., Ltd. (Carburetor)	Aida Engineering, Co., Ltd. (Metallic Press Machine) Toyota Automatic Loom Works, Ltd. Kubota Ltd. (Engine and (Farming Machinery) Daikin Kogyo Co., Ltd. (Coolers) Nach-Fujikoshi, Co., Ltd. (Bearings, Cutters, etc.)

Отрасль	Название компаний	
Резинотехническая	Bridgestone Tire Co., Ltd. Nippon Rubber Co., Ltd.	Toyota Gosei Co., Ltd. Tsuki-Boshi Shoemaking Co., Ltd.
Стекольная	Asahi Glass Co., Ltd. Yamamura Glass Bottle Co., Ltd. Noritake China Co., Ltd.	Nippon Sheet Glass Co., Ltd. Onoda Cement Co., Ltd.
Судоостроение	Taiyo Fishery Co., Ltd.	
Горнодобывающая	Mitsui Mining Co., Ltd. Dowa Mining Co., Ltd.	Nippon Mining Co., Ltd.
Пищевая	Morinaga & Co., Ltd. (Confectionery) Hayashikane Sangyo Co., Ltd.	Snow Brand Milk Products Co., Ltd.
Текстильная	Katakura Industries Co., Ltd. Kanebo Co., Ltd. Daiwa Spinning Co., Ltd. Teikoku Jinken Co., Ltd.	Gunze Co., Ltd. Fuji Spinning Co., Ltd. Daido Worsted Mills Co., Ltd. Asahi Chemical Industry Co., Ltd.
Целлюлозно-бумажная	Jujo Paper Co., Ltd. Rengo Co., Ltd.	Oji Paper Co., Ltd.
Химическая	Showa Denko Co., Ltd. Tokuyama Soda Co., Ltd. Hitachi Chemical Co., Ltd. Shionogi Pharmaceutical Co., Ltd. Shiseido Cosmetics Co., Ltd.	Nippon Soda Co., Ltd. Ube Industries Co., Ltd. Nippon Kayaku Co., Ltd. Fujisawa Pharmaceutical Co., Ltd.
Другие	Nippon Gakki Co., Ltd. (Yamaha Plano) Saga Tekkosho Co., Ltd. Zojirushi Mahobin Co., Ltd. Iwao Jiki Kogyo Co., Ltd. Koga Kinzoku Kogyo Co., Ltd. (Metallic Press) Sanel Metallic Col., Ltd. (Metallic Press)	The Sailor Pen Co., Ltd. Nippon Baruka Kogyo Co., Ltd. Gihu Dai & Mold Engineering Co., Ltd. Dia Plastics Co., Ltd. Yasutaki Industrial Co., Ltd. (Metallic Press)
США	Federal-Mogul Corp. Omark Industries Storage Technology Corporation (Industrial products)	Livernois Automation Co., Ltd. Hewlett-Packard
ФРАНЦИЯ	Automobiles Peugeot	Automobiles Citroen
ВОСТОЧНАЯ ГЕРМАНИЯ	Daimler Benz Co., Ltd. Bayrisches Druckguss-verb Thurner KG Co., Ltd.	Verband Deutscher Druckgiessereien Co., Ltd. Beguform-Werke
ШВЕЙЦАРИЯ	Gebr Buhler Co., Ltd. H-Weidmann Co., Ltd.	Bucher-guyer AC Co., Ltd.

Отрасль	Название компаний	
ТАЙВАНЬ	Formosa Plastic Co., Ltd. Co., Ltd. Formosa Chemicals and Fiber Co., Ltd. China Grinding Wheel Co., Ltd. Matsushita Electric (Taiwan) Co., Ltd. Chin Fong Machine Industrial Co., Ltd. (Metallic Press)	Nanya Plastic Fabrication Plywood and Lumber Co., Ltd. Sunrise Plywood Co., Ltd. Taiwan Fusungta Electric Co., Ltd. (Speakers) Super Metal Industry Co., Ltd.
НИДЕРЛАНДЫ	Philips	

Список публикаций

Книги Сигео Синго изданы тиражом более 40 тысяч экземпляров на многих языках. Для удобства все названия здесь приведены на английском языке, даже если они были изданы только на японском.

«Ten Strategies for Smashing Counterarguments». Sakken to Kyoryoku [Practice and Cooperation], 1938.

A General Introduction to Industrial Engineering. Japan Management Association, 1949. Improving Production Control. Nihon Keizaisha, 1950. Production Control Handbook (Process Control). Kawade Shobo, 1953. Technology for Plant Improvement. Japan Management Association, 1955.

«Views and Thoughts on Plant Improvement», published serially in Japan Management, 1957. (Through the efforts of Mr. Gonta Tsunemasa, these essays were published together in a single volume by Nikkan Kogyo Shinbun.)

Plant Improvement Embodiments and Examples. Nikkan Kogyo Shinbunsha, 1957.

Don't Discard New Ideas. Hakuto Shobo, 1959.

Key Issues in Process Control Improvement. Nikkan Kogyo Shinbunsha, 1962.

Issues in Plant Improvement. Nikkan Kogyo Shinbun, 1964.

Techniques of Machine Layout Improvement. Nikkan Kogyo Shinbunsha, 1965.

Fundamental Approaches to Plant Improvement. Nikkan Kogyo Shinbunsha, 1976.

«The Toyota Production System — An Industrial Engineering Study», published serially in Factory Management (Nikkan Kogyo Shinbunsha), 1979.

A Systematic Philosophy of Plant Improvement. Nikkan Kogyo Shinbunsha, 1980.

The Toyota Production System — An Industrial Engineering Study. Nikkan Kogyo Shinbunsha, 1980. (Editions in English, French and Swedish have also been produced.)

The Single-Minute Setup — A Fundamental Approach. Japan Management Association, 1983.

«180 Proposals for Plant Improvement (Sayings of Shigeo Shingo)», published serially in Factory Management (Nikkan Kogyo Shinbunsha), 1980-1983.

От российского издателя

Книга, которую вы держите сейчас в руках, прошла долгий путь, прежде чем быть изданной в России. Первая публикация состоялась в Японии более 25 лет назад. Сигео Синго, стремясь разъяснить основные принципы производственной системы Тойоты специалистам западных стран, на собственные средства осуществил перевод и опубликовал свою книгу на английском языке. Несмотря на то, что перевод оказался весьма далек от совершенства, в первые годы было куплено более 30 тыс. экземпляров, а в Америке книгу Синго сразу после выхода стали называть «библией производства».

В 1988 году благодаря усилиям издательства Productivity, Inc. книга увидела свет в новом переводе.

Институт комплексных стратегических исследований с гордостью представляет книгу Сигео Синго русскоязычным читателям. Мы уверены, что эта книга поможет по-настоящему глубоко понять те принципы, на которых строится и столь успешно функционирует производственная система Тойоты в целом, а кроме того, осознать преимущества использования ее отдельных элементов.

Мы намеренно сделали обложку книги светлой и уверены, что она очень скоро перестанет быть белоснежной. Как известно, обувь хорошего менеджера не блестит (она стоптана, запылена и испачкана машинным маслом оттого, что большую часть времени он проводит в цеху, а не в офисе). Наша книга предназначена для работы, и нет смысла хранить ее, заботясь о чистоте обложки, за стеклом в шкафу.

Сигео Синго в этой книге часто ссылается на классический труд Тайити Оно «Производственная система Тойоты: Уходя от массового производства»*, русское издание которого осуществлено нашим институтом, и мы надеемся, что вы уже имели возможность с ним ознакомиться. Изучение каждой из этих книг в отдельности принесет огромную пользу, но еще больший эффект даст знакомство с обеими книгами, поскольку они взаимно дополняют друг друга.

Важно осознать, что фундаментальные принципы производственной системы Тойоты применимы не только в автомобильной

Оно, Т. Производственная система Тойоты: Уходя от массового производства, 2-е изд. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006.

отрасли и не только в промышленном производстве. Во многих странах эти принципы успешно реализуются в сфере услуг, в системе здравоохранения, инфраструктурных отраслях (например, ЖКХ). Хочется верить, что идеи, сформулированные Тайити Оно и Сигео Синго, будут приняты российским читателем и получают широкое распространение, помогая совершенствоваться каждому из нас, нашим предприятиям и нашей стране в целом.

Вячеслав Болтрукевич,

Институт комплексных стратегических исследований

Предисловие к русскому изданию

В последнее время появились многочисленные публикации на русском языке переводов книг японских и американских авторов, с разных сторон описывающих деятельность одного из лидеров японской промышленности — автомобильной компании Toyota.

На протяжении многих лет создавалась уникальность производственной системы Тойоты (TPS), которая позволила обеспечить успешное развитие компании в условиях медленного роста экономики страны. Заслуги массового производства, направленные на увеличение объемов выпускаемых партий, были очевидны в периоды высоких темпов роста экономики США и европейских стран. Однако в периоды медленного развития экономики прибыльность компаний будет определяться не объемами производства, а возможностями снижения производственных затрат и осуществлением управления по целевым издержкам (Target Costing). Поэтому для японской промышленности стали крайне важными поиск и устранение потерь в производственной и административной деятельности. Вот на поиск и устранение всевозможных потерь и направлена производственная система Тойоты, лозунг которой — «Неустанная погоня за совершенством».

Среди создателей системы Тойоты по праву можно назвать имена двух людей — менеджера, вице-президента компании Тайити Оно и консультанта, инженера, профессора Сигео Синго. Этот тандем двух талантливых специалистов позволил воплотить наяву философию создателей компании Toyota Сакити и Кийтиро Тойода и стать одним из мировых лидеров автомобилестроения.

Доктор Синго — блестящий специалист по организации производства, который начал сотрудничать с компанией Toyota в 1955 года. Он сумел понять, что причины большинства потерь любого предприятия находятся в сфере организации производства или обслуживания. Поэтому снижение себестоимости продукции за счет исключения всевозможных видов потерь возможно лишь за счет реорганизации производственного процесса. Как правило, проблемы с качеством легче всего обнаруживаются в сфере производства — они проще «визуализируются» по сравнению с проблемами в административной и офисной сферах. Но решение производственных проблем часто требует изменения организационных связей и систе-

мы управления. Вот почему в подходе Синго основной упор делается на производство, а не на менеджмент.

Гигантский вклад Синго в отношении качества связан с его идеей «Управление качеством, ориентированное на «О» дефектов» (Zero Quality Control), основывающейся на концепции «пока-ёкэ» (Рока-Йоке) и принципе «инспектирования (контроля) источника ошибки» (Source Inspections). Основная идея «бесконтрольного качества» состоит в остановке процесса, как только случается дефект, определении его причины и предотвращении возобновления источника дефекта. Поэтому не требуется никаких статистических выборок.

Другой очень важной идеей Синго стал принцип «одноминутной замены штампов» (Single-Minute Exchange of Die — SMED), позволившей многочасовую замену штампов сократить до единиц минут. Система SMED позволила оперативно реагировать на изменение в потребительском спросе, сокращать время производственного цикла, переходя к небольшим производственным партиям, и добиться устранения перепроизводства продукции.

Стилистика современного российского производства — это «цитаты и подражание». Многие люди полагают, что для осуществления новой организационной системы требуется только «знать *как*» (*know-how*) добиться успеха. Поэтому не случайно пользуются огромным спросом (а значит, выпускаются большими тиражами) книги по менеджменту, развитию бизнеса, финансам, написанные признанными западными «гуру». Большинство таких бизнес-книг содержат описания подходов руководителей компаний, добившихся успехов в той или иной сфере бизнеса. Однако для гарантированного успеха необходимо «знать *почему*» (*know-why*).

Применяя «ноу-хау» (*know-how*), можно успешно использовать систему при неизменных внешних и внутренних условиях, что является в наше бурное время большой редкостью. Используя «ноу-ау» (*know-why*), можно обоснованно и целенаправленно осуществлять то или иное действие и, следовательно, успешно справляться с изменяющимися ситуациями. Таким образом, формирование лишь умения пользоваться производственной системой Toyota не позволит российским предприятиям эффективно ее использовать в производственной деятельности, которая, наиболее вероятно, существенно отличается от условий компании Toyota. Следовательно, даже учитывая выгоду системы для Toyota, можно получить отрицательные результаты. Вот почему необходимо достичь полного понимания сущности производственной системы Тойоты. В связи с чем важно относиться с большой осторожностью к многим ранним пуб-

ликациям, в которых концепции и методы рассматриваются отдельно и односторонне, без очевидной координации.

Российская промышленность отягощена многими проблемами, и идеи, высказанные в данной книге, помогут осуществить глубокие и радикальные преобразования, ведущие к улучшению качества, повышению производительности, снижению издержек.

Особо нам хотелось бы подчеркнуть то, что все обсуждаемые принципы, методы, системы предполагают отсутствие барьеров между рабочими, менеджерами и собственниками.

При наличии барьеров, разрывов в целях, интересах и коммуникациях основных сил, вовлеченных в производственные процессы, усилия по применению всего прочитанного останутся бесполезными.

И еще одно важное обстоятельство. В наших промышленных компаниях, в большинстве своем созданных в советское время, имеется очень много потерь и проблем, далеких от тех, с которыми сталкивались зарубежные производители. Это избыточная, лишняя рабочая сила, натуральное хозяйство, очень высокий уровень вертикальной интеграции и тому подобное.

Решение этих проблем требует поиска своих подходов и, по всей видимости, должно быть первичным в процессах преобразования. Невнимание к своим уникальным особенностям, нежелание в них разобраться могут сделать бесполезным и применение превосходных концепций, рассказанных С. Синго.

Мы надеемся, что публикация на русском языке книги Сигео Синго откроет для российского читателя серию книг этого замечательного ученого, которые будут интересны как менеджерам, так и инженерам.

В.А. Липидус, д.т.н.,
академик Международной академии качества (IAQ),
генеральный директор центра «Приоритет»

М.Е. Серов, к.т.н.,
главный специалист центра «Приоритет»,
переводчик книги

Предисловие английского издателя

Публикация переработанной английской редакции книги Сигео Синго «Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства» знаменует завершение важного цикла в деятельности издательства Productivity, Inc.

Началось все в 1981 году во время нашего второго посещения Японии в рамках Миссии обучения*. Когда я и Джек Варн (в то время исполнительный директор компании Omark Industries) были на заводе Nirpondenso, кто-то дал нам копию первой книги д-ра Синго, переведенной на английский язык, — «Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства». Прочитав ее, мы сразу поняли, насколько это замечательная и полезная книга. Джек немедленно заказал пять сотен экземпляров для своих менеджеров. Он предложил каждому руководителю своей компании ознакомиться с ее содержанием и совместно обсудить отдельные главы. Эти усилия, по мнению Джека, позволили Omark Industries стать одной из лучших ИТ-компаний мира.

Что касается меня, то я налажил связи с издателем — Японской ассоциацией менеджмента, поскольку хотел распространять книгу в США. Кроме того, я упорно стремился вернуться в Японию, чтобы встретиться с д-ром Синго и получить право на издание этой и других его книг на английском языке. С тех пор мы еще много раз посещали Японию с Миссиями обучения, и установили ряд очень важных контактов, но для меня лично именно эта встреча стала самой важной.

В очередной приезд я встретился с господином Тайити Оно (Taiichi Ohno). Он и д-р Синго разработали принцип «точно вовремя» (just-in-time — JIT) — основу производственной системы Тойоты. Синергия между С. Синго — преподавателем и Т. Оно — менеджером позволила осуществить своего рода промышленную революцию, результаты которой изменили весь международный экономический порядок. Издательство Productivity, Inc. гордится тем, что дало возможность всем читающим на английском языке познакомиться с деятельностью этих людей, настоящих гигантов промышленности, и извлечь из этого знакомства немалую выгоду.

Д-р Синго — поистине неутомимый труженик. Он работает день за днем все 52 недели в году. Я никогда не слышал, чтобы он брал отпуск. Несмотря на то что в январе [1989 г.] ему исполнилось 80 лет, он все еще еженедельно путешествует — преподает где-нибудь в Японии или за границей. Каждый вечер он записывает свои наблюдения и размышления, и, кроме того, он убедил многих клиентов фиксировать найденные ими идеи усовершенствования, чтобы включить эти новшества в следующие книги. Выходные дни используются им тоже для работы; сейчас он работает над двадцать четвертой книгой.

Решив многие, казалось бы, неразрешимые проблемы, он не принимает оправданий и утверждений типа: «Это невозможно сделать» или «Это — оптимальное решение». Он никогда не удовлетворен улучшением, по его мнению, необходим постоянный поиск *непрерывного* улучшения.

Его методы обучения трудны для тех американцев, кто не приучен к самостоятельной работе. Он может упрекнуть кого-то: «Не надо оправданий. Вы знаете, что это должно быть сделано, так что идите и делайте!» — и не потерпит ошибки.

Я видел уроки, преподанные д-р Синго во многих ситуациях. Его понимание всегда остро, и свои мощные идеи он излагает ярко и убедительно. Хочу привести следующий пример. При посещении одного из заводов д-р Синго остановился у небольшого штампа и некоторое время наблюдал за рабочим, подающим материал для штамповки. Затем обратился к группе инженеров, сопровождающих его: «Сколько времени рабочий затрачивает на полезную, добавляющую ценность работу?» Кто-то ответил: «100 % времени, потому что работает без остановки». Кто-то предположил: «80 %».

Наконец д-р Синго сам ответил на свой вопрос: «Только 17 % времени он добавляет продукту ценность, остальные 83 % уходят впустую. Лишь тогда, когда металл сгибается, происходит добавление ценности; лишь тогда, когда материалы изменяются или собираются, возникает добавленная ценность». Для меня это был важный урок — понять, что такое потери.

Д-р Синго — самый блестящий специалист по организации производства, он стал таковым, когда только начинал разрабатывать теории, изложенные в этой книге. Но и сегодня мир слушает его очень внимательно; читатели ждут новых подтверждений его гения. Существует множество историй о компаниях, успешно использующих предложенные им методы и увеличивших свою конкурентоспособность благодаря его советам. Члены школы управления государст-

венного университета штата Юта выразили свое восхищение, присудив г-ну Синго звание почетного доктора делового администрирования и учредив в его честь ежегодную Премию им. Синго за высокое мастерство в промышленности*. Уже объявлены первые лауреаты, и все свидетельствует о том, что в последующие годы престиж данной премии еще более возрастет.

Выпуск переработанного английского издания книги осуществлен усилиями работников издательства Productivity, Inc., которые с воодушевлением взялись за дело, поскольку д-р Синго способствовал значительному росту и развитию этой организации. Представленные в книге идеи не отличаются от тех, которые содержатся в первой английской редакции книги, однако выражены они в более доступной форме. Читателям не потребуются прилагать значительных усилий, чтобы извлечь пользу из чтения, разобраться в сущности описанных методов и освоить практические навыки. Мы надеемся, что множество людей воспользуются этой возможностью.

Те, кто прочел оригинальную, подготовленную в Японии версию книги с очень сложным и часто «диссонансным» переводом, вправе гордиться собой. Более 30 тысяч людей, познакомившихся с данной книгой и работавших с ней, являются доказательством большого значения представленных здесь идей и желания производственных компаний США увеличить свою производительность.

Мы решили вновь перевести книгу, потому что изложенные в ней принципы и методы чрезвычайно полезны и заслуживают более широкого распространения. Американские производители демонстрируют стремление к обучению и непрерывным усовершенствованиям, и мы хотим поддержать их усилия, облегчая доступ к необходимой информации.

Д-ра Синго можно назвать японским Томасом Эдисоном, большим творческим мыслителем. Я горд и счастлив, что представляю работы этого автора западному миру. Я надеюсь, что и другие специалисты признают его гений, присоединятся ко мне в поддержке и распространении его идей, внесут свой вклад, вступив в борьбу за Премию им. Синго. Америка активно стремится повышать свою производительность, и идеи д-ра Синго — лучшее подспорье в реализации этого стремления.

Многие люди приложили силы и собственные знания для осуществления данного проекта. Особая благодарность д-ру Эндрю Диллону, нашему переводчику, внесшему ясность в довольно сложный

Shingo's Prize. Эту премию называют «Нобелевской премией в производстве». 2 – 3441

предмет. Констанция Дайер и Камилла Энгланд неустанно трудились над точностью и увлекательностью изложения. Эсме Мак-Тэг и Дэвид Леннон провели экспертизу отдела производства. Сьюзен Кобб разработала обложку книги и помогала остальному персоналу издательства Rudra Press — Каролайн Курил, Мишель Сири и Гейл Джойс. Моя благодарность каждому из них.

Норман Бодек,
президент Productivity, Inc.

Предисловие к японскому изданию

Несмотря на медленный рост экономики Японии после нефтяного кризиса 1974 года, достижения компании Toyota Motor — «японской промышленной компании № 1» — приковывали широкое внимание и вызывали восхищение промышленных предприятий и объединений. Принято считать, что тайна успеха компании Toyota заключается в ее «производственной системе» и применяемом методе «канбан», поэтому были изданы многочисленные книги с названиями типа «Секрет высокой прибыли Toyota» (The Secret of Toyota's High Profits) или «Toyota — секреты метода канбан» (Toyota — Secrets of the Kanban Method).

Большинство этих книг написано журналистами, специализирующимися в экономике, поэтому материал в них обычно подается не с технической точки зрения. Я был обеспокоен тем, что подобное изложение может ввести читателей в заблуждение; к счастью, г-ном Тайити Оно, в то время вице-президентом по производству компании Toyota, были опубликованы две книги по данному предмету: «Производственная система Тойоты»* (Toyota seisan hoshiki) и «Управление на рабочем месте» (Nihon Noritsu Kyokai).

В предисловии к книге «Производственная система Тойоты» г-н Оно выразил надежду, что его книга позволит многим людям правильно понять производственную систему Тойоты и осуществить успешное ее внедрение на собственных предприятиях. В то же время он признал, что из-за того, что основной акцент в ней сделан на общей концепции, другим производителям, скорее всего, удастся воспользоваться лишь некоторыми примерами. После прочтения книги я должен согласиться с ним.

Вторая книга г-на Оно «Управление на рабочем месте» в целом написана хорошо. Она основана на знании и практическом опыте, накопленном в течение его длительной работы в компании Toyota. Однако в книге дается только описание методов, используемых в производственной системе Тойоты, а не их глубокий анализ.

Начиная с 1955 года я проводил в компании Toyota так называемые «семинары по технологии производства», к июлю 1980 года через 78 таких семинаров прошли более 3 тысяч работников. Кроме

Оно, Т. Производственная система Тойоты: Уходя от массового производства. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006.

того, у меня установились долгие и прочные отношения с компанией Toyota Motor в сфере консультирования завода по вопросам улучшения его деятельности.

Консультантам в сфере менеджмента не позволено раскрывать конфиденциальную информацию о компании. Однако многие отрасли промышленности Японии страстно хотят изучать производственную систему Тойоты, поскольку воспринимают ее как превосходную систему. Вот почему столь важно обеспечить желающих достоверной и всесторонней информацией. Книги «Управление на рабочем месте» и «Производственная система Тойоты» были изданы для удовлетворения этих потребностей. В результате, основываясь на опубликованных материалах, я смог открыто провести детальное изучение производства компании Toyota.

Вполне естественно для других японских компаний — пытаться освоить производственную систему Тойоты. Однако у меня вызывает опасение, что опора на поверхностное описание приведет к различным злоупотреблениям системой или слепому копированию ее отдельных элементов.

Только детальное изучение предмета способно предотвратить случайности и гарантировать, что читатель в полной мере усвоит, какие условия являются необходимыми для успешного функционирования системы. Мое изложение поможет:

- объяснить философию производственной системы Тойоты;
- обеспечить, если в этом возникнет потребность, дополнительной информацией;
- критически взглянуть при необходимости на слабости и всесторонне раскрыть возможности системы;
- выдвинуть на первый план основополагающие аспекты системы.

Большинство существующих публикаций заполнено радужными описаниями производственной системы и метода «канбан», используемого в компании. При этом отсутствует стремление выявить истинную сущность применяемых принципов. В своей книге я планирую показать предмет так, чтобы подчеркнуть прежде всего самобытные особенности системы.

Чтение книги г-на Оно «Производственная система Тойоты» показало мне, что она написана на специфическом языке компании Toyota. Терминология книги понятна работникам компании, но те отрывочные объяснения, которые даются в тексте для широкой публики, совершенно недостаточны и могут привести к недоразумениям. Я остановлюсь на нескольких примерах.

Потери из-за перепроизводства. «Нам необходимо 1000 деталей, но, исходя из предположения, что некоторые из них могут оказаться с дефектами, мы изготовили 1200. Однако фактически понадобилось лишь 1080. Это создало излишек в 120 деталей».

В производственной системе Тойоты перепроизводство рассматривается как нечто нежелательное, его расценивают как зло и стараются свести к минимуму. В ответ на заключение: «У вас имеется большой запас, вероятно, он связан с перепроизводством» — я могу услышать: «Нет, это не перепроизводство. Мы используем эту продукцию в течение следующего месяца». Или, когда я спрашиваю: «Если вы закончите производство не к 20-му, а к 15 марта, как это следует оценить?», обычно отвечают: «Это хорошо». Если же я спрашиваю, почему это «хорошо», поясняют: «Это намного лучше, чем опоздать с поставкой». В производственной системе Тойоты вопросы перепроизводства даже не обсуждаются.

Приведенные выше ответы наглядно демонстрируют отношение людей, не понимающих теории Т. Оно. Важно твердо усвоить излагаемую им точку зрения; иначе трудно осознать то, что производственная система Тойоты основывается на утверждении «потери из-за перепроизводства являются на 100 % вопросом раннего производства».

Приемлемость снижения норм загрузки оборудования. Нигде в производственной системе Тойоты не говорится о необходимости повысить нормы загрузки оборудования; вместо этого утверждается, что станки должны быть готовы работать в условиях возросшего спроса. Данное утверждение существенно отличается от традиционной концепции эффективного использования оборудования.

В системе Тойоты акцент делается на многостаночное обслуживание, когда оператор работает на нескольких станках.

Какую из указанных ниже альтернатив предпочтет Toyota?

- После выполнения необходимых операций станок прекращает работу, но оператор, занятый с другими станками, не может сразу подойти к нему и запустить вновь, следовательно, эффективность использования станка снижается.
- При уменьшении количества станков, обслуживаемых одним оператором, возникают простои оператора, поскольку станок все еще работает, когда оператор в очередной раз возвращается к нему.

Компания Toyota в большинстве случаев выберет первый подход, при котором допускается снижение эффективности механической операции, а недостаток — избыточное время ожидания оператора —

легко устраняется. Чем же оправдывается этот выбор? Логика компании Тойота основывается на следующем: станки и оборудование в процессе использования постепенно амортизируются до нуля, в то время как рабочим нужно платить всегда, как правило, по возрастающей. Если сравнить соответствующие почасовые затраты, то отношение затрат на рабочих к затратам на станки будет 5:1. Таким образом, производственная система Тойоты основную экономическую задачу видит в следующем: вместо того чтобы чрезмерно заботиться об эффективности использования станков, необходимо проводить улучшения в той области, где можно добиться самого значительного сокращения затрат.

Визуальное управление. Производственная система Тойоты подчеркивает важность визуального управления. Посещая заводы компании, я всегда удивлялся количеству визуальных средств управления типа «канбан» и «андон» (световые щиты управления).

Многие полагают, что особенность производственной системы Тойоты — визуальное управление. Поэтому некоторые заводы переняли эту систему, единственная функция которой — оперативно сообщать о возникновении аномальности в ходе процесса.

Очевидно, что оперативная информация лучше, чем запоздалая или вообще ее отсутствие. Все же имеется кое-что более важное, чем информирование, — это решение, какое действие следует предпринять при обнаружении аномальностей. Согласно объяснению Т. Оно, сделанному в книге «Производственная система Тойоты», важно предотвратить повторение ошибки. Это незамысловатое утверждение очень важно: если вы страдаете от аппендицита, холодной грелки для временного облегчения боли будет недостаточно; аппендикс следует удалить хирургическим путем, чтобы болезнь не заставила вас страдать снова. Применительно к производству это означает необходимость принятия решительных действий при возникновении неправильных ситуаций. Вы должны быстро остановить поточную линию или станок и не производить повторного запуска до тех пор, пока причина аномальности не будет устранена.

Я был на нескольких заводах, где использовалось визуальное управление, хотя концепция его не была полностью усвоена. Максимальных выгод визуального управления такие компании не достигают. Необходимо четкое понимание основных принципов производственной системы Тойоты, если мы хотим применять их правильно. Также опасно внедрять систему, поверхностно копируя методы. Неудача — это наиболее вероятный исход подобного внедрения. Вот почему я счел своим долгом сделать это предостережение.

Одно из моих беспокойств после прочтения нескольких книг, касающихся производственной системы Тойоты, вызвано тем, что авторы часто выделяют те или иные принципы и методы, снабжают детальными характеристиками, но трактовка их имеет скорее анекдотическую, чем систематическую форму. Например, постоянно подчеркивается важность принципа «точно вовремя» (just-in-time), но при этом не говорится, что должно быть сделано для его внедрения. После многократного прочтения подобных книг вы, возможно, сумеете уловить общую идею, но получить прямое указание, какие требования для ее реализации необходимо выполнить, вам не удастся. Что касается автономизации — другого основного принципа производственной системы Тойоты, — то в этих книгах часто не содержится конкретных объяснений ее основы, за исключением описаний типа «автоматизация с использованием самоотключающихся устройств» или «станки с элементами человеческого интеллекта».

Выравнивание — еще одна концепция, которая обычно не рас­толковывается в достаточной степени. Авторы этих книг, как правило, ограничиваются констатацией, что, «если изделия, собираемые на сборочной линии, неоднородны, могут возникать различные проблемы в процессах производства комплектующих деталей или на заводах субподрядчика». Никакого объяснения того, как достичь выравнивания производства, вообще не приводится. Такое освещение предмета, я думаю, является неадекватным.

Для успешного внедрения производственной системы Тойоты вы должны правильно понимать основные идеи, а уже затем систематически использовать ее принципы, применять методы и реализовывать практические навыки; иначе, я боюсь, вас подстерегают серьезные ошибки, которые, вероятнее всего, приведут к неудаче, даже если вы ясно понимаете сущность отдельных методов.

Любой, кто тщательно анализирует производственную систему Тойоты, приходит к следующему заключению: наиболее важно сокращать время переналадки оборудования с помощью системы SMED (Single-Minute Exchange of Die) — «одноминутной замены штампов». Именно поэтому мы можем говорить, что система SMED — *обязательное условие (sine qua non)* производственной системы компании Toyota.

Читателю, вероятно, будет интересно узнать, что становление и развитие системы SMED происходило в три стадии.

Стадия 1

В 1950 году мы проанализировали, как используется 800-тонный пресс на заводе Тбуб Когую. Уйма ценного времени была потрачена на поиски болта для зажима штампа к прессу. Это помогло мне понять, что процесс наладки при замене штампа должен быть разделен на две различные группы действий:

- *внутренняя наладка* — процедуры, которые могут быть выполнены только при остановленном станке;
- *внешняя наладка* — процедуры, которые могут быть выполнены во время работы станка.

Стадия 2

В 1957 году на верфях компании Mitsubishi Heavy Industries в Хиросиме станины машин обрабатывались на большом одноколонном продольно-строгальном станке. Нашей задачей было увеличение производительности обработки, поскольку переналадка станка происходила слишком долго. После анализа проблемы мы решили добавить к станку второй рабочий стол.

Пока одна станина обрабатывалась на станке, следующая станина подготавливалась на дополнительном рабочем столе. Когда обработка на станке заканчивалась, дополнительный стол со следующей заготовкой устанавливался на станок. Таким образом удалось повысить эффективность использования станка. Директор предприятия был очень доволен нашим предложением. Ретроспективно можно сказать, что мы заменили внутреннюю настройку внешней.

Если бы я сумел взглянуть на это усовершенствование с концептуальной точки зрения, я бы мог предложить систему SMED тринадцатью годами ранее. Весьма сожалею об этом.

Стадия 3

В 1970 году замена штампа на 1000-тонном прессе занимала в общей сложности четыре часа. После получения информации, что на заводе Volkswagen в Западной Германии на замену аналогичного штампа затрачивается обычно два часа, начальник отдела потребовал, чтобы мы уменьшили время переналадки до такого же значе-

ния. Нам пришлось упорно трудиться, но шестью месяцами позже время переналадки было снижено до полутора часов. Сокращение стало возможным за счет:

- разделения операций наладки на внутренние и внешние;
- улучшения приемов и методов внутренней и внешней наладки.

Через три месяца начальник отдела вновь пригласил меня для беседы о дальнейшем улучшении процесса установки штампа. Руководство предприятия предложило ему уменьшить время наладки пресса до трех минут!

Сначала я подумал, что это невозможно — мы потратили так много времени и сил, чтобы сократить время наладки с четырех до полутора часов. Но затем меня озарило: почему бы полностью не преобразовать внутреннюю наладку во внешнюю?

Я тут же записал на доске восемь методов, которые позволят произвести одномоментную замену штампа. После чего я объяснил г-ну Сугиуре, менеджеру, г-ну Икебути, супервайзеру, и г-ну Ота, мастеру, каким образом мы могли бы достичь поставленной цели, используя систему SMED.

Сегодня я убежден, что, работая в компании Mitsubishi, каждый день обретая все новый и новый практический опыт, я смутно ощущал в недрах своего сознания присутствие некой скрытой идеи. Она воплотилась в эту революционную систему благодаря моему неподдельному интересу к вопросу установки штампа — интересу, порожденному вдохновением и постоянными требованиями улучшения, исходящими от г-на Т. Оно, в то время исполнительного директора компании Toyota.

Книга «Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства» привела меня к следующим заключениям:

- устранение затрат перепроизводства не может быть достигнуто без SMED;
- сокращение времени производственного цикла требует производства небольшими партиями (система SMED для этого также подходит);
- система SMED должна применяться, если мы хотим быть способными реагировать на изменения потребительского спроса.

По-видимому, г-н Оно понял, что существует непосредственная связь между основными аспектами производственной системы Тойоты и системой SMED. Это было как раз то, что вело его к созданию

идеальной производственной системы, к убежденности, что необходимы решительные сокращения времени. Эта убежденность и побудила его настаивать на поиске путей, позволяющих добиться трехминутной замены штампов. К счастью, его требование и моя скрытая идея вместе с моим горячим интересом к сокращениям настройки и установки своевременно объединились. Именно это уникальное сочетание обстоятельств, я убежден, сделало возможным изобретение системы SMED. Поэтому мне хотелось бы выразить искреннюю благодарность и глубочайшее уважение г-ну Оно как вдохновителю и руководителю создания системы SMED.

Многие промышленные отрасли Японии уже внедрили или внедряют производственную систему Тойоты и систему SMED для получения существенной выгоды. Корпорация Federal-Mogul Corporation в США и H. Weidmann в Швейцарии успешно используют эти системы. Я полагаю, что концепция системы SMED в ближайшем будущем распространится по всему миру.

Некоторые люди полагают, что для освоения новой системы требуется только «знать, как» (*know-how*) добиться успеха. Однако если вы хотите преуспеть, вам необходимо «знать, почему» (*know-why*).

«Ноу-хау» (*know-how*), безусловно, облегчит внедрение системы, но не поможет решить проблем, возникающих при изменении условий. Используя «ноу-уай» (*know-w/zy*), вы будете понимать целесообразность того или иного действия и, следовательно, сможете справляться с изменяющимися ситуациями. Таким образом, если вы освоите лишь «знания, как» относительно производственной системы Тойоты, то не сможете эффективно применять ее в вашей производственной деятельности, которая, вполне вероятно, существенно отличается от условий компании Toyota. Следовательно, несмотря на то, что Toyota извлекает пользу из данной системы, вы можете получить отрицательные результаты. Вот почему необходимо стремиться к глубокому пониманию производственной системы Тойоты. Отнеситесь с осторожностью к большинству ранних публикаций по обсуждаемому вопросу, так как во многих из них концепции и методы рассматриваются изолированно, без видимой координации.

Например, в некоторых из публикаций описываются производственная система компании Toyota и семь типов потерь, связанных с перепроизводством, хранением, запаздыванием и т.д. Они очевидны, и каждый поймет их. Сами по себе затраты на хранение могут быть признаны одним из видов потерь. С другой стороны, существует множество людей, рассматривающих избыточный запас как

явление вполне нормальное, поскольку он позволяет быстро удовлетворять неожиданно появляющиеся заказы. Проблема состоит в том, как преодолеть это противоречие. Решение данной проблемы требует определенных методов, таких, как решительное сокращение производственного цикла, использование небольших партий серийного производства и системы SMED.

Эта книга написана производственным инженером и основывается на детальном изучении метода производства компании Toyota. Поэтому она может отличаться от книги, написанной создателем системы г-ном Т. Оно.

Если производственную систему Тойоты рассматривать как обычную систему управления производством, она, в сущности, не будет отличаться от других систем управления производством. Однако система Тойоты, как я подчеркиваю на своих семинарах, — это определенный способ мышления, касающийся вопросов управления производством и основанный на фундаментальных принципах улучшения предприятия. Эта концепция как ведущая преподносилась инженерам компании Toyota на многих семинарах, которые я проводил начиная с 1965 года. Следовательно, мои концепции и производственная система Тойоты имеют много общего. Вполне естественно, на мои размышления значительно повлияли методы производства компании.

Я полагаю, что принципиальная и уникальная особенность производственной системы Тойоты состоит в следующем: чтобы устранить запасы (предварительно оценив потери от этого), необходимо глубоко исследовать и улучшить различные факторы. Неустанные усилия должны быть направлены на сокращение затрат на рабочую силу. Полное устранение потерь — главенствующий принцип системы Тойоты, но если не воспринята адекватно основа, правильное понимание целого невозможно. (Более подробно я излагал концепцию устранения потерь в своей книге *Systematic Thinking for Production Improvement — a Scientific Thinking Mechanism for Improvement*, изданной издательством Nikkan Kogyo Shimbun.)

Самая большая проблема, которую я обнаружил при изучении производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства, состоит в том, что она рассматривается как синоним метода «канбан». Тайити Оно пишет:

- производственная система Тойоты — это система производства;
- метод «канбан» — способ ее организации.

В ряде публикаций наблюдается путаница в этом вопросе, возникшая из-за утверждения, что «канбан» является сущностью производственной системы Тойоты. Еще раз повторим: *производственная система Тойоты — это система производства, а «канбан» — средство для ее организации.*

Поверхностный анализ производственной системы Тойоты концентрирует внимание прежде всего на методе «канбан» из-за его уникальных признаков. Следовательно, по заключению многих, производственная система Тойоты эквивалентна методу «канбан». Для того чтобы подчеркнуть отличия, выделим следующие признаки этого метода:

- он применяется только к производству, которое является по своей сути повторяющимся;
- уровень общих запасов контролируется с помощью количества карточек «канбан»;
- метод «канбан» — это упрощенная конторская система.

Метод «канбан» должен быть принят только после того, как сама производственная система будет рационализирована. Именно поэтому в данной книге неоднократно подчеркивается факт, что производственная система Тойоты и метод «канбан» являются отдельными объектами.

Моя книга *Fundamental Approaches to Plant Improvement* («Фундаментальные подходы к улучшению предприятия»), выпущенная издательством *Nikkan Kogyo Shimbun* в 1976 году, сосредоточена на основных подходах к улучшению деятельности предприятия и управлению производством. Я полагаю, что она очень полезна для формирования ясного понимания различий между фундаментальной системой управления и производственной системой Тойоты. Мне бы хотелось выделить некоторые особенности, обуславливающие это различие:

- компании *Toyota Motor* потребовалось двадцать лет, чтобы полностью внедрить производственную систему, поэтому другим предприятиям может потребоваться по крайней мере десять лет, чтобы получить удовлетворительные результаты от копирования системы;
- при внедрении метода «канбан» успешные результаты можно получить уже через шесть месяцев.

Позвольте добавить, что 90 % превосходных результатов, полученных компанией *Toyota*, связаны непосредственно с производст-

венной системой и только 10 % — с методом «канбан», что является наглядной демонстрацией превосходящей важности производственной системы Тойоты.

При написании данной книги я использовал и ссылался на книгу г-на Оно «Производственная система Тойоты». Мне хотелось бы выразить свое уважение и высокую оценку г-ну Оно; в то же самое время я хочу просить его о понимании и одобрении тех критических комментариев и мнений, которые я сформулировал после детального изучения предмета.

Я построил содержание книги вокруг производственной системы Тойоты как объединенной системы. Однако в нескольких главах я повторил некоторые объяснения, чтобы читатель мог полностью разобраться в изложенном тексте.

В заключение мне хотелось бы выразить благодарность за вклад, помощь и сотрудничество, предоставленные многими людьми, особенно г-ну Морита, редактору издательства Plant Management, и г-ну Хасимото, редактору данной книги.

Сигео Синго

Предисловие к первому английскому изданию

Экономика Японии перенесла нефтяной кризис 1970-х годов без серьезного ущерба — вероятно, на удивление другим странам. Этот успех приписывают прежде всего высокой японской производительности. Многие западные специалисты побывали на японских заводах и внедрили почерпнутые там приемы менеджмента. Центром внимания стали кружки качества и уникальная производственная система Тойоты.

Действия человека стимулируются желанием работать и методами работы. Именно поэтому, я думаю, успех японцев правильнее рассматривать в контексте уникальной ситуации с менеджментом труда, учитывая, в частности:

- лояльность японских сотрудников к своим компаниям;
- бесконфликтные отношения между производственниками и менеджментом (основанные на пожизненном найме и наличии только одного профсоюза в компании).

Идея и метод управления качеством возникли в США, откуда и были переданы в Японию. Здесь они развивались на основе типичной для Японии работы малых групп или кружков качества, что обусловило некоторые замечательные усовершенствования. При этом японцы расширили рамки управления качеством и включили в них действия по улучшению, связанные с затратами и условиями безопасности. Уникальные отношения производственников и менеджмента в Японии явились основой этих достижений.

Зарубежным читателям не следует ожидать, что простая имитация внутренних действий японских кружков управления качеством даст положительные результаты. Нужно внимательно изучать деятельность этих кружков, пока не станет понятна сущность, и только затем адаптировать их к условиям своей страны.

Определенные проблемы возникают из-за различия трудовых отношений в разных странах. Рассмотрим пример многостаночного обслуживания. В некоторых странах рабочие объединены в подразделения по рабочим функциям, один рабочий вполне мог бы обслуживать 5 автоматизированных однотипных станков, но не способен отвечать за работу 5 станков различных типов. Именно способность рабочего обслуживать несколько станков — снимать готовую деталь и устанавливать новую заготовку на одном станке, в то время

как другой станок производит автоматическую обработку, — существенная черта производственной системы Тойоты, позволяющая достичь значительной экономии труда.

В предисловии к японскому изданию я объяснил, почему важно различать производственную систему Тойоты и метод «канбан». Цель этой книги — разъяснить различия между ними так, чтобы положить конец непониманию. Надеюсь, теперь иностранные читатели будут избавлены от путаницы.

Впрочем, часто одной из причин высокой японской производительности называют преобладание роботов на промышленных предприятиях. Это важный фактор, но повышение производительности за счет таких крупных инвестиций не так существенно, как можно ожидать. Пожалуй, более важная функция роботов — освобождение рабочих от неблагоприятных условий работы. В основном производительность на японских предприятиях столь высока благодаря эффективным производственным системам и высококвалифицированной рабочей силе. Это следует понять.

Я рекомендую американским менеджерам, желающим усвоить идеологию производственной системы Тойоты, прочитать книгу Тайити Оно, бывшего вице-президента Toyota Motor, «Производственная система Тойоты: уходя от массового производства». Но эта книга не особенно подходит руководителям заводов, производственным инженерам или консультантам по менеджменту, которым придется применять принципы системы в производственных условиях. Именно для этой группы лиц я написал данную книгу в дополнение к книге г-на Оно.

Поскольку книга изначально создавалась для японской аудитории, в ней есть разделы, сложные для понимания западным читателям и сложно применимые в неазиатских условиях. Однако, по моему, понятия, лежащие в основе системы, ясны независимо от места их изучения и могут быть применены, если есть необходимость этого в данной конкретной ситуации.

Хочу попросить у читателя разрешения на использование некоторых терминов, смысл которых несколько отличается от общепринятого из-за особой функции, выполняемой этими терминами в производственной системе Тойоты. Например:

Процесс и операция

1. *Процесс* — порядок, по которому материал преобразуется в продукт. Он состоит из 4 элементов: обработка, контроль, транспортировка и хранение.

2. *Операция*—действие, выполняемое над материалом станками и рабочими.

В Европе и Америке термин «операция» может относиться к обработке, осуществляемой при выполнении процесса, но в данной книге он ограничен значением, указанным выше.

Два феномена хранения

Как пояснено ниже, существует 2 типа хранения:

1. Между двумя процессами возникает хранение, которое может быть названо «предоперационным». Однако в данной книге для хранения, происходящего из-за несогласованности процессов или плохого хронометража, применяется термин «задержка процессов».

Кратковременное хранение между процессами иногда называют временным хранением. Но если такое хранение возникает из-за несинхронизированности процессов или плохого хронометража, я буду называть его «задержкой процесса» независимо от его длительности. В нашей системе хранение определяется по характеру, а не по длительности.

2. В случае производства партиями возникает хранение между процессами, что удлиняет цикл производства. Единственный путь его устранения — транспортировка партий, содержащих одно изделие. Такое хранение здесь называется «задержкой партии».

В других книгах, как правило, не делается различия между терминами «процесс» и «операция». Однако, как показано на рис. 1 (см. с. 57), утверждение, что механизм производства — это взаимосвязь процессов и операций, является основой всех производственных явлений. Процессы нанесены на ось y представляющую поток движения от сырья к готовым товарам, а операции — на ось x , представляющую поток работы над изделиями, выполняемой рабочими.

Производственная система Тойоты объясняется на основе этого утверждения. Процессы и операции находятся не в параллельном, как считалось ранее, а в перпендикулярном соотношении. Следовательно, операции соответствуют четырем элементам процесса. Существует 4 типа операций:

- обработка;
- контроль;

- транспортировка;
- хранение.

В течение 26 лет начиная с 1955 года я проводил курсы по организации производства в компании Toyota Motor, обучив за это время примерно 3000 человек. Приятно сознавать, что система управления производством, которую я выделял в этом курсе, была во многих отношениях подобна производственной системе Тойоты.

Как фундаментальная система управления производством производственная система Тойоты применима на заводах в любой стране, если ее адаптировать к особенностям местной ситуации. Я уверен, что аккуратное внедрение ее принципов приведет к большим улучшениям.

Искренне надеюсь, что мировой бизнес поймет суть производственной системы Тойоты и будет способствовать ее результативному внедрению.

Сигео Синго

Предисловие к новому английскому изданию

Когда мои друзья узнали, что я удостоен почетного звания доктора менеджмента в университете штата Юта, они сказали: «Это ужасно! Значит, американцы начали понимать и распространять ваши идеи. Скоро они начнут производить лучшие и более дешевые товары, а мы страдаем от торговых трений».

В действительности Америка была мировым лидером в производственном менеджменте последние 200 лет. У всех нас, включая Японию, возникнут трудности, если США не смогут удержать роль лидера. В постоянном совершенствовании обязан участвовать каждый. Страны должны делиться своими навыками и технологией, чтобы сохранять бесперебойное функционирование нашей «глобальной деревни».

Когда в 1970-е годы производственная система Тойоты обратила на себя международное внимание и лидеры бизнеса в разных частях света начали внедрять ее в своих компаниях, стало ясно, что многие ошибочно отождествляют ее с методом «канбан». Чтобы исправить ошибку, я решил опубликовать за собственный счет книгу на английском языке, которая сейчас перед вами в новом варианте. Стремясь снизить затраты на издание до минимума, я обратился к местным японским переводчикам, у которых не было достаточного опыта, чтобы осуществить приемлемый английский вариант. Работу называли «японглийской», а не английской, и это было обоснованно.

Благодаря усилиям г-на Нормана Бодека, президента издательства Productivity, Inc., книга все же получила положительную оценку, несмотря на критику. Один обозреватель писал: «Эта книга в зеленой обложке* — Библия производства». Было продано значительное количество экземпляров, более 30 000, что свидетельствует о признании книги американскими промышленными специалистами.

Стремясь сделать книгу более доступной и полезной для американских читателей, мы решили перевести ее заново. К счастью, очень способный человек, д-р Эндрю Диллон, взялся за эту работу.

Я верю, что новый перевод поможет многим прийти к правильному пониманию производственной системы Тойоты. К настоящему времени опубликована масса поверхностных объяснений и то-

У английского издания этой книги зеленая обложка. — Прим. ред.

чек зрения на эту систему. Что действительно нужно, так это последовательное объяснение:

- принципов производственной системы Тойоты;
- системы практического осуществления этих принципов;
- практического применения методов, соответствующих этим принципам.

В прошлом году [1988] издательство Productivity, Inc. опубликовало мою последнюю книгу «Производство без запасов: система Синго для постоянного улучшения» (Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement), в которой изложены принципы производственной системы Тойоты на основе моих взглядов. Она высоко оценена как книга-руководство по эволюции производственных систем в 1990-е годы и в 2000 году. Я очень советую прочитать обе эти книги и надеюсь, что они помогут вам не только улучшить вашу компанию, но и перспективы вашей нации.

Синго Синго
1989 г.

**ИЗУЧЕНИЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ
С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ
ОРГАНИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВА**

ЧАСТЬ I

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ
ПОДХОД
К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ
ПРОИЗВОДСТВА**

Введение

Механизм производства

Перед изучением производственной системы Тойоты нам необходимо понять общую функцию производства.

Производство — это совокупность процессов и операций. На рис. 1 показана схема производства, отражающая *процесс* — действия, преобразующие материал в продукцию, — состоящий из ряда *операций*.

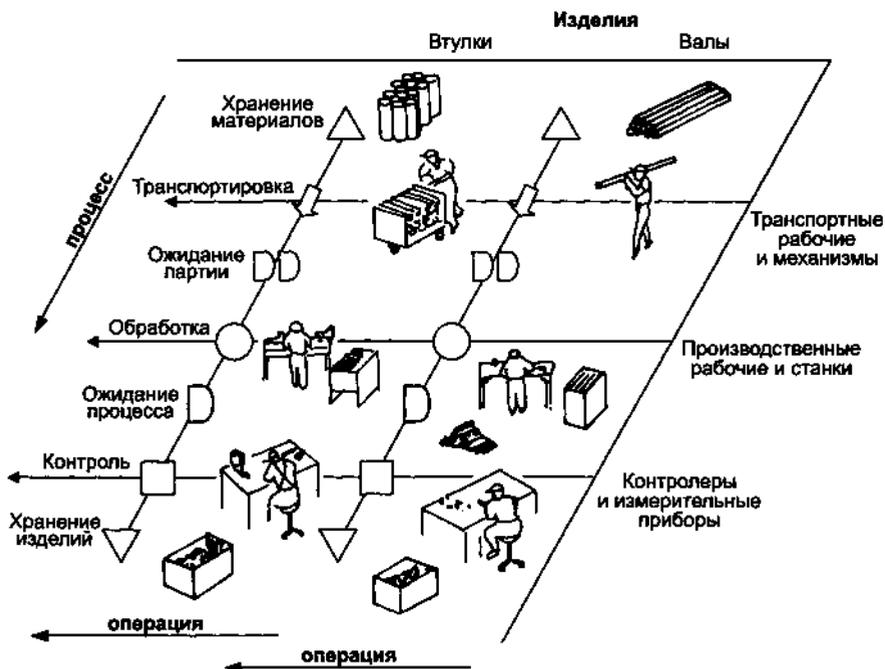


Рис. 1. Структурная схема производства.

Когда мы рассматриваем *процесс*, то видим движение материала во времени и пространстве, преобразование сырья сначала в полуобработанную заготовку, а затем в готовую продукцию. С другой стороны, когда мы рассматриваем *операции*, то видим работу, выполняемую для этого преобразования, — взаимодействие и движение средств производства и рабочих во времени и пространстве.

При анализе процесса изучается поток материала или продукции; при анализе операций изучается деятельность рабочих и станков по преобразованию продукта. Рассмотрим типичное изделие, например вал, обрабатываемый на токарном станке: вал сверлится, затем обтачивается и, наконец, обрезается на заданную длину. Эта последовательность изменений вала представляет собой процесс. Вначале на станке сверлятся центровые отверстия, происходит обработка внешней поверхности, а затем подрезаются торцы вала по заданным параметрам. Эта серия действий — операции.

Для того чтобы добиться фундаментального улучшения производственного процесса, нам необходимо различать поток продукции (процесс) и поток работы (операцию) и анализировать их по отдельности. Хотя процесс и состоит из серии операций, нельзя рассматривать его линейно (см. рис. 2), так как это приводит к ошибочному представлению, что улучшение отдельных операций повышает общую эффективность процесса, в который они входят. Как будет рассмотрено ниже, совершенствование операции, сделанное без учета ее влияния на процесс в целом, может в действительности понизить общую эффективность. В главах 1 и 2 описываются различные мероприятия по улучшению процессов, а затем операций.

Выводы

Любое производство, выполняемое либо в цехе, либо в офисе, должно рассматриваться как совокупность функциональных процессов и операций. Процесс преобразует материалы в продукцию. Операции — это действия людей и оборудования, которые осуществляют подобное преобразование. Для реализации эффективного улучшения производства нужно четко осознавать эти основные понятия и их взаимосвязь.

Глава 1

УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССОВ

Чтобы добиться максимальной эффективности производства, необходимо всесторонне проанализировать и улучшить процесс, прежде чем пытаться улучшать операции.

Элементы процесса

Последовательность операций по превращению сырья в готовую продукцию включает 5 различных элементов процесса:

- *обработка* (O) — физическое изменение материала или его качества (сборка или разборка);
- *контроль* (◇) — сравнение со стандартом;
- *транспортировка* (=⇒) — перемещение материалов или изделий, изменение их положения в пространстве;
- *задержка* — период времени, в течение которого не происходит обработка, контроль или транспортировка.

Существует два типа задержки:

- *задержка процесса* (●) — вся партия ждет, когда предыдущая партия обрабатывается, контролируется или транспортируется;
- *задержка партии* (●●) — одно изделие обрабатывается, а другие ждут обработки или завершения обработки деталей всей партии. Такой вид задержки возможен также при контроле и транспортировке.

Основы анализа процесса

Любую производственную деятельность независимо от ее вида, сложности и значимости для последующих действий можно анализировать с применением указанных 5 символов. Рассмотрим, например, следующую последовательность:

1. Стальные прутки поставляются с завода S Steel Work и хранятся (●) перед приемочным контролем.

2. Контролер, осуществляющий приемку, проверяет (◇) прутки, и они снова отправляются на хранение (●). Здесь операция проверки (O) символически обозначается как (◇) — (O) — (◇).

3. Вся партия транспортируется (=>) погрузчиком к обрезающему станку и хранится (●) перед обработкой.

4. Прутки обрабатываются (O) и обрезаются на длину 150 мм. Операция обработки может быть представлена как (◇) — (O) — (◇).

5. Между процессами на поддоне находится пять ящиков (●).

6. Ящики по одному транспортируются (=>) погрузчиком на участокковки. Операцию транспортировки можно изобразить как

(●●) — (*) — (●●).

7. На участкековки ящик с обрезанными заготовками транспортируется (=>) к ковочному прессу и ожидает обработки (●).

8. Обрезанные заготовки одна за одной нагреваются (O) в печи, транспортируются (=>) по лотку к ковочному прессу дляковки (O), а затем направляются (=>) к обрезающему прессу для обрезки (O), после чего грузятся на поддоны. Весь описанный производственный поток символически выглядит следующим образом: (●●) — (O) (нагрев) — (=>) — (O) (ковка) — (*) — (O) (обрезка) — (●●) — (●). Поскольку между нагревом, ковкой и обрезкой движение осуществляется по одной заготовке, дополнительной задержки (I) не происходит.

Термообработку, механообработку и сборку можно также представить символами: (O) — (O) — (=>) — (●) — (●●).

Этот пример убеждает, что для улучшения процесса необходимо рассмотреть все пять элементов:

- обработка,
- контроль,
- транспортировка,
- задержка процесса,
- задержка партии.

На рис. 2 (стр. 62-63) показан другой пример практического анализа процесса по этой методологии.

Совершенствование процесса

Процессы можно совершенствовать двумя путями. Первый — улучшение самого изделия с помощью технико-экономического анализа. Второй — улучшение методов изготовления с точки зрения организации производства или технологии изготовления.

Технико-экономический анализ — это первая стадия совершенствования процесса. Он отвечает на вопрос: «Каким образом данное изделие необходимо перепроектировать, чтобы, поддерживая уровень качества, снизить затраты на изготовление?» Например, после технико-экономического анализа два элемента, ранее соединяемые винтами, запрессовываются в одну деталь; изделие, собиравшееся путем затягивания 8 винтов по периметру, теперь требует затягивания всего четырех винтов с одной стороны, а с другой имеет прорезь с зажимом.

На второй стадии совершенствования процесса — организации производства — ставится вопрос: «Каким образом можно улучшить изготовление данного изделия?». Усовершенствования технологии изготовления касаются таких факторов, как надлежащая температура плавки иковки, скорость резания, выбор инструментов и т.п. Улучшения на основе организации производства включают использование, например, вакуумного литья, высокоскоростного покрытия, мгновенной сушки и т.д.

Пример 1.1 — устранение облоя. Облой (заусенец) возникает при обычном литье из-за необходимости выполнения отверстий в литейной форме для выхода воздуха при застывании металла. Почти невозможно своевременно обработать отливку так, чтобы избежать небольших выступов металла.

Ранее облой были неизбежным побочным эффектом операции литья, и их устранение оставалось постоянной целью совершенствования. Например, устранение выступов на одной из прессовых операций считалось улучшением, так как до этого они удалялись напильником вручную.

Поскольку воздух присутствует в литейной форме, возникновение облоев, по видимому, предопределено. Однако в Германии компания Daimler Benz разработала метод литья с низким давлением, при котором воздух из формы удаляется вакуумным насосом до введения расплавленного металла. Такой метод вообще устраняет облой.

Мы успешно использовали метод вакуумного литья в производственных процессах компании Toyota. Позже, при содействии президента компании Dia Plastic Со г-на Цукамото, метод был применен при литье изделий из пластика для повышения их качества и снижения дефектности (см. рис. 3-5).

Пример 1.2 — удаление пены. Данный пример касается улучшения высокоскоростного покрытия. Распыление или орошение покрываемой поверхности приводит к 75 %-ному сокращению времени покрытия вследствие удаления нежелатель-

Общий вид детали		№ процесса		Объем производства				
		Наименование детали		№ детали				
		Материал		Изделий в узле				
		Контролер		Дата контроля				
		451	600	Трансмиссия и картер	G60-IE			
				АС-2	1			
				Фуруяма	24.03.98			
Изделие	Расстояние, м	Время, час	Изображение (символ)	Процесс (место)	Оператор	Оснастка (инструменты, приспособления)	Форма хранения	Условия обработки, разработки и др.
200—300 кг	70			Хранение (склад)			На полу в штабеле	
50 кг		0,1		Подача к печи	Плавильщик			
50 кг				Взвешивание	Плавильщик	Напольные весы		
50 кг	3 x 3 = 9	2		Выплавка	Плавильщик			
50 кг	75 x 4			Подача на формовку	Литейщик			

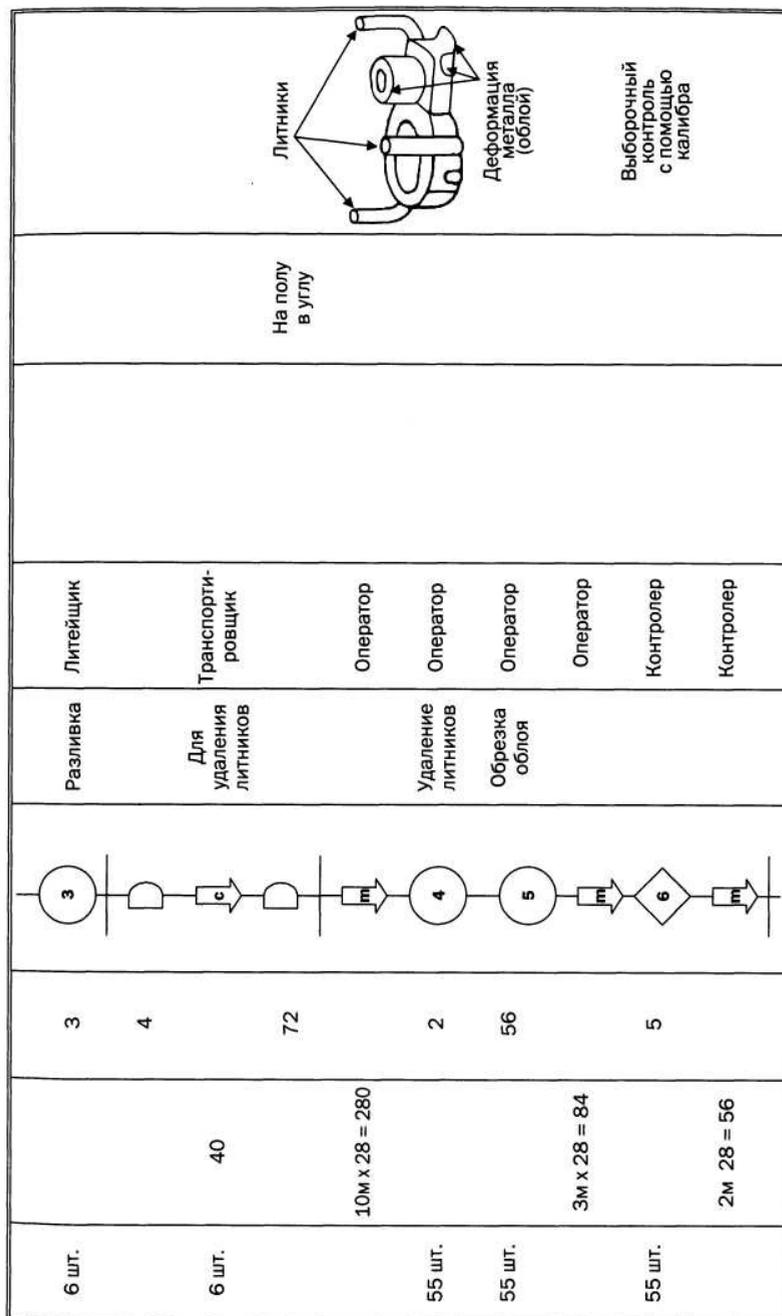


Рис. 2. Аналитическая карта процесса.

ных воздушных пузырей. Кроме сокращения времени этот новый метод значительно понижает энергопотребление.

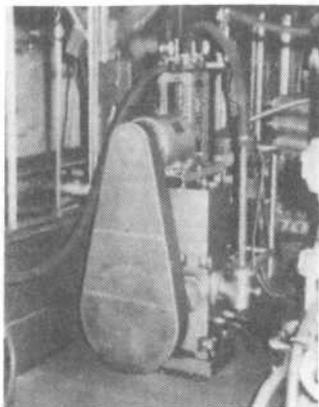


Рис.3 Оборудование для вакуумного литья

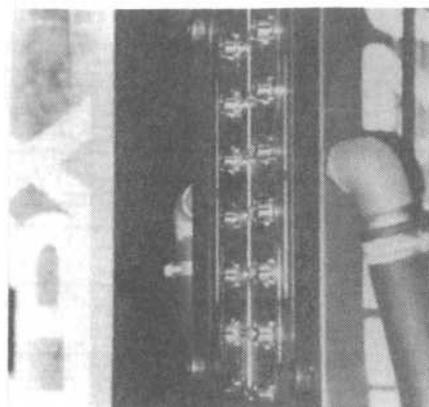


Рис.4. Форма для вакуумного литья.

Очевидно, тщательное рассмотрение и изучение традиционно используемых методов обработки может привести к разработке новых, более эффективных методов. Поиск путей предупреждения проблем вместо их исправления после возникновения может привести к фундаментальным улучшениям. Пример на стр. 64-67 завершает раздел по совершенствованию процессов.

Совершенствование контроля

Сортировочный контроль и информативный контроль

В большинстве компаний отчет о качестве продукции обычно содержит общий процент дефектов, а также статистическую разбивку по типам дефектов. Отчеты обычно выглядят следующим образом:

Всего дефектов	6,5 %
Из них:	
подтеки	2,8 %
размерные дефекты	1,8 %
нецентрированность	0,8 %
и т.д. ...	

Описание ситуации

- Невозможно снизить колебания показателей качества изделия при литье. Осуществлялись попытки управлять температурой литейной формы, скоростью наполнения и другими важными параметрами.
- Стандартные размеры выпускных отверстий труб для воздуха и газа, диаметров шлангов, а также мощность насоса.

Проблемы

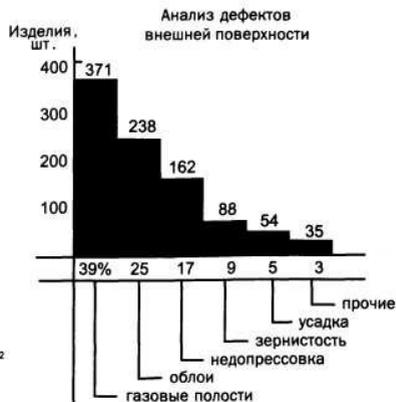
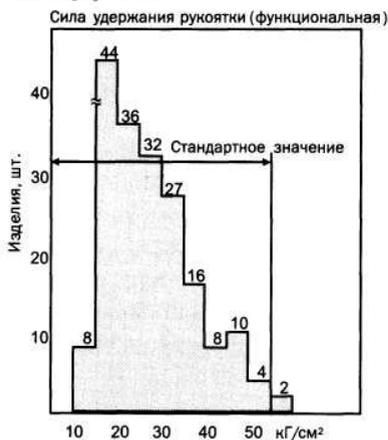
- Функциональное качество изделия изменяется.
- В отлитом изделии видны дефекты от пузырей газа, облои, рытвины.
- Необходимо проводить сплошной (100 %) контроль для гарантии качества.
- Пустоты от газа, выделяемого расплавленным пластиком, видны на отверстиях для выхода газа, увеличивается время обслуживания формы.

Усовершенствования

- Форма улучшена увеличением выпускных отверстий с 0,03 до оптимального размера 0,07 мм.
- Диаметр шлангов изменен с 3 до 25 мм.
- Насос 3 л.с. с водяной изоляцией заменен на 7,5 л.с. с масляной изоляцией, давление повышено с 720 до 760 мм рт. ст.
- Время контроля уменьшено после того, как качество стабилизировалось, и сейчас качество гарантируется контролем первого образца.
- Изменения удерживающей силы исчезли.

Результаты

Изделие	До улучшения *	После улучшения *
Затраты на материал	928 \$	154 \$
Затраты на труд	825 \$	275 \$
Добавленная ценность	377 \$	471 \$
Уровень дефектности	0,021 %	0,009 %
Расширяющие эффекты		на 17 % выше 1,503 \$
Результаты всего предприятия	5624 \$ в месяц	
Результаты подразделения	1965 \$ в месяц	
Общая прибыль	7589 \$ в месяц	

Перед улучшением**После улучшения****А. Улучшение качества с помощью вакуумного прессования****Б. Влияние мощности насоса на степень вакуума**

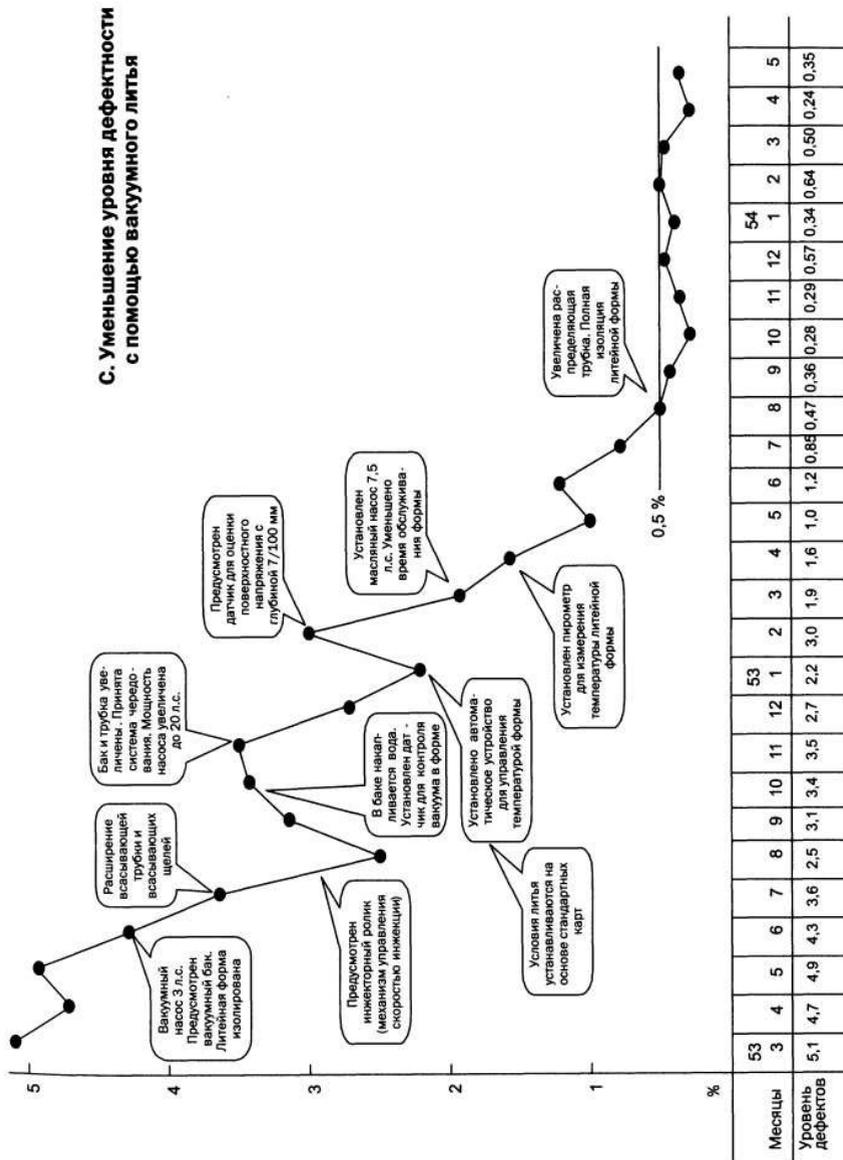


Рис. 5. Улучшение качества и производительности с помощью вакуумного прессования.

Эти цифры основаны на результатах обнаружения дефектов при конечном контроле качества (аналог в медицине: вскрытие после смерти с целью выявления причин смерти). Данный тип контроля называют сортировочным контролем (*judgment inspection*), поскольку здесь просто разделяются дефектные и недефектные изделия и обеспечивается «проверка постфактум». Улучшение сортировочного контроля (например, за счет увеличения числа контролируемых параметров) повысит надежность процесса контроля, но не повлияет на долю дефектных изделий. Число найденных дефектов может расти или уменьшаться, но источники дефектов останутся невыявленными. Такая форма контроля снижает ошибки контроля, т.е. уменьшает число принятых изделий с пропущенными дефектами или отклоненных годных изделий, но не предупреждает возникновение дефектов при обработке.

Чтобы действительно снизить долю дефектов при обработке, необходимо, чтобы информация о дефекте попадала на участок обработки. В таком случае могут быть предприняты шаги по исправлению метода или условий обработки и тем самым предупреждено повторение дефекта. Выполняющий эту функцию контроль называется информативным контролем (*informative inspection*), поскольку он возвращает информацию на участок обработки; это подобно медицинскому обследованию вместо вскрытия. Чем быстрее симптом (дефект) выявляется, тем быстрее и действеннее устраняется проблема, в результате происходит снижение уровня дефектности. Подытожим сказанное: сортировочный контроль выявляет дефекты, а информативный контроль снижает частоту их появления.

Пример 1.3 — высокоскоростное покрытие. В компании Matsushita Electric процесс упаковывания вакуумных пылесосов предусматривает помещение пылесоса, принадлежностей и инструкции в коробку, которая затем взвешивается, для того чтобы проверить, не потеряны ли комплектующие части. Несмотря на такую проверку, от потребителей продолжали поступать претензии, что отдельные небольшие детали или инструкция по эксплуатации отсутствуют в коробке, хотя и не так часто, чтобы вводить более тщательную проверку. Наблюдение за процессом показало, что контроль происходил после появления дефектов. Производственный менеджер потребовал провести некоторые усовершенствования, чтобы избежать возникновения подобных дефектов. За 2 месяца количество претензий упало до нуля. Вот что было сделано:

- Под отсек коробки, предназначенный для инструкции, установили пружину. Под весом вложенной инструкции нажимается выключатель, в результате чего загорается сигнал «инструкция вложена» на пульте оператора (рис. 6 и 7).
- На угол ящика с комплектующими деталями установили дугообразную пружину. При извлечении деталей из ящика пружина разжимается, нажимая выключатель, зажигающий сигнал «все части вложены» (рис. 8).



Рис.6. Показ-ёкэ для инструкций.

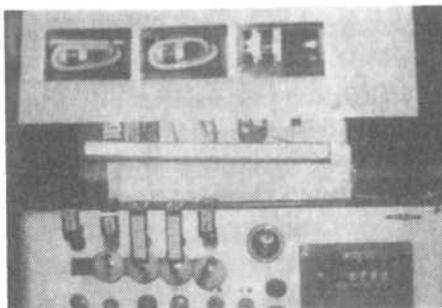


Рис.7. Лампа показывает, что инструкция вложена.



Рис.8. Показ-ёкэ с использованием пружины.



Рис.9. Стопор на конвейере.

- После выполнения данных проверок блокировка стопора конвейера снимается и коробка переходит на следующий процесс (рис. 9).
- Если коробка приходит к стопору недоукомплектованной, звучит сигнал и конвейер останавливается. Когда это случается, коробку проверяют и проблема устраняется.
- Эти усовершенствования сделали невозможным отправление неполных комплектов на следующий процесс. До проведенных усовершенствований ошибки могли быть обнаружены только после возникновения. Теперь они выявляются и исправляются в исходной точке — в самом процессе.

Приведенным примером иллюстрируется ключевой принцип: целью контроля должно быть предупреждение, но, чтобы у контроля появилась такая функция, мы должны изменить свой образ мыслей.

Многие компании применяют сложные устройства для обнаружения дефектов, но не задают самого важного вопроса: «Какого рода контроль производится?» Если предупреждение дефектов — не главная цель, абсолютно не важно, насколько прекрасны метод контроля и оборудование, так как удовлетворительные результаты маловероятны.

Выборочный или сплошной 100 %-ный контроль?

Примерно в 1951 году в Японии были введены методы управления, основанные на случайных выборках. Стали распространяться такие новшества, как причинно-следственная диаграмма, частотное распределение, контрольные карты, выборочный контроль и др. Позже эти статистические методы оказали большое воздействие на управление качеством в нашей стране.

Методы выборочного контроля приветствовались, поскольку позволяли обеспечивать качество с меньшими затратами средств и времени, чем сплошной контроль.

Однако в 1965 году г-н Токизане (Tokizane), исполнительный директор компании Matsushita Electric, сделал важное наблюдение. Он понял, что каждый потребитель покупает только один телевизор из всей выпускаемой компанией продукции, объем которой составляет один миллион телевизоров. Если купленный телевизор имеет дефект, вера потребителя в компанию разрушена. При используемом в Matsushita Electric выборочном контроле один дефект на миллион телевизоров предотвратить, скорее всего, нельзя, хотя сам по себе этот результат очень хорош.

Но как с помощью выборочного контроля реализовать идеал г-на Токизане — 100 %-ное качество или ноль дефектов? Выборочный контроль, возможно, самый рациональный метод контроля, но он не гарантирует абсолютное качество. Статистически можно установить приемлемый уровень качества (AQL). Однако это возможно только при выборочном контроле. Если же цель — ноль дефектов, эта концепция накладывает ненужные произвольные ограничения уровня совершенства, которого можно достичь.

Следовательно, нужны такие методы, которые обеспечат требуемый уровень качества с точностью как при сплошном контроле, но при этом с легкостью и эффективностью, присущими выборочному контролю. Это — первые шаги в направлении статистического управления качеством (Statistical Quality Control — SQC).

Управление качеством и контрольные карты

Контрольные карты — важное средство статистического управления процессами. Они указывают на два типа ограничений:

- стандартные пределы, устанавливающие диапазон допустимых ошибок для продукции;

- контрольные пределы, устанавливающие диапазон вариаций качества, возникающих на стадии обработки.

Когда контрольные пределы, базирующиеся на реальных данных, установлены, выборки проводятся регулярно. Любое значение, выходящее за эти пределы, считается аномальностью, для выявления причин которой предпринимаются определенные действия.

Следует отметить, что опора на контрольные карты при обеспечении качества имеет несколько недостатков. Во-первых, обычно они используются как часть системы сортировочного контроля, целью которого является нахождение, а не предупреждение дефектов. Когда данные, собранные методом контрольных карт, вызывают действия по устранению причин дефектов, система становится одним из видов информативного контроля. Однако получаемые при этом результаты и предпринимаемые действия (обратная связь) обычно рассматриваются на ежемесячном собрании по качеству только в следующем месяце. Как правило, это слишком поздно для осуществления необходимых мер. Во всяком случае, действие всегда предпринимается *после* факта обнаружения дефекта, а для предупреждения дефекта нужно осуществлять действие *до* его возникновения.

Второй недостаток контрольных карт — они могут применяться только тогда, когда имеется допустимое стандартное отклонение. Например, диаметр обработанной оси равен $120 \pm 0,05$ мм. Однако они бесполезны, когда в результате поломки прессы изготавливается партия втулок без отверстия. Обычно при выборочном контроле обнаруживаются повторные дефекты. Когда найдена одна деталь с дефектом, станок останавливается и проблема исправляется. Затем проводится сплошной контроль ранее обработанных деталей для отсева бракованных.

Применяя методы статистического контроля, данную проблему можно решить, повысив частоту выборочного контроля и, возможно, вводя более эффективные процедуры обратной связи и реагирования. Эти меры, скорее всего, уменьшат количество дефектов при контроле на выходе, но не смогут устранить их полностью.

При случайных дефектах метод контрольных карт еще менее эффективен. Например, в компании T Die-Cast, поставщике компании N Optical, существует проблема дефектности поставляемых корпусов фотокамер. Согласно требованиям отдела управления качеством (QC), из каждых 100 корпусов проверяется один; если в нем найден Дефект, проводится сплошной контроль оставшихся 99 изделий. Если же дефекта не обнаружено, вся партия считается приемлемой и

изделия поставляются в N Optical. Таким образом, если поставленные изделия проходят входной выборочный контроль, компания N Optical может неумышленно принять дефектные корпуса. Следуя данной логике, делаем вывод: существует значительная вероятность попадания дефектов к потребителю.

Почему компания T Die-Cast не принимает мер для предупреждения дефектов в местах их возникновения? Это лишь часть проблемы. Управление качеством защищает прогрессивные, рациональные концепции, такие, как встраивание качества внутрь процесса и проведение информативного контроля для обеспечения обратной связи. Тем не менее главное внимание уделяется основанному на статистике выборочному контролю, хотя он не более чем логическое *средство*, практический инструмент управления качеством. Представление о том, что управление качеством невозможно без применения статистики, вытеснило первоначальные концепции.

Отсюда мораль: качество можно обеспечить только тогда, когда оно встроено внутрь производственного процесса и контроль позволяет обнаруживать дефект незамедлительно в месте возникновения.

Типы информативного контроля

Если вы стремитесь свести дефекты к нулю, сортировочный контроль не подойдет, так как он выявляет дефекты только после их возникновения. Информативный контроль лучше, поскольку помогает снизить количество дефектов при помощи проверки, близкой к источнику их возникновения, и немедленного информирования для предотвращения повторных дефектов. Следует также использовать простую форму сплошного контроля, которым легко управлять. Существует несколько типов предупреждающего контроля.

Самоконтроль и последующий контроль

Наиболее быструю обратную связь дает самоконтроль, при котором рабочий проверяет обработанные им изделия. У этого метода есть два недостатка. Рабочий может:

- пойти на компромисс и принять изделия, которые следовало бы отклонить;
- ненамеренно ошибиться при проверке.

Этот тип автономного контроля часто используют, но его эффективность остается под сомнением ввиду риска необъективности. Система же *последующего контроля* позволяет обеспечить как объективность, так и получение информации о дефекте в момент его возникновения.

При последующем контроле рабочие проверяют изделия, прошедшие с предыдущей операции, до того, как их обрабатывать. Изделия рабочего А проверяет рабочий В, а его изделия проверяет рабочий С и т.д. (рис. 10).

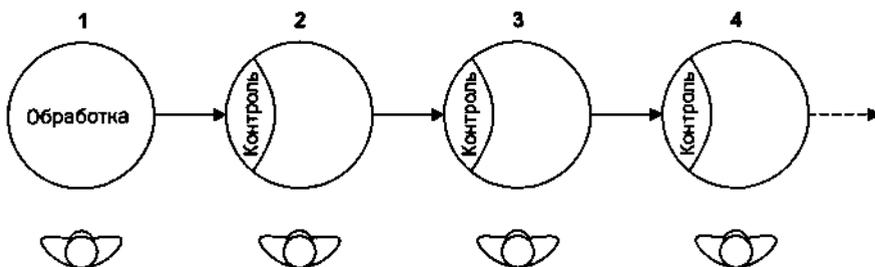


Рис. 10. Последующие проверки.

Пример 1.4 — последующий контроль. В подразделении по выпуску телевизоров компании Moriguchi Electric использование последующего контроля позволило добиться определенных успехов. Используя контрольные карты и кружки качества, уровень дефектов снизился с 15 до 6,5 %, но дальнейшего улучшения достичь не удалось. Тогда начали использовать последующий контроль. Через месяц количество дефектов сократилось до 1,5 %, за следующие три месяца — до 0,65 %, а затем до 0,016 %.

Это превосходные результаты, сравнимые с результатами других компаний. Внедрение системы последующего контроля позволяет снизить уровень дефектов в среднем на 80-90 % всего за месяц.

Более того, система последующего контроля позволяет снизить количество дефектов процесса на ранних стадиях изменения модели. Поскольку этот инструмент можно внедрить очень быстро, необходимо способствовать его внедрению.

Улучшенный самоконтроль

Несмотря на риск ошибок при оценке качества изделия и непреднамеренных ошибок, самоконтроль гарантирует самую быструю обратную связь. Система самоконтроля, способная исключить подобные ошибки, потенциально даже более эффективна, чем система

последующего контроля. Самоконтроль можно улучшить применением устройств, автоматически обнаруживающих дефекты или ненамеренные ошибки. Такие системы позволяют каждому рабочему получать немедленную обратную связь, достичь уровня сплошного контроля и предупреждать возникновение дефектов.

Например, выхлопная труба должна привариваться так, чтобы место тиснения названия изделия и фирмы располагалось сверху (рис. 11, а). Поскольку глушитель имеет симметричную форму, он может быть установлен и закреплен в приспособлении для сварки тиснением названия как вверх, так и вниз. Во втором случае приварка выхлопной трубы приведет к браку. В результате анализа конструкции глушителя было установлено, что при верхнем расположении тиснения с названием сварной шов корпуса глушителя находится всегда с правой стороны. Решено было использовать контрольное устройство «пока-ёкэ» (рока-уке), содержащее бесконтактный датчик, подсоединенный к системе управления сварочного аппарата, который должен срабатывать и включать аппарат только в том случае, если сварной шов корпуса глушителя находится со стороны датчика, т.е. глушитель в приспособлении установлен правильно (рис. 11, б).

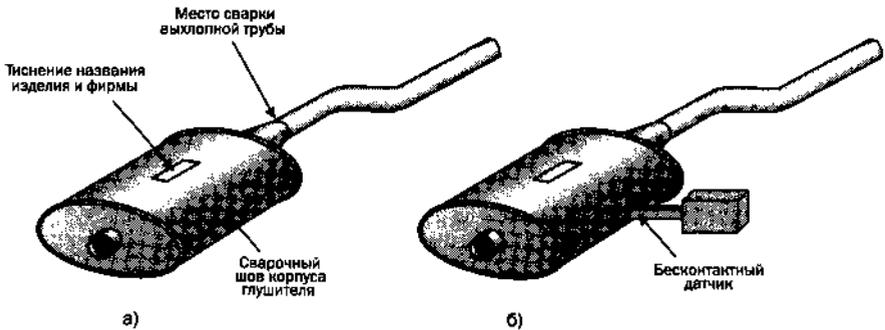


Рис. 11. Применение устройства пока-ёкэ для контроля правильности установки корпуса глушителя перед сваркой.

В этом случае бесконтактный датчик не только выполняет сплошной информативный контроль, но и предупреждает возникновение дефектов. Подобные устройства называются «пока-ёкэ» или «устройствами ошибкоустойчивости» (mistake-proofing) (этот термин используется вместо более привычного названия «устройства дуракоустойчивости» (fool-proofing), поскольку даже хорошие рабочие ненамеренно делают ошибки). При встраивании таких уст-

ройств контроля в технологический процесс можно достичь нулевого уровня дефектов.

Контроль источника дефектов

Контроль источника возникновения дефектов позволяет предупредить последние за счет управления условиями, влияющими на качество изделия. *Вертикальный контроль источника* нацелен на поиск проблем за счет анализа внешних условий, влияющих на качество, последовательно на всех этапах процесса. *Горизонтальный контроль источника* выявляет такие условия внутри операции и управляет ими.

Некоторые виды контроля качества требуют субъективных суждений, например при обнаружении дефектов окраски. Однако здесь ведется поиск дефектов после их возникновения. Это затрудняет достижение нулевого уровня дефектов, как при сплошном контроле. Мы полагаемся на субъективное суждение, так как сосредоточены на дефектах-результатах, а не дефектах-условиях или дефектах-причинах. Неверный цвет — это дефект, но он является лишь симптомом неблагоприятных условий производства. Для выявления таких недостатков мы используем сенсорный контроль, но их причины искореняются физическими методами.

Горизонтальный контроль источника позволяет достичь уровня сплошного контроля, управляя факторами, способствующими созданию дефектных условий. Например, оттенком цвета можно управлять за счет регулирования количества и плотности краски и давления воздуха.

Методы контроля с использованием устройств пока-ёкэ

Самоконтроль, последующий контроль и контроль источника могут осуществляться с использованием устройств пока-ёкэ. При этом они достигают уровня сплошного контроля за счет механического или физического управления.

Регулирующие функции устройств пока-ёкэ

Существует два типа устройств пока-ёкэ, различающихся по принципу обнаружения ошибок:

- контролирующий — срабатывание устройства пока-ёкэ приводит к остановке обработки на станке или линии для устранения проблемы;
- предупреждающий — срабатывание устройства пока-ёкэ приводит к включению звуковой или световой сигнализации, что бы привлечь внимание рабочего.

Контролирующее устройство пока-ёкэ — мощное корректирующее устройство, поскольку с его помощью останавливается процесс до устранения дефектных условий. Предупреждающее устройство пока-ёкэ допускает продолжение обработки, приводящей к дефектам, если рабочие не реагируют на сигналы. Выбор того или иного типа устройства пока-ёкэ определяется частотой появления дефектов и возможностью их исправления после возникновения.

Обычно случайные дефекты исправляются автоматически. Например, трещина внутри материала вызывает брак в деталях, сделанных из этого материала, но последующие детали из другой партии материала будут годными. Если такие случайные дефекты возникают часто, то, как правило, требуется использование контролирующего устройства пока-ёкэ. Если частота дефектов низка, а дефекты исправимы, можно использовать предупреждающее устройство пока-ёкэ. Если же дефект исправить нельзя, предпочтение следует отдать контролирующему устройству пока-ёкэ, независимо от частоты появления дефектов.

Дефекты не исчезнут, пока не вмешается человек или механизм (например, сломавшийся штамп прессы, производящий повторяющиеся отклонения). В этом случае всегда наиболее эффективно контролирующее устройство пока-ёкэ.

В любом случае решение применить тот или иной тип устройства пока-ёкэ должно приниматься на основе анализа затрат-выгод.

В большинстве случаев контролирующее устройство пока-ёкэ является наиболее выгодным.

Установочные функции устройств пока-ёкэ

Существует три типа контролирующих устройств пока-ёкэ с точки зрения их установки относительно деталей:

- *Метод контакта* способствует выявлению дефектов с помощью наличия/отсутствия контакта устройства пока-ёкэ с определенной частью детали, таким образом контролируется форма или размер изделия (иногда намеренно вводятся небольшие изменения формы или размера, чтобы облегчить выявление дефектов). Метод также используется для определения отклонений в цвете.
- *Метод фиксированного значения* способствует определению, сделано ли требуемое число движений.
- *Метод шагов-движений* позволяет отслеживать, выполнены ли установленные шаги или движения.

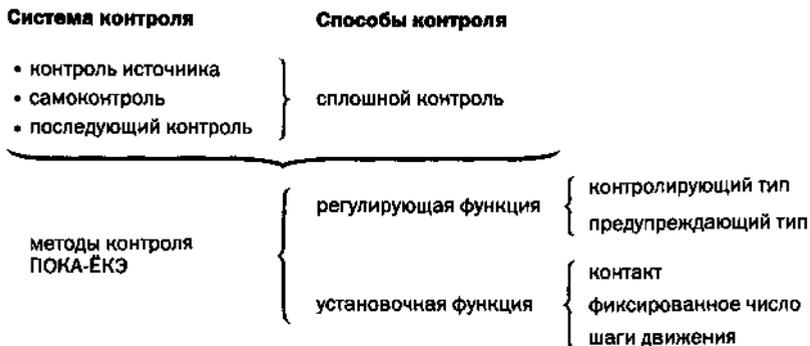
Выбор рабочего метода устройств пока-ёкэ

Само устройство пока-ёкэ относится не к системе контроля, а к методу обнаружения дефектов или ошибок, используемому с конкретной контрольной функцией. Контроль — это цель, а пока-ёкэ — только метод. Например, приспособление, не принимающее неправильно обработанную деталь, представляет собой устройство пока-ёкэ с функцией последующего контроля. Если последующий контроль (способствующий выявлению дефектов после их возникновения) — не самый эффективный путь устранения дефектов в конкретном процессе, следует применить другую систему. Безусловно, методы пока-ёкэ, выполняющие другие функции систем контроля, могут быть очень разными.

Первый шаг при выборе эффективных методов управления качеством — поиск системы контроля, которая наилучшим образом будет соответствовать требованиям конкретного процесса.

Затем нужно отыскать метод пока-ёкэ, способный выполнить конкретную регулируемую функцию контроля: контролирующего или предупреждающего типа. Только после этого следует рассматривать установочную функцию или конструкцию устройства, ис-

пользующего метод контакта, фиксированного значения или шагов-движений.



Пример 1.5— применение устройств пока-ёкэ у поставщика компании Toyota. В компании Agawaka Shatai производят кузова автомобилей, в которых задняя панель двери состоит из пластины, покрытой кожей, прикрепленной 20 зажимами. Несколько раз в месяц возникал следующий дефект: один или два зажима оставались незакрепленными. Рабочим предложили быть более внимательными, и частота дефекта на время снизилась, но затем вернулась на первоначальный уровень.

Поскольку это хронический дефект, было установлено предупреждающее устройство пока-ёкэ, дающее сигнал, когда зажим не закреплен. При возникновении такой ситуации звучит сигнал и рабочий останавливает пресс. Дефектная панель немедленно возвращается на предыдущий процесс, и пропущенный зажим закрепляется.

Доля пропусков упала до нуля. В данном случае контактное устройство пока-ёкэ выполняет сплошной последующий контроль (рис. 12).

В другом процессе на этом же заводе к сиденьям автомобиля прикреплялась металлическая арматура.

Производственный процесс смешанного типа предусматривал изготовление 8 видов сидений для автомобилей Corona, Mark II, Celica и др. на одной линии. Рабочие следовали инструкциям, отмечаемым в карточках канбана, и прикрепляли к сиденьям соответствующие детали арматуры*. Однако несколько раз в месяц детали арматуры прикреплялись неправильно. Для решения проблемы было введено устройство пока-ёкэ.

Теперь к нижней части канбана для каждой модели прикрепляется небольшой диск из фольги. Когда канбан прибывает с сиденьем, рабочий вводит карточку в специально разработанное устройство, снабженное фотоэлектрическим датчиком отражающего света. Форма диска активизирует датчик, который зажигает лампочки и открывает крышки у тех ящиков, которые содержат детали для данной модели. Рабочий вынимает их и крепит к сиденью. Поскольку ящики остаются закрытыми, пока не активизируются канбаном, нельзя случайно взять детали арматуры из других ящиков (рис. 13).

* Термин «канбан» относится к сигнальной цеховой системе, но в компании Toyota означает просто любой небольшой знак, помещенный перед рабочим. Термин детально обсуждается в главе 9.

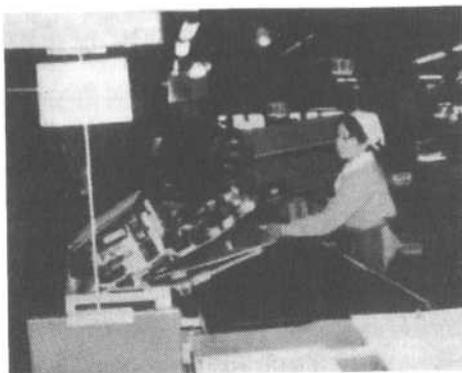


Рис.12. Устройство пока-ёкэ для зажимов.

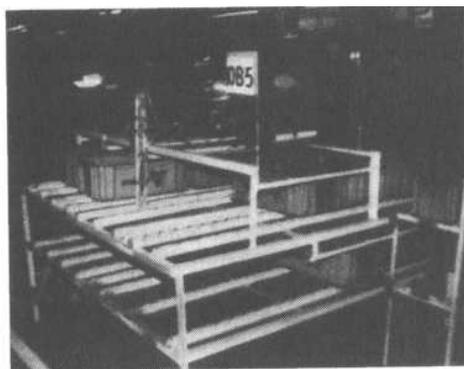


Рис.13. Устройство пока-ёкэ для металлической арматуры.

Введение этого метода позволило полностью устранить появление дефектов. Когда одного из рабочих спросили, что он думает по этому поводу, он ответил на местном сленге: «Пока-ёкэ? О, это анкы!», что означает «весело». В данном случае устройство пока-ёкэ, работающее по методу шагов-движений, выполняет функцию самоконтроля и освобождает рабочих от необходимости обращать внимание на выбор деталей арматуры. Это позволяет им полностью сосредоточиться на завертывании болтов.

Важно понимать, что существует два вида забывчивости. Поскольку все мы не безупречны, каждый может упустить что-то. Это первый вид забывчивости. Второй — «забывание, что мы можем забыть»: мы забываем убедиться, что не пропустили чего-нибудь. Для исключения таких промахов составляются контрольные листки. Методы пока-ёкэ встраивают функции такого листка в операцию, напоминая о том, что может быть по невниманию упущено.

Совершенствование транспортировки

Транспортировка или перемещение материалов требует затрат, но не добавляет ценности продукции. В большинстве случаев стараются улучшить транспортирование, используя вилочные подъемники, конвейеры, лотки и т.п., которые, по сути, позволяют улучшить только *работу* транспорта. Реальное усовершенствование *исключает* функцию транспортировки, насколько это возможно. Цель — повышение эффективности производства — достигается посредством улучшения расположения процессов.

Пример 1.6— улучшение схемы расположения. Tokai Iron Works — небольшой завод, производящий штампованные изделия широкой номенклатуры в небольших объемах. В компании были низкая производительность труда и хронические задержки поставок, поэтому требовалось провести фундаментальные улучшения.

Прессы Tokai, хотя и применялись для производства широкой номенклатуры изделий, выполняли только 3 типа простых операций: пробивание отверстий, сгибание и тиснение, иногда маркировку. Станки были выстроены по типам и сгруппированы по принципу максимизации объема выпуска. В результате на заводе преобладало производство крупными партиями и приходилось использовать гораздо больше людей, чем необходимо для транспортировки различных изделий от одной группы станков к другим.

Решения проблем Tokai выполнялись поэтапно: сначала переставили станки согласно технологическому маршруту изготовления продукции. Затем установили конвейер с шириной ленты 60 см и поместили 10 прессов по обеим его сторонам.

Такое размещение станков позволило выстроить поток единичных изделий, что способствовало устранению транспортировки и значительно увеличению уровня загрузки оборудования. Объем незавершенного производства сократился, длина цикла сократилась, а завод стал более просторным. Производительность возросла на 200 %, а хронические задержки поставки были полностью ликвидированы.

Необходимо понимать, что совершенствование транспорта и улучшение *операций* транспортировки — две совершенно разные задачи. Транспортировка лишь повышает затраты, не прибавляя ценности продукции. Обычно процесс с точки зрения трудозатрат состоит на 45 % из обработки, по 5 % на контроль и задержки, а остальные 45 % связаны с затратами на транспортировку. Даже если ручная транспортировка заменяется механизированной, трудозатраты просто смещаются с ручных средств на механические, но отнюдь не исключаются. Поэтому полное устранение транспортировки с помощью улучшения размещения является вполне обоснованной целью.

Только после того как исчерпаны все возможности по оптимизации расположения, следует заниматься улучшением транспортировки, которую нельзя исключить, за счет механизации.

Исключение хранения

Как подчеркивалось ранее, существует два типа задержек, связанных с хранением: хранение между процессами (*задержки процесса*) и хранение партии (*задержки партии*).

Устранение задержек процесса

Задержки процесса относятся как к партиям, так и к необработанным изделиям, ожидающим обработки или доставки (например, поставщик может держать определенный запас для компании-потребителя). Избыточный запас создается двумя путями:

- переоценивается доля дефектных изделий, создается избыток произведенной продукции, в результате образуются «количественные» задержки процесса; в этом случае излишки продукции приходится хранить между процессами;
- производство опережает график или большое количество изделий произведено слишком рано, в результате возникают задержки процесса из-за графика.

Существует три типа хранения между процессами:

- **Хранение О.** С точки зрения *организации* производства некоторые виды хранения происходят из-за несбалансированного потока между процессами.
- **Хранение У.** С точки зрения *управления* производством допускаются буферные запасы, чтобы избежать последствий поломок станков, задерживающих последующие процессы.
- **Хранение Б.** Так называемый «*безопасный запас*»—перепроизводство сверх объема, требуемого для текущего управления, позволяющее менеджерам «быть спокойными».

Устранение хранения О

На хранение материала между процессами могут повлиять два фактора протекания процесса: выравнивание и синхронизация.

Выравнивание количества продукции. Выравнивание означает, что в любом процессе производится одинаковое количество деталей; оно включает балансирование объема выпуска и производитель-

ность. Как правило, производительность, особенно станков, не сбалансирована между процессами. В результате может создаваться запас между процессами с высоким и низким уровнями производительности, если оборудование на обоих процессах работает на полную мощность.

В компании Toyota количество, которое нужно произвести, целиком обусловлено заказом. Если процессы с низкой производительностью могут произвести требуемое количество, работу процессов с высокой производительностью поддерживают на этом же уровне путем замедления обработки либо работы с перерывами. Если же оборудование с более низкой производительностью не может обеспечить производство требуемого объема продукции, его необходимо улучшать.

Такой подход противоречит распространенному мнению, что каждый процесс должен работать с максимальной эффективностью. Однако сбалансированность мощностей всего процесса с целью устранения хранения между операциями является, вообще говоря, более продуктивным подходом. Хотя неиспользуемым или избыточным мощностям, если они не вносят вклада в прибыль, можно присвоить стоимостное значение, устранение скрытых затрат из-за перепроизводства в действительности экономит деньги.

Существует три пути, позволяющих произвести выравнивание количества:

- стандартизировать (выровнять) процессы производственной линии по процессу с наивысшей производительностью;
- стандартизировать процессы линии по процессу с наиболее низкой производительностью;
- сбалансировать количество продукции на уровне, необходимом для выполнения требований заказа.

Конечно, если завод применяет хранение типа У (буферный запас), то необходимость заботиться о сбалансированности производительности между процессами уменьшается.

Пример 1.7— устранение хранения. В компании Iida Metal Company операция на вырубном станке с производительностью 90 ударов в минуту предшествует операции на прессе с 60 ударами в минуту. В результате излишние заготовки накапливались на поддонах и хранились в углу цеха, откуда доставлялись к прессу по мере необходимости. При этом вырубной станок из-за его высокой производительности примерно у 1/3 месяца простаивал.

Чтобы исключить хранение заготовок, были проведены три мероприятия. Во-первых, вырубной станок и пресс расположили в непосредственной близости друг от друга. Во-вторых, между станками установили специальный накопитель (су-

пермаркет) для хранения заготовок. Вырубной станок теперь работает приблизительно 2 минуты, чтобы наполнить супермаркет, а затем автоматически отключается. В-третьих, в то время как прессование выполняется, рубной станок выключен до тех пор, пока в супермаркете не останется лишь несколько заготовок. Вырубной станок включается приблизительно через минуту, чтобы вновь наполнить супермаркет.

Необходимо заметить, что фактически работа рубного станка не изменилась — простой на 1 минуту из каждых 3 эквивалентен отключению на U месяца. Однако выравнивание производительности двух станков устранило перепроизводство и накопление и дало реальную экономию.

В примере 1.7 рубной станок имел избыточные мощности, которые были использованы тем, что станок стал снабжать заготовками два прессы. Для подобной ситуации есть и другие способы выравнивать производство между процессами.

- *Работа с обходным потоком.* Так как линия прессов А использовалась для производства большого объема продукции, она соединялась с рубным станком непосредственно. Избыточные изделия складировались на поддон и затем, по мере наполнения поддона, подавались на другие прессы на линии.

- *Работа со смешанным потоком (с заменой штампа в одно касание).* Рубной станок производил 500 штук заготовок А, которые направлялись на линию А. При замене штампа в одно касание он мог производить 300 заготовок В для линии В, тем самым создавая смешанный поток. В этой ситуации между рубным станком и прессовой линией устанавливался подходящий накопитель.

- *Дешевое загрузочное устройство материала.* Еще один положительный результат получили, купив бывший в употреблении пресс, единственной задачей которого была передача заготовок на линию А. Добавление к прессу загрузочного устройства преобразовало его в недорогой самодельный рубной станок, который затем был использован непосредственно для подачи заготовок на линию А.

Эти примеры показывают, что наличие высокопроизводительных станков не оправдывает излишнюю обработку и хранение продукции. Принцип прост: производственная мощность процесса должна *удовлетворять* требования производства, а не *определять* их.

Кроме того, прямой технологический маршрут процесса часто является ключевым элементом в выравнивании объема выпускае-

мой продукции. Гладкое течение способствует устранению хранения, сокращает трудозатраты и цикл производства. Это также улучшает качество, обеспечивая обратную связь в случае появления дефектных изделий.

Синхронизация. Второй путь устранения хранения О — это синхронизация производственного потока между операциями. Даже если количество продукции выровнено, ненужное хранение может наблюдаться между операциями, если они не синхронизированы.

С практической точки зрения, когда количество выровнено, достижение синхронизации — часто вопрос эффективного планирования производства. В прошлом синхронизация осуществлялась для предупреждения хранения между процессами без признания важности выравнивания количества продукции. Однако предварительно нужно осуществить выравнивание количества выпуска, так как это помогает устранить задержки процесса, затрудняющие синхронизацию. Данный факт также подчеркивает важность синхронизации *всего* потока процесса, что предполагает предварительное выравнивание количества на каждой стадии процесса, включая прессование, точечную сварку, окраску и т.п.

Устранение хранения У

Буферные запасы (хранение У) компенсируют такие хронические проблемы, как поломка станков, дефекты, простои из-за смены инструментов и штампов, внезапные изменения графика производства и т.п. Когда эти проблемы не рассматриваются как причины перепроизводства, именно тогда буферные запасы выглядят неизбежным злом и поддерживаются производственным отделом. Это неправильное восприятие. Хранения У можно избежать устранением ниже перечисленных проблем.

Поломка станков. Когда станок выходит из строя, для последующих процессов используют буферные запасы, чтобы производственный поток не прерывался. Однако такая мера повышает затраты производства, не снижая числа поломок. Чтобы снизить объем хранения типа У, нужно тщательно исследовать причины поломок, даже если это требует остановки линии, и принять меры для предупреждения подобных поломок. При этом необходимость в буферных запасах отпадет (другой подход к предупреждению поломок, обсуждаемый в главе 2, — применение автоматизированных устройств для обнаружения предотказовых состояний).

Дефектные изделия. Когда появляются дефектные изделия, нарушается ход производственного процесса. Именно поэтому между процессами часто хранятся полуфабрикаты для замены, при необходимости, дефектных изделий. Такой подход основан на предположении, что некоторое число дефектов неизбежно. Тем не менее оно может быть сведено к нулю с помощью предупреждающего контроля и использования простых методов сплошного контроля, которые делают хранение У ненужным.

Хранение для исключения задержек процесса при длительной переналадке оборудования. Когда замена инструментов и штампов вызывает длительные задержки, приходится снижать среднее время обработки единицы изделия за счет увеличения размера партий. Однако это увеличивает затраты на хранение продукции.

Для определения размера партий, который сбалансирует данные факторы, была разработана система «экономически оправданных заказов» (Economic Order Quantity — EOQ). Но она полезна только тогда, когда попытки снизить время переналадки не привели к успеху.

В большинстве случаев время переналадки можно значительно снизить такими методами, как одномоментная замена штампов (Single-Minute Exchange of Die — SMED) (пожалуйста, обратитесь к общему обсуждению, приведенному на с. 96-111 главы 2).

В компании Mitsubishi Heavy Industries применение SMED привело к значительным улучшениям: так, переналадка 8-шпиндельного расточного станка была снижена с 24 часов до 2 минут 40 секунд в течение года. В компании Toyota переналадка болтовисадного станка была сокращена с 8 часов до 58 секунд. Я мог бы назвать свыше 400 случаев, в которых время переналадки было снижено в среднем в 20 раз относительно исходного. Неудивительно, что система EOQ исчезла из инженерной экономики.

Изменения в производственном плане. Буферные запасы помогают оперативно увеличивать производство при увеличении заказов или объема поставок. Однако эти запасы не нужны, когда:

- изменения могут быть достигнуты при помощи быстрой переналадки;
- короткие производственные циклы позволяют изменять объемы производства;
- гибкость производственных мощностей, получаемая за счет автономизации (см. главу 2), помогает повышать объем производства.

Пример 1.8 — поставки заранее. Компания Togo Industries изготавливает автомобильные рессоры. Как-то потребитель позвонил с просьбой, чтобы заказ, поставка которого планировалась через несколько дней, был доставлен на следующее утро. При такой задаче производится переналадка штампа за 3 минуты и рессоры выпускаются после рабочей смены на станках, оборудованных автоматическими пусковыми и останавливающими устройствами. На следующее утро рессоры проходят термообработку и поставляются в 10 часов утра. Хотя такие заказы довольно редки, компания Togo подготовлена к их выполнению без использования резервных запасов.

Накопление между станками разной производительности. Когда высокопроизводительный станок изготавливает изделия для нескольких низкопроизводительных станков или, наоборот, получает изделия от них, неизбежно накопление изделий между процессами. Для снижения уровня запасов можно провести два мероприятия:

- несколько недорогих низкопроизводительных станков непосредственно связать с последующими высокопроизводительными станками для устранения накопления;
- внедрить быструю замену штампов и производство малыми партиями для сведения накопления запасов между процессами к минимуму.

Смысл заключается в том, что инвестиции обходятся дорого и использование высокопроизводительных станков не всегда является лучшим решением для выполнения требований производства.

Накопление в результате различия времени обработки. Например, накопление возникает, когда вся механическая обработка ведется в одну смену, а последующая термообработка и покрытие — в три смены. Чтобы устранить хранение между процессами, нужно:

- применить автономизацию для процессов обработки и организовать трехсменную работу без рабочих;
- повысить эффективность процессов термообработки и покрытия, чтобы производить необходимые работы в одну смену или использовать сверхурочную работу, чтобы сбалансировать операции.

Устранение хранения Б

Хранение типа Б не вызывается дисбалансом или другой предсказуемой проблемой, оно, вероятнее всего, предназначено для повышения чувства безопасности у руководителя. Именно поэтому такое хранение иногда называют «безопасным запасом» или «пред-

охранительным резервом». Кроме указанных общих причин, такой тип хранения является следствием четырех причин:

- устранение потенциальной возможности задержек поставки;
- ошибки планирования;
- переоценка объема буферного запаса, вызываемого поломками и дефектами;
- неопределенность в графике производства.

Пример 1.9 — устранение безопасного запаса. В компании Asahi National Electric комплектующие детали, поступающие от внешних заводов и поставщиков, сначала хранятся на складе, а затем подаются на сборку. Я сказал исполнительному директору, что это напоминает получение денег и откладывание их на сберегательный счет только затем, чтобы на следующий день снять и покрыть насущные расходы на жизнь. «Почему не использовать сегодняшнюю зарплату напрямую для завтрашних нужд?» — спросил я. — «Мы откладываем деньги для таких вещей, как покупка автомобиля или оплата медицинских счетов. Почему вы не делаете сбережений просто на всякий случай, на черный день? Аналогично, почему вы не доставляете полученные изделия прямо на сборку, а сначала храните их на складе?»

Исполнительный директор попросил поставщиков предоставлять только то число изделий, которое требуется для однодневного производства и прямо на сборочный участок. Запас на складе теперь считается «безопасным запасом» и остается в стороне. Только когда в поставках обнаруживаются дефектные изделия, годные детали «занимаются» со склада. Аналогично из страховых запасов берутся детали и при выходе из строя станков. На следующий день детали в позаимствованном количестве производятся и безопасный запас пополняется. При этом ежедневные требования выполняются непосредственно, а неожиданные — путем заимствованиями из сбережений, которые позже восстанавливаются.

После двух месяцев использования этого метода при сборке систем омыwania стекол 24 единицы из 60 не требовали деталей-заменителей со склада. Остальные 36 использовали в среднем ^ запаса со склада для замены дефектных деталей. Благодаря этому дополнительному фактору управления работа выполнялась более тщательно, а дефекты обработки упали на 50 %.

В ходе эксперимента выявилась хроническая проблема со сборкой зеркал. Хотя зеркала защищены резиновой рамкой, они часто ломались из-за ошибок при операции сборки. Это заставляло дважды останавливать линию. Было обнаружено, что рабочий вдавливал нижний край зеркала в резину, чтобы сделать достаточный зазор вверху рамки и вставить зеркало в раму. При этом он нажимал на лицевую сторону зеркала рукой, и если усилие было достаточно сильным, зеркало лопалось. Более того, проблема обострялась, когда опытный рабочий на операции отсутствовал и его заменял менее опытный человек.

Поскольку сломанные зеркала легко заменить, никто не анализировал возможности устранения данной проблемы. Но ужесточение контроля за заменой дефектных деталей сделало необходимым улучшений актуальным. После анализа операции были внесены изменения, которые позволили даже молодым рабочим вставлять зеркала без поломок. Было установлено устройство со специальным кулачком. При повороте его рукоятки зеркало толкалось вниз в рамку с умеренной, но достаточной силой.

Умелое использование безопасных запасов привело к трем важным улучшениям:

- запасы на новом уровне управления были снижены на 80 %;
- более тщательная работа на сборочной линии позволила снизить дефекты обработки на 50 %;
- управление заменой дефектных единиц помогло выявить скрытые проблемы и сосредоточить внимание на их глубинных причинах, что привело к дополнительному снижению случайных дефектов и объема безопасного запаса за счет улучшенной оснастки.

Я называю это двухшаговым подходом к улучшению качества за счет системы безопасных запасов: текущие уровни запасов заморожены и используются как безопасные запасы; дневные требования покрываются только в случае необходимости. Такой подход позволяет выявлять действительные потребности в безопасном запасе при существующем уровне управления и делает очевидными проблемы, обычно скрытые излишними запасами. И то, и другое можно улучшать, добиваясь снижения уровня безопасного запаса.

Чтобы успешно использовать этот метод, управление производством должно сначала ответить на следующие вопросы:

- Какой безопасный запас необходим при текущем уровне управления?
- Уровень каких запасов (связанных с дефектами, поломками и т.п.) сейчас превышает потребности в них? Какие безопасные запасы на самом деле не нужны и появляются из-за наличия преждевременного или избыточного производства?
- Что обуславливает необходимость наличия безопасного запаса?

Такой метод снижения безопасного запаса помогает также сгладить переход к беззапасному производству. Уровень незавершенного производства фиксируется на существующем уровне; снижение происходит постепенно по мере усовершенствований и выяснения реальных причин.

Заключение

Задержки процесса возникают в результате несбалансированности и нестабильности при обработке, контроле, транспортировке и на других этапах выполнения производственных процессов. Запас накапливается, если мы стараемся компенсировать эти слабые места. К сожалению, чем больше растет запас, тем сильнее маскируются глубинные проблемы и тормозится их непосредственное решение. Одно лишь устранение запасов не решит эти фундаментальные про-

блемы. Должны быть устранены причины нестабильностей. Когда плохое протекание производственного процесса, дефекты, поломки станков, большое время переналадки и др. будут исправлены, накопления постепенно сократятся и в конце концов могут быть полностью исключены.

Устранение задержек партий

Когда детали обрабатываются партиями, вся партия, кроме обрабатываемой детали, задерживается на «хранение» в обработанном или необработанном состоянии, пока все единицы в партии не будут готовы. Каждую деталь приходится задерживать.

Улучшения производства большими партиями

Таким задержкам уделялось мало внимания, так как они обычно «растворялись» во времени обработки. Они также недооценивались, когда анализировалась эффективность производства большими партиями. Причиной увеличения размеров партий было то, что такая обработка компенсирует задержки из-за длительных установок. Например, когда замена штампа занимает 4 часа, а рабочее время для одного изделия — одна минута, кажущееся время обработки можно снизить увеличением размера партий, например от 100 до 1000 изделий (табл. 1.1). Правда заключается в том, что задержки партий значительно увеличивают производственный цикл (табл. 1.2).

Таблица 1.1. Соотношение между временем наладки и размером партии — I

Время наладки	Размер партии	Основное время обработки на изделие	Время операции	Отношение (%)	Отношение (%)
4 часа	100	1 мин	$1 \text{ мин} + \frac{4 \times 60}{100} = 3,4 \text{ мин}$	100	
4 часа	1000	1 мин	$1 \text{ мин} + \frac{4 \times 60}{1000} = 1,24 \text{ мин}$	36	100
4 часа	10000	1 мин	$1 \text{ мин} + \frac{4 \times 60}{10000} = 1,024 \text{ мин}$	30	83

Таблица 1.2. Соотношение между временем наладки и размером партии — II

Время наладки	Размер партии	Основное время обработки на изделие	Время операции	Отношение (%)	Отношение (%)
8 часов	100	1 мин	$1 \text{ мин} + \frac{8 \times 60}{100} = 5,8 \text{ мин}$	100	
8 часов	1000	1 мин	$1 \text{ мин} + \frac{8 \times 60}{100} = 1,48 \text{ мин}$	26	100
8 часов	10000	1 мин	$1 \text{ мин} + \frac{8 \times 60}{100} = 1,048 \text{ мин}$	18	71

Если цикл производства L продукции составляет $n \times T$ при времени обработки всей партии на одной операции $T = 5$ часов, а число операций $n - 3$, то цикл производства $l = 3 \times 5 = 15$ часов. Однако если одно изделие передается на следующий процесс по окончании его обработки, то цикл производства l

$$l = T + (n - 1) \times t^* = 5 + (3 - 1) \times 1 \text{ мин} = 5 \text{ часов и 2 минуты.}$$

Поэтому

$$\frac{l}{L} = \frac{T + (n - 1)t}{nT} = \frac{1}{n} = \frac{5 \text{ час} - 2 \text{ мин}}{15 \text{ час}} = \frac{1}{3}.$$

Как показано, величина $(n - 1) \times t$ обычно пренебрежимо мала по сравнению с величиной T . В этом случае

$$\frac{l}{L} = \frac{1}{n}.$$

Итак, если три процесса заменены на производственный поток по одному изделию, длительность цикла производства можно снизить на $\frac{1}{3}$. Если заменяются 10 процессов, цикл производства составит $\frac{1}{10}$ от исходной длительности (рис. 14).

Совершенствование через транспортировку и SMED

Производственный цикл значительно сокращается при устранении задержек партий. Но многие заводы сохраняют задержки, вызванные производством партиями, так как считают, что такая орга-

t - 1 минута — время обработки одного изделия.

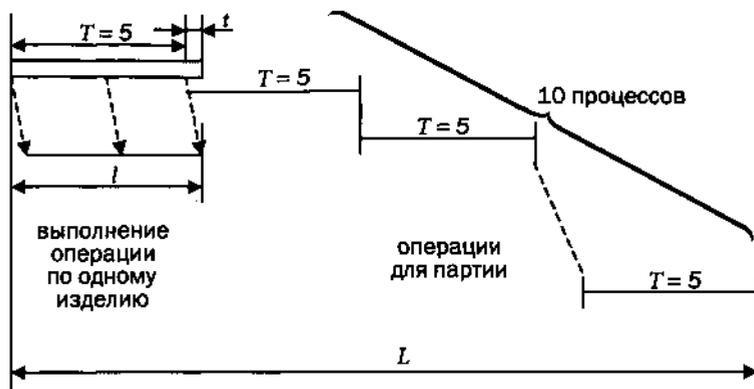


Рис. 14. Совершенствование задержек процесса.

низация работы снижает относительные затраты на наладку и экономит человеко-часы.

Однако часто это мнение основывается на ложных предположениях, что *производство партиями* снижает человеко-часы, а *транспортировка партий* сокращает производственный цикл. Но наибольшее снижение времени производства достигается (даже при производстве крупными партиями в 1000 шт.), когда каждое изделие транспортируется на следующий процесс отдельно. Хотя транспортировка каждого изделия от одного процесса к следующему увеличивает транспортные затраты, это проблема решается с помощью улучшения размещения. После улучшения размещения следует рассмотреть пути возможного улучшения процесса транспортировки, такие, как размещение последовательных процессов в непосредственной близости друг от друга или соединение их конвейерами. Это позволяет легко транспортировать обработанные изделия от одного процесса к другому. Таким образом, улучшение размещения резко сокращает как производственный цикл, так и транспортные затраты.

Кроме того, при принятии системы SMED время наладки может сократиться до такой степени, что преимущества увеличения размера обрабатываемых партий просто больше не будет. Не исключено, например, снижение времени переналадки с 4 часов до 5 минут.

Период заказ — поставка и укороченное производство

Снижение времени производства, как отмечено выше, требует устранения хранения между процессами. Когда производственный Цикл сокращается, хранение уменьшается. Для снижения задержек

от хранения наиболее полезно понимание того, как соотносятся производственный цикл и период заказ — поставка.

Период заказ — поставка обозначим D а период от первого процесса до последнего (производственный цикл) — P . Их соотношение наиболее важно, когда D меньше P ($D < P$). Например, если в заказе поставка продукции должна быть осуществлена через 10 дней, а на ее производство требуется 20 дней, очевидно, что условие заказа невыполнимо. Для того чтобы D всегда было больше P , нужно сделать достаточный запас и использовать его для всех заказов, у которых срок поставки меньше 20 дней (рис. 15). Это обычно достигается использованием предпроизводства (получения полубработоранных деталей — полуфабрикатов) для снижения времени основного производства (P') > что, однако, приводит к увеличению хранения между процессами. Если прогноз заказов на продукцию неверен, эти накопления могут быть больше, чем нужно, или требовать более длительного времени хранения. Для избегания избыточных накоплений абсолютный цикл производства от начала процесса до окончания (P_0) должен быть меньше, чем D т.е. $D > P_0$.

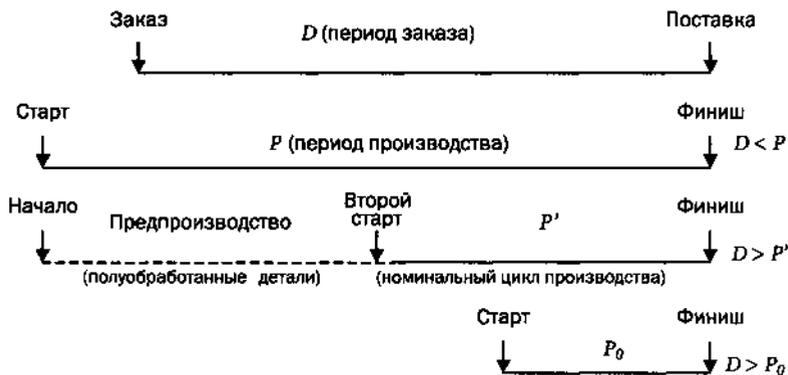


Рис. 15. Соотношение периодов D и P .

Как правило, полуфабрикаты держат между процессами где-то от половины до учетверенного периода обработки. Если этот период устранить выравниванием количества и синхронизацией, производственный цикл можно сократить примерно на 80 %.

Другой важный фактор при определении длительности производственного цикла — это хранение для поддержания размера партии. Его устранение также может значительно снизить P в зависимости от числа процессов. Например, когда задействованы 3 процесса:

- устранение хранения между процессами приводит к сокращению производственного цикла на 60-80 %;
- устранение хранения для поддержания размера партии приводит к сокращению производственного цикла на 70 %.

Совместное воздействие двух этих стратегий позволяет сократить цикл на 86-93 %. Когда участвуют 10 процессов, снижение может достичь 96-98 %.

Рассмотренный метод уменьшения задержки времени производства является основой производственной системы Тойоты. В сочетании с практикой SMED поставки могут делаться даже за очень короткое время без всякого запаса.

Пример 1.10—сокращение производственного цикла. Компания R Manufacturing производит фургоны-рефрижераторы. Во время нефтяного кризиса 1970-х годов заказы и прибыль упали, а компания осталась с 23 непроданными рефрижераторами в запасе. Период *D* был намного меньше периода *P*. Хотя окончательная спецификация на заказы определялась за 7-10 дней до поставки, производственный цикл продолжался 3 недели. Стандартные шасси изготавливались заранее, а специальные устройства добавлялись по заказу. Когда объем заказов сократился, эти стандартные шасси превратились в запас.

Чтобы восстановить прибыльность, компании пришлось значительно сократить время производственного цикла, с этой целью было предпринято несколько шагов. Размещение производства изменили, чтобы создать поток единичных изделий и устранить хранение между процессами. При таком переходе стали видны многие возможности для улучшения. Например, материалы собирались в партии по 10 единиц, а за счет внедрения метода быстрой переналадки удалось наладить поток единичных изделий. В другом случае приклеивание теплоизоляции на стенки рефрижератора и затем просушка требовали 9 дней, основную часть которых занимала просушка партиями по 10 боковых стенок, 10 задних стенок, 10 верхних и т.д. Этот период был снижен до 1,5 дня просушкой всех стенок каждого изделия одновременно.

В течение полутора лет производственный цикл сократили до 5 дней и запасы готовых шасси были устранены, исчезла необходимость предпроизводства. Это позволило компании восстановиться после нефтяного кризиса и стать более эффективной.

Мы уже говорили, что многие менеджеры и мастера думают, что производство партиями обладает преимуществом или что специфика их производственного процесса не позволяет организовать производство по принципу потока единичных изделий. Эти взгляды неверны, если мы придерживаемся общепринятой классической точки зрения на производство. Приведенные примеры ясно показывают важность соотношения между *D* и *P* в производственном менеджменте и его глубокого исследования и улучшения.

В 1979 году в интервью журналу Plant Management Magazine бывший вице-президент компании Toyota Motor Тайити Оно на вопрос,

приведет ли применение производственной системы компании Toyota в будущем к многопродуктному производству малыми партиями с хорошими результатами, ответил:

«Компания Toyota Motor начала с производства малыми партиями различных изделий. Мы искали эффективные методы для осуществления производства многих типов изделий небольшими партиями, чтобы догнать США. Какой тип производственной системы могли бы мы принять? Мы остановились на системе SMED, созданной г-ном С. Синго.

Если замена штампов проводится квалифицированно, производство небольшими партиями становится недорогим. Японцы должны найти пути производства разнообразных изделий в малых, средних и даже больших количествах — кто еще возьмется за это? Подходит ли превосходное американское производственное оборудование для японских предприятий? Чем больше мы изучаем ситуацию, тем больше находим факторов, препятствующих его применению. Поскольку американское оборудование рассчитано на небольшой ассортимент изделий, крупные партии и необычайно высокие объемы продаж, оно не подходит для нас. Но так как оборудование довольно высокого качества, мы хотим купить эти дорогие станки и использовать их в любом случае».

Выводы

В компании Toyota введено производство смешанных моделей автомобилей небольшими партиями, для того чтобы догнать американских автопроизводителей. Подход компании Toyota состоит в первоочередном устранении неэффективности при обработке, контроле и транспортировке. Затем мы атакуем проблемы с хранением, чтобы ликвидировать накопление изделий в процессе работы и готовой продукции по всему производственному процессу.

Глава 2

УЛУЧШЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ

Общие сведения об операциях

В главе 1 были описаны четыре действия, составляющих основу любого процесса: обработка, контроль, транспортировка и задержка. В данной главе мы рассмотрим операции.

Хотя в реальности операции сильно отличаются друг от друга, в целом их можно разделить на следующие группы:

Установочные операции — приготовления, выполняемые до и после операции, включая установку, удаление и регулировку штампов, инструментов, приспособлений и т.п.

Главные операции — выполнение требуемой работы; сюда входят *основные операции* (действия, которые отличают главную операцию), которые включают в себя:

- обработку — изготовление продукции;
- контроль — измерение качества;
- транспортировку — перемещение материалов;
- хранение — содержание или хранение деталей.

К ним также относятся *вспомогательные операции* (действия, помогающие выполнять главные операции), например:

- при обработке — закрепление материала или частей на станке и снятие их после обработки;
- при контроле — помещение изделия в измерительный прибор и изъятие из него;
- при транспортировке — погрузка и разгрузка материалов;
- при хранении — помещение деталей в зону хранения и удаление из нее.

Сопутствующие действия — действия, косвенно связанные с операцией, например:

- операционные действия — работа, опосредованно связанная с основной, например смазывание, удаление защитных покрытий, удаление стружки, переделка дефектных изделий, ремонт станков и т.п.;

- действия на рабочем месте — деятельность, общая для нескольких разных операций, например приемка материалов, размещение изделий на поддоны и т.п.

Личные нужды — действия, не связанные с операцией, но удовлетворяющие определенные нужды оператора. Эти нужды подразделяются на два типа:

- обусловленные усталостью — отдых между операциями;
- обусловленные физическими потребностями — питье воды, посещение туалета и т.п.

Структурная схема операций представлена на рис. 16.

Совершенствование наладки (замена штампов и оснастки)

Наиболее эффективные способы совершенствования переналадки — одномоментная замена штампов (Single-Minute Exchange of Die — SMED) и замена штампов в одно касание (One-Touch Exchange of Die — OTED).

Например, в компании Mitsubishi Heavy Industries время переналадки на 8-шпиндельном сверлильном станке было сокращено с 24 часов до 2 минут 40 секунд в течение года. За такой же период наладка, связанная с заменой болтовисадочного станка в компании Toyota Motor была сокращена с 8 часов до 58 секунд. В швейцарской компании H. Weidmann при наладке 50-унциевой (1415 граммов) формовочной машины для пластика время регулировки было уменьшено с 2,5 часа до 6 минут 35 секунд. И, наконец, в американской компании Federal Mogul Co. замена инструмента на размольной машине вместо 2 часов стала занимать 2 минуты.

Все это типичные примеры улучшений, достигнутых с использованием методов SMED и OTED. В среднем сокращение времени составляет 80-95 %.

Пример 2.1 — зарождение SMED: различие между двумя типами наладки. В 1950 году мне предложили проанализировать возможности повышения эффективности на заводе Тоюо Когоу компании Mazda, чтобы устранить узкие места в работе трех больших кузовных прессов. После посещения цеха я попросил менеджера прессового участка остановить производство на неделю, чтобы я смог найти решение для повышения имеющейся производительности 350-, 750- и 800-тонного прессов, ни один из которых не работал на полную мощность.

Менеджер ответил, что это бессмысленная потеря времени, ведь он и так уже поставил самых умелых и знающих рабочих на прессы для круглосуточной рабо-

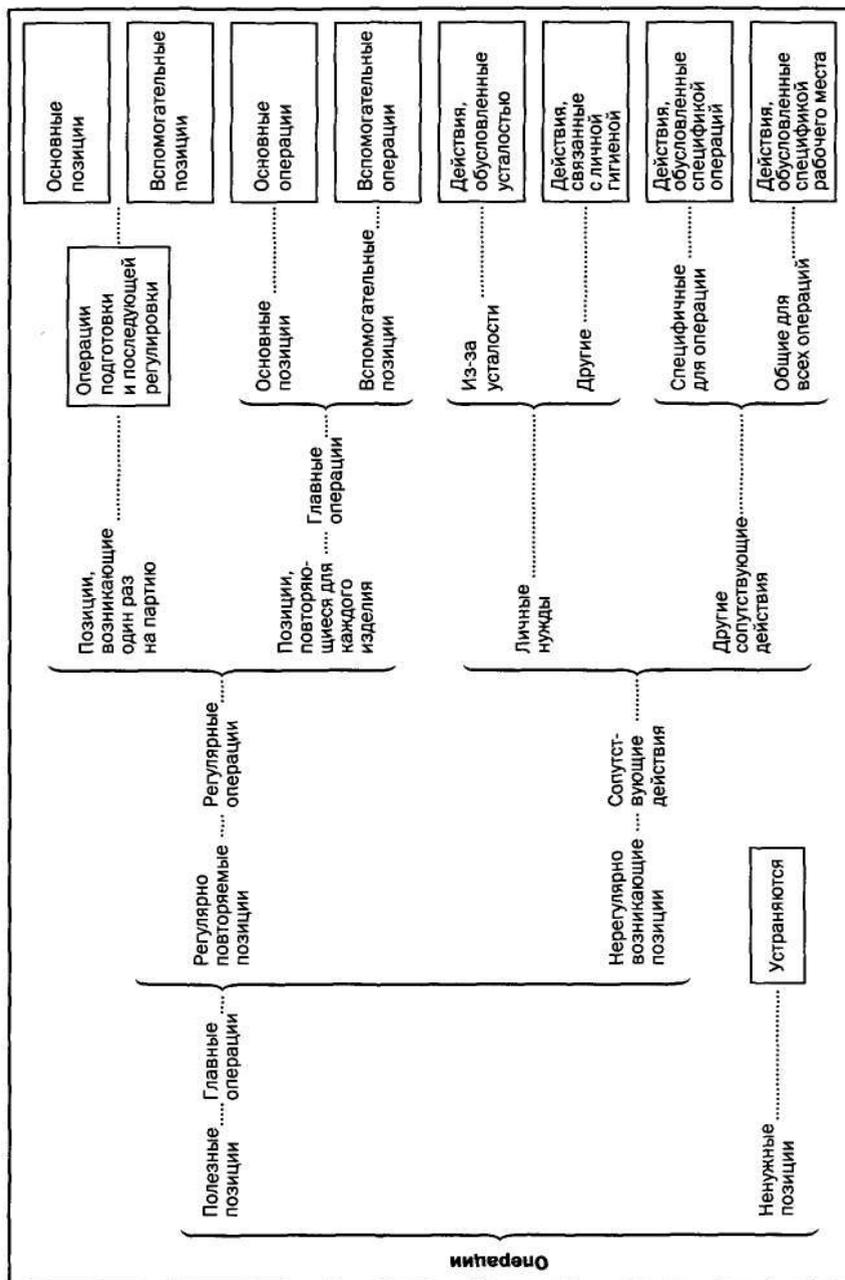


Рис. 16. Структура операций.

ты. По его мнению, единственный путь повышения производительности — это покупка большего количества станков, хотя руководство с этим не согласно.

Тогда я сказал: «Мне хотелось бы поддержать вашу точку зрения, но для этого позвольте провести необходимое исследование. Если действительно нет другого способа устранить узкие места, я посоветую руководству купить новые станки». Это побудило менеджера разрешить изучение.

Замену штампа на 800-тонном прессе планировалось выполнить на третий день. После снятия старого штампа рабочий вдруг начал метаться и что-то искать. Я бегал за ним с блокнотом, пытаюсь описать его действия. Наконец я спросил, что он ищет, и он ответил, что потерялся крепежный болт для нового штампа. «Уверен, что я положил его на полку для инструмента, но теперь его там нет». Мне оставалось ждать, пока он найдет потерявшийся болт.

Примерно через час рабочий принес болт. Я спросил: «Вы отыскали его?» Он ответил: «Нет. Но выхода не было, и я взял болт с другого пресса. Я немного задержался, поскольку пришлось его укоротить и обточить».

Я сказал ему несколько поощрительных слов, но подумал: «Что же он будет делать, когда придет время установки другого пресса?»

Замена штампа заняла почти весь день. Когда ее закончили, я поинтересовался, всегда ли это продолжается так долго. «О да, почти всегда», — ответил рабочий.

Результаты изучения работы 800-тонного пресса показаны на рис. 17. Фактически пресс участвовал в операциях штамповки лишь 3 % рабочего времени. Замена штампа и сопутствующие действия занимали 67 %.

Этот пример подсказывает, что есть 2 типа операций наладки:

- *внутренние операции наладки* (Internal Exchange of Die — IED) — операции, которые можно выполнять только на остановленном станке, такие, как монтаж или удаление штампа;
- *внешние операции наладки* (Outer Exchange of Die — OED) — операции, которые можно выполнять, когда станок работает, такие, как транспортировка штампа к месту хранения или от него.

При любом анализе операций наладки важно различать виды деятельности, которые можно проводить при работающей и остановленной машине. На заводе Тою Когую при использовании этого принципа время внутренней наладки было снижено на 50 %.

Пример 2.2 — вторая встреча со SMED. В 1957 году меня попросили повысить возможности крупного одноколонного продольно-строгального станка, применяемого для обработки рам дизелей на судовой фирме Mitsubishi в Хиросиме. Из-за больших габаритов рам и трудности замены инструментов чистое время работы станка составляло менее 50 %.

Анализ показал, что маркировка центра и размеров рамы делалась при остановленном станке, т. е. время работы станка значительно уменьшалось. При обсуждении этого с менеджером завода мне в голову внезапно пришла идея: почему не делать операции наладки для следующей рамы дизеля на втором столе станка? Поступая таким образом, можно менять столы точно так же, как мы переходим от одной партии к следующей, и значительно сократить перерывы операции строгания.

Такое усовершенствование позволило повысить производительность операции на 40 %.

Содержание операции	Наладка		Главная операция		Сопутствующие действия			Важные пункты для переосмысления																							
	Подготовка, регулировка	Основная операция	Основная операция	Вспомогательная операция	Гигиена	Усталость	Операционные	Рабочее место	Подготовка, последующая регулировка	Действия по рабочему месту																					
Станок	47,3 %	3,0 %	24,0 %	1,0 %	5,0 %	6,0 %	14,0 %	сек. 869	%	сек. 574	%	Трансп. материалов	сек. 776	%	Ожидание крана	сек. 902	%	Охлаждение материала	сек. 34	%	Помощь соседнему прессу	сек. 1162	%	Прочее	сек. 4,6						
																										800-тонный пресс	Основной оператор	Транспортировка штампа	Установка штампа	Регулировка	Снятие штампа
750-тонный пресс	46,3 %	4,27 %	23,6 %	0,0 %	1,84 %	7,34 %	16,65 %	сек. 1469	%	сек. 2231	%	Трансп. материалов	сек. 356	%	Ожидание крана	сек. 1599	%	Прочее	сек. 1963	%	Транспортировка штампа	Установка штампа	Регулировка	Снятие штампа	Прочее	сек. 7,9					
																											Основной оператор	Транспортировка штампа	Установка штампа	Регулировка	Снятие штампа
300-тонный пресс	23,5 %	0,0 %	15,8 %	0,0 %	13,2 %	4,9 %	42,6 %	сек. 1469	%	сек. 3711	%	Погрузка и разгрузка (матер.ов, изделий)	сек. 5635	%	Подготовка, регулировка	сек. 701	%	Ожидание окончания операции	сек. 380	%	Прочее	сек. 105	%	Трансп. материалов	сек. 1220	%	Ожидание крана	сек. 1556	%	Прочее	сек. 0,2
300-тонный пресс	40,4 %	9,0 %	27,0 %	0,0 %	2,0 %	13,0 %	9,0 %	сек. 2000	%	сек. 106	%	Трансп. материалов	сек. 1220	%	Ожидание крана	сек. 1556	%	Прочее	сек. 1699	%	Транспортировка штампа	Установка штампа	Регулировка	Снятие штампа	Прочее	сек. 6,7					
																											Основной оператор	Основной оператор	Транспортировка штампа	Установка штампа	Регулировка

Рис. 17. Анализ производственного процесса больших прессов.

То, что мы сделали, было преобразованием *внутренней* операции наладки во *внешнюю*. Это — фундаментальный принцип совершенствования переналадки. Если бы я подошел к этому вопросу именно как к усовершенствованию наладки в принципе, а не как к решению конкретной рабочей проблемы, система SMED была бы создана на 13 лет раньше.

Пример 2.3 — третья встреча со SMED: преобразование внутренней наладки во внешнюю. В 1970 году я посетил кузовной цех на главном заводе компании Toyota Motor. Руководство попросило менеджера отделения г-на Сугиуру сократить время четырехчасовой переналадки на 1000-тонном прессе на 50 % (по-видимому, в это же время компания Volkswagen в Германии смогла довести время замены на таком прессе до 2 часов).

Я высказал два пожелания: во-первых, четко различать операции внутренней и внешней наладки; во-вторых, улучшить операции обоих видов. За 6 месяцев время переналадки было сокращено до 1,5 часа.

Через несколько месяцев я вернулся на завод и г-н Сугиура сказал, что теперь руководство желает сократить время переналадки до 3 минут! Услышав это, я был ошеломлен, но затем вспомнил улучшения на верфи компании Mitsubishi. Почему бы не преобразовать внутреннюю наладку во внешнюю? Тут же родились несколько идей, и я быстро изобразил на доске конференц-зала 8 способов улучшений на основе этого принципа. За несколько месяцев новый подход позволил достичь трехминутной переналадки.

Предполагая, что *любую* переналадку можно будет проводить менее чем за 10 минут, я назвал эту концепцию «одноминутной заменой штампа», или SMED. Позже она была принята компанией Toyota Motor как один из принципиальных элементов производственной системы Тойоты.

Г-н Тайити Оно, бывший вице-президент компании Toyota Motor, а теперь консультант, написал о SMED в статье «Использование здравого смысла на предприятии» (Bringing Wisdom to the Factory) журнала «Management» Японской ассоциации менеджмента в июне 1976 года следующее:

«Примерно 10 лет назад производство в нашей компании происходило, насколько было возможно, в обычное рабочее время. Замены же резцов, сверл и других инструментов проводились в ночные перерывы или вечерами. У нас существовала практика заменять резцы после каждых 50 изготовленных изделий, но за последнее десятилетие объем производства стал расти и операторы станков вынуждены были тратить много времени на подобные замены. Одну из наибольших задержек вызывал многшпиндельный шлифовальный станок: замена абразивных кругов занимала полдня. Поскольку это могло задержать производство на все утро, для выполнения соответствующих действий мы перевели рабочих на полсмены в воскресенье.

Это — неэкономичный и поэтому неприемлемый способ организации производства. Действия по обслуживанию должны выполняться в регулярные рабочие

часы. Поэтому мы начали поиск путей для того, чтобы выполнение переналадок происходило как можно быстрее. Сигео Синго из Японской ассоциации менеджмента для повышения производительности предложил метод «одноминутной переналадки». Мы поняли, что этот метод может помочь в нашей ситуации, и начали внедрять его.

В прошлом, когда половина дня затрачивалась на переналадку, станок мог использоваться только 10 минут. Однако мы считали, что производственная операция должна продолжаться как минимум такое же время, как и переналадка. Однако это дало бы намного больше продукции, чем мы были в состоянии продать.

Теперь мы работаем над снижением времени замены до секунд. Конечно, об этом легче говорить, чем делать. Тем не менее мы намерены и далее уменьшать время переналадки».

Как показывает замечание г-на Оно, снижение времени переналадки помогает усовершенствовать производство в целом. По этой причине система SMED и стала существенным элементом развития производственной системы Тойоты.

Методы SMED

Время переналадки обычно распределено между 4 функциями:

- подготовка материалов, штампов, приспособлений и т.п. — 30 %;
- закрепление и снятие штампов и инструментов — 5 %;
- центрирование и размещение инструмента — 15 %;
- пробная обработка и регулировка — 50 %.

Ниже рассматриваются 8 основных методов системы SMED, используемых для снижения времени переналадки по каждой из этих функций.

Метод 1 — разделение внутренних и внешних операций наладки

Необходимо четко определить, какие из операций наладки должны выполняться при остановленном станке (внутренняя наладка, или IED), а какие могут выполняться при работающем станке (внешняя наладка, или OED). Например, все приготовления и транспортировка новых штампов, инструментов, приспособлений и материалов к станку и от него могут проводиться при работающем станке. Внутреннюю наладку следует ограничить снятием старого штампа или инструмента и установкой нового.

Простым разделением и организацией внешних и внутренних операций время внутренней наладки (неизбежный простой станка) можно снизить на 30-50 %.

Метод 2 — преобразование внутренних действий во внешние

Этот метод является самым мощным в системе SMED. Без него одноминутная переналадка была бы невозможна. Преобразование требует пересмотра операций с целью проверки, не осталось ли среди действий, отнесенных к внутренним, тех, которые на самом деле являются внешними.

Например, чтобы избежать затрат времени на внутреннюю наладку и регулировку высоты установки инструмента, действия по установке могут быть стандартизованы с помощью прикрепления блоков или клиньев для меньших штампов. Еще одно простое преобразование — разогрев штампа перед формовкой, устраняющий необходимость его разогрева предварительной работой.

Метод 3 — стандартизация функций, а не формы

Стандартизация формы и размеров штампов может значительно снизить время наладки. Однако стандартизация формы требует значительных затрат, поскольку все штампы должны подходить для наибольшего применяемого размера, что вызывает ненужные затраты.

С другой стороны, стандартизация функции требует только однородности деталей, необходимых для операций наладки. Например, добавление пластины или блока к краю приспособления штампа стандартизует размеры только этой детали и делает возможным применение одних и тех же зажимных устройств при различных наладках.

Метод 4 — применение функциональных зажимов или полное устранение крепежа

Наиболее часто используемое крепежное устройство — болт, но его применение порой требует очень большого времени. Например, болт с 15 витками резьбы нужно повернуть 14 раз, прежде чем он бу-

дет действительно затянут на последнем обороте. Но на практике нужен лишь последний оборот при затяжке и первый при ослаблении, остальные 13 — потерянные движения. Если назначение болта состоит только в закреплении или освобождении детали, он должен быть такой длины, чтобы затягиваться одним оборотом. Это сделано бы болт функциональным зажимом. Такие зажимы включают в себя U-образные пазы, грушевидные отверстия и внешние зажимы.

Резьбовые болты — отнюдь не единственный способ закрепления изделий, поэтому не следует думать, что зажимы необходимы всегда. Методы закрепления в одно касание, использующие клинья, пальцы и защелки или пружины как захватные приспособления, просто соединяющие две детали, снижают время установки до секунд.

Для выбора метода закрепления важны два параметра — направление и величина требуемой силы. Зажимы можно закреплять в трех направлениях: X (влево-вправо), Y (вперед-назад) и Z (вверх-вниз). Поскольку мы не всегда знаем величину или направление требуемой силы, необходим анализ этих критериев.

Например, в компании Mitsubishi Heavy Industries в каждый из шпинделей сверлильного станка ввертывались стопоры, ограничивающие глубину сверления. Операция их установки была трудна и длительна, так как стопоры нужно было закреплять в очень неудобном положении. Но в таком закреплении не было реальной необходимости. Хотя стопоры ограничивали перемещение инструмента при обработке, они удерживались конусом самого шпинделя, а для их удаления требовалось лишь небольшое усилие.

Когда мы это поняли, то смогли улучшить операцию удалением резьбы и цилиндрической вставкой. Мы прорезали канавки у конца шпинделей и прикрепили три пружины вокруг конца каждого стопора (рис. 18). Когда стопор надевался на конец шпинделя, пружины входили в канавку и давление пружин удерживало стопор на месте. Это значительно сократило время установки и снятия стопоров.

Метод 5 — использование дополнительных приспособлений

Некоторые из задержек, связанные с регулировками при внутренней наладке, можно устранить путем использования стандартных приспособлений. Когда обрабатывается заготовка, закрепленная в одно приспособление, следующая заготовка устанавливается во второе приспособление. Когда обработка первой заготовки закончена, второе приспособление легко ставится на станок для обработки.

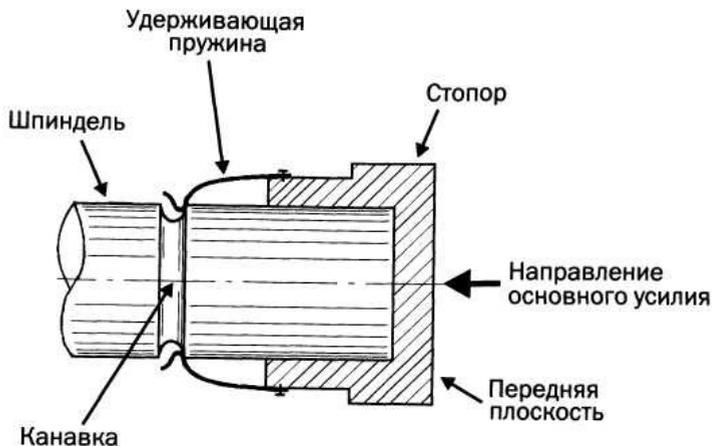


Рис. 18. Закрепление стопора.

Например, на копировально-фрезерном станке обрабатываются блоки специальной формы для телевизионных кинескопов. Разметка и установка шаблона и заготовки по высоте осуществляются как внутренняя наладка на столе станка. Из-за множества выставляемых на блоке размеров это сложная и длительная операция. Были сконструированы два приспособления, размеры которых позволяли устанавливать их на стол станка одновременно. Когда обрабатывается одно изделие, шаблон и следующее изделие крепятся к другому приспособлению на столе, регулируются и устанавливаются на необходимую высоту.

Поскольку приспособления стандартизованы, регулировка и позиционирование занимают меньше времени, снижая время как внешней, так и внутренней наладки. Для быстрого и легкого монтажа приспособлений на столе применяются зажимы.

Дополнительные приспособления также могут использоваться на крупных прессах с несколькими штампами разных размеров и длины хода. Здесь они применяются, чтобы провести операции внутренней регулировки и закрепления вне станка. При таком усовершенствовании пресс нужно останавливать, когда при помощи погрузчика подводится дополнительное приспособление с уже закрепленными штампами.

Метод 6 — применение параллельных операций

Операции на формовочных станках для пластмассы или крупных прессах для стального литья обычно предусматривают установочные действия со всех сторон станка — слева и справа, спереди и сзади.

Если эти операции выполняет только один рабочий, то много времени и сил затрачивается на ходьбу вокруг станка. Но когда параллельные операции выполняют одновременно два человека, время наладки обычно снижается более чем вдвое благодаря экономии движений. Например, операция, занимающая у одного рабочего 30 минут, у двух рабочих займет всего 10 мин.

При использовании таких параллельных операций затраты на переналадку остаются теми же или немного меньше, чем при работе одного рабочего, но фактическая загрузка станка увеличивается. К сожалению, менеджеры часто отклоняют этот способ, полагая, что не могут выделить еще одного рабочего. Когда переналадка сокращается до 9 минут или менее, от помощника требуется только 3 минуты, а с такими упрощенными действиями по установке даже от неумелого рабочего можно ожидать результативной помощи.

Метод 7 — устранение регулировок

Обычно регулировки и пробный запуск занимают 50-70 % времени внутренней наладки. Их устранение дает поразительную экономию времени.

Устранение регулировок начинается с осознания того, что *установка и регулировка* — две разные и самостоятельные функции. Например, когда изменяется положение конечного выключателя, проводится установка, а когда этот выключатель испытывается и повторно устанавливается на новое положение — регулировка. Предположение о неизбежности регулировки ведет к неоправданно длительным действиям внутренней наладки и требует больших навыков и опыта оператора. Однако регулировки можно ликвидировать, если использовать прибор для точного определения правильного положения конечного выключателя. Тогда единственно необходимая операция — это установка. Важность регулировки снижается, если установка становится точнее. Поэтому первый шаг к исключению регулировки — сделать калибровки, которые устранят необходимость полагаться на интуицию. Если требуется лишь аппрокси-

мация, вполне достаточно градуированной шкалы, хотя это и не может полностью устранить регулировку. Бульшая точность достигается при использовании измерительного прибора или цифрового устройства управления.

В компании Togo Manufacturing стопор, устанавливающий размер обработки, перемещался с помощью винтового шпинделя. Когда положение стопора менялось с 50 мм на 60 мм, шпиндель проходил весь интервал между этими пределами. Но зачем были все эти повороты шпинделя, если стопор всегда ставился в положение либо 50 мм, либо 60 мм? В этом случае универсальность установки оказалась излишней. Чтобы устранить ненужное вращение, шпиндель с резьбой удалили, а снизу поставили U-образный упор, позволяющий рабочему устанавливать стопор в то или иное крайнее положение и закреплять его винтом. Это сделало переналадку стопора простой и быстрой.

Этот пример описывает часто возникающий барьер для устранения регулировки — использование устройств, допускающих неограниченную и плавную регулировку положения, хотя в реальности нужны дискретные ступенчатые изменения.

Безусловно, лучшая регулировка — отсутствие регулировки. Например, система «наименьшего общего кратного»* основана на принципе, что регулировку можно исключить полностью, когда число положений ограничено и неизменно.

На одном заводе для ограничения крайнего положения обработки валов использовался конечный выключатель. Поскольку предполагалось 5 значений длины валов, выключатель имел 5 разных положений. Но каждый раз его нельзя было правильно расположить без четырех пробных регулировок. Эту проблему устранили, установив пять конечных выключателей с электрическими тумблерами в разных положениях (рис. 19).

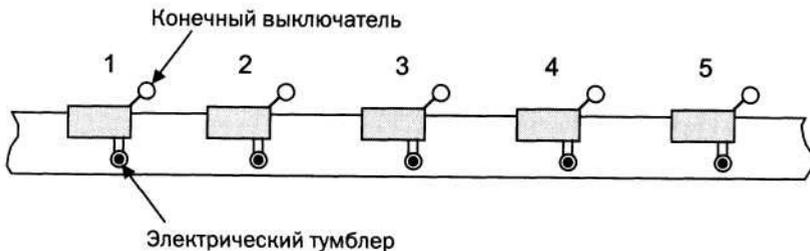


Рис. 19. Изменение конечных выключателей.

Другой пример LCM-подхода показан на рис. 20. В данной операции используется сверло для зенкования отверстия под стационарный винт на валу сердечника электромотора. Так как сердечники бывают восьми различных типоразмеров (длин), фиксаторы приходилось переставлять каждый раз при смене операции, что делало необходимыми повторные испытательные запуски и регулировки. Они были устранены помещением восьми стопорных пальцев разной высоты на одной пластине. Чтобы изменить операцию, пластина просто поворачивалась в основании, устанавливая стопор нужной высоты. Этот метод в одно касание сократил внутреннюю наладку до секунд.

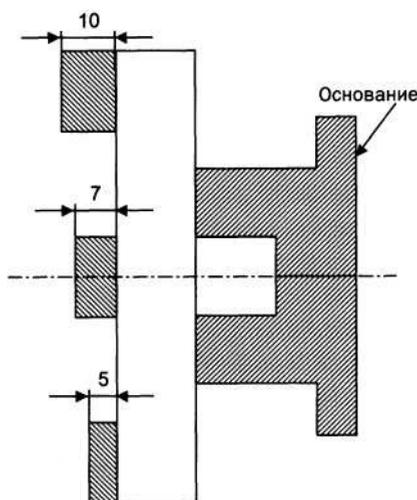


Рис. 20. Набор стопоров на поворотном столе.

Подход LCM, а также метод одного касания упрощают установку и позволяют исключить регулировку. Последнюю указанную цель нужно помнить, чтобы избежать потери очевидных преимуществ. Например, некоторые прессы выпускаются с регулируемой высотой хода, так как у разных потребителей разные требования. Однако это не значит, что переменная высота хода нужна определенной компании. Потребителям следует либо стандартизировать высоту хода, либо покупать прессы, приспособленные для их нужд.

Та же ложная логика очевидна, когда дорогие прессы снабжаются функциями регулировки высоты подъема и очень точной регулировки. Зачем тратиться на такие функции, когда намного экономичнее устранять регулировки стандартизацией?

Метод 8 — механизация

Хотя замена небольших резцов, приспособлений, штампов и приборов не составляет проблемы, механизация часто существенна для эффективного использования крупных штампов, литейных и прессовых форм. Для удобного закрепления в одно касание штампов можно применить давление воздуха или масла. И, конечно, механизированная регулировка высоты подъема, упомянутая выше, тоже полезна.

Однако инвестиции в механизацию следует оценивать очень тщательно. Недавно многие компании осуществили стандартизацию размеров зажимных пластин и их обработку с высокой точностью. Теперь закрепление в одно касание выполняется введением этих пластин в специальные фиксирующие приспособления. Но изделия все-таки формируют штампы. Поэтому, принимая во внимание назначение операции, обрабатывать зажимные пластины с высокой точностью расточительно.

Механизацию следует рассматривать тогда, когда приложены все усилия по улучшению процесса переналадки описанными способами. Первые 7 методов могут сократить 2-часовую переналадку до 3 минут, а механизация, вероятно, уменьшит ее еще на одну минуту.

SMED — это аналитический подход к совершенствованию наладки и переналадки, а механизация — только один из его компонентов. Применение механизации, вполне вероятно, сократит время переналадки вначале, но не избавит от основных причин неэффективности плохо разработанного процесса переналадки. Намного лучше механизировать переналадку после всестороннего ее исправления при помощи методов SMED.

На рис. 21 показана взаимосвязь рассмотренных методов SMED.



Рис. 21. Карта потока для использования восьми методов SMED.

Четыре концептуальные стадии SMED

SMED предусматривает прогрессивный подход к совершенствованию переналадки. При этом необходимо пройти 4 основные стадии. Каждая из них описана ниже.

Стадия 1

На этой предварительной стадии не делается различия между внутренними и внешними действиями. Много внешних действий, таких, как поиск инструментов и подготовка штампа, выполняются при остановленном станке. Это вызывает ненужное удлинение переналадки.

Стадия 2

Это наиболее критичная стадия при внедрении SMED. Она предусматривает разделение операций внутренней и внешней наладки. Составьте контрольный листок, включив в него все узлы, условия выполнения операций и шаги, которые нужно выполнять при работающем станке. Затем проверьте функционирование всех узлов, чтобы избежать задержек при внутренней наладке. Наконец, нужно исследовать и внедрить наиболее эффективный способ транспортировки штампов и других частей при работе станка.

Стадия 3

Проанализируйте текущий процесс переналадки, чтобы определить, можно ли какое-либо из внутренних действий преобразовать во внешние. Например, разогрев литейной формы, когда станок еще работает, устраняет необходимость разогрева формы во время остановки станка.

Стадия 4

Изучите операции внутренней и внешней наладки с целью выявления дополнительных возможностей для улучшений. Рассмотрите возможности исключения регулировок и изменения методов крепления.

За долгие годы из нескольких сотен усовершенствований SMED наиболее результативными оказались:

- четкое разделение внутренней и внешней наладки;
- по возможности полное преобразование внутренней наладки во внешнюю;
- устранение регулировок;
- осуществление крепления без винтов.

Эти способы могут сократить установку примерно в 20 раз по сравнению с начальным временем. Фактически замены можно иногда выполнить за считанные секунды, устранив регулировки и применяя систему «наименьшего общего кратного», описанную выше. *Наиболее быстрый путь сменить инструмент — не менять его вообще.* Например, на рис. 19 пять конечных выключателей осуществляют одну функцию — ограничение длины обработки валов — без всякой регулировки. Чтобы сделать SMED реальностью, просто продемонстрируйте ее основные способы рабочим и позвольте им самим начать революцию SMED.

На рис. 22 показана последовательность стадий при внедрении SMED.

Совершенствование основных операций

Как уже отмечалось в начале главы, основные операции состоят из главных и вспомогательных операций.

Улучшить главные операции — значит развить технологию производства, т.е. изменить применяемые способы обработки и штамповки или автоматизировать их. Улучшить вспомогательные операции — упростить или автоматизировать погрузку и разгрузку деталей и материалов со станка. В компании Toyota Motor усовершенствовали основные операции, отделив, где возможно, рабочих от станков с помощью многостаночного обслуживания и предавтоматизации.

Отделение рабочих от станков

Развитие и модернизация промышленности привели к постепенной передаче работы, выполняемой людьми, устройствам и станкам. Станки приводят в движение инструменты, будучи запущены

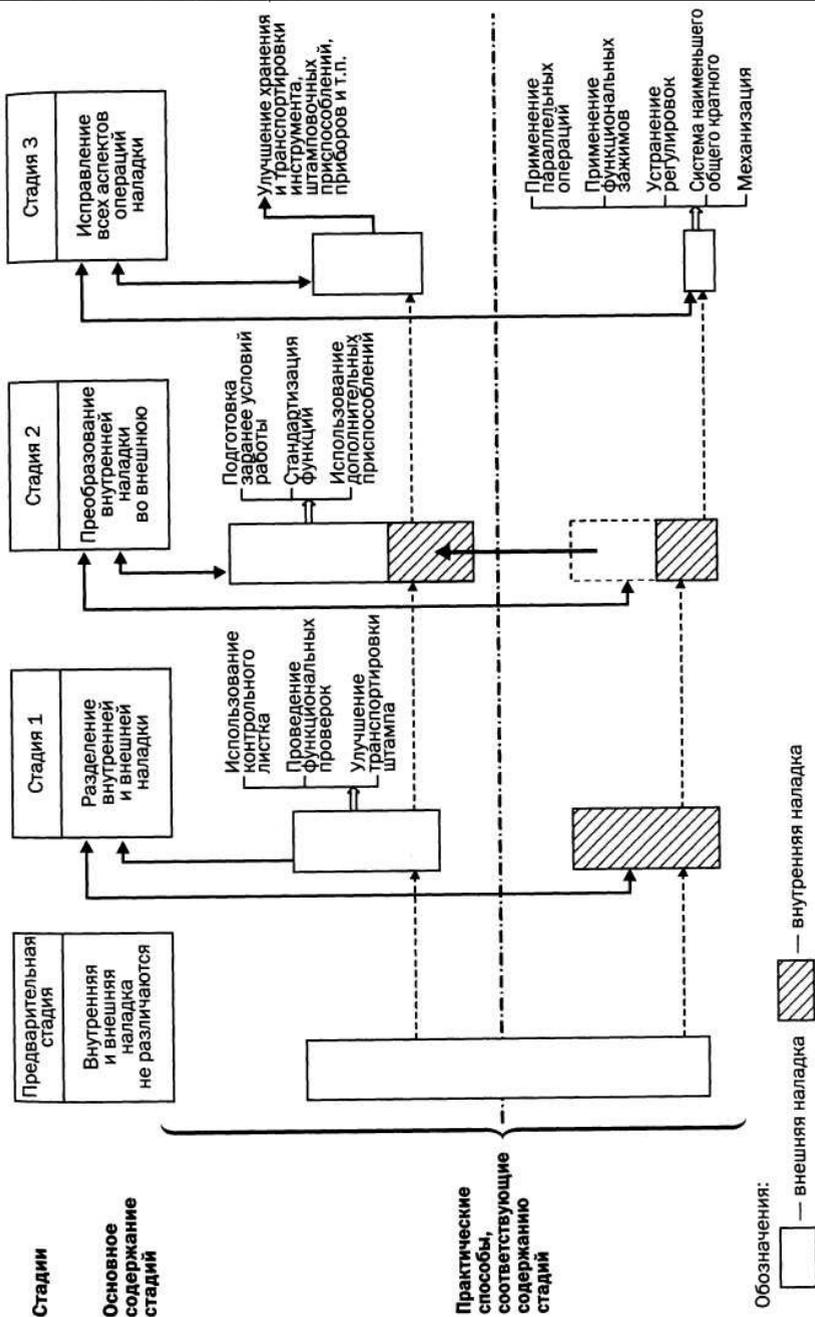


Рис. 22. Быстрая переналадка (SMED): основные этапы и практические методы.

руками рабочего, а энергия электричества и нефти заменяет энергию человека. Однако в ходе этой эволюции надежность станков и машин оставалась низкой, требуя от рабочих постоянного внимания к ним. Для выявления и решения проблем со станками необходимо было вмешательство человека.

В Японии отделение рабочего от станков началось в середине 1920-х годов. В это время детали обычно устанавливались и приводились в движение станками, но их обработка режущим инструментом осуществлялась вручную. С развитием механизации операции резания стали автоматизироваться, что в значительной степени передало функции и энергию человеческих рук станкам.

Со временем надежность станков возростала, и теперь полностью автоматизированные станки сами способны обнаруживать и исправлять проблемы в выполняемой ими работе. Но рабочие продолжают стоять, наблюдая за станками, так как эту практику, как и все старые привычки, нелегко отбросить.

Однако в компании Toyota Motor рабочий и средства производства были значительно раньше отделены друг от друга, чтобы способствовать эффективности производства и результативному использованию человеческих ресурсов. Уже с конца 1940-х годов рабочие Toyota не были привязаны к одному станку, а отвечали за пять или более станков, управляя одним, когда другие работают автоматически.

Такая многостаночная система организации труда основывалась на двух важных принципах. Во-первых, амортизация оборудования приводит в конце концов к «бесплатному» использованию станков, в то время как рабочим нужно платить постоянно. Поэтому с точки зрения снижения затрат простой станков предпочтительнее простоя рабочих. Во-вторых, снижение затрат важнее высокой производительности станков.

Развитие предавтоматизации или автономизации

Дальнейшая эволюция описанных выше идей привела к принятию и внедрению предавтоматизации, как я называю автономизацию в производственной системе Тойоты, или «автоматизацию с учетом человеческого фактора». Она полностью отделяет рабочих от станков с помощью усовершенствованных механизмов для обнаружения несоответствий производства. У многих станков в компании Toyota есть такие возможности.

Говорят, что между сугубо ручной работой и полной автоматизацией насчитывается 23 стадии. Однако первые двадцать стадий лишь механизмируют ручную работу. Для полной автоматизации станок должен сам обнаруживать и исправлять проблемы в своей работе. Технически и экономически целесообразно создавать оборудование, которое будет только *обнаруживать* проблемы (что соответствует предавтоматизации). Но чтобы оборудование было способно *исправлять* проблемы, придется решить многие технически трудные задачи, поэтому в большинстве случаев это экономически нецелесообразно. 90 % результатов полной автоматизации (первых 20 стадий) достигаются при относительно небольших затратах, если станки запрограммированы на обнаружение проблем, оставляя их исправление рабочим. Таким образом, предавтоматизацию или автономизацию — как этап перед полной автоматизацией — можно разбить на следующие составляющие:

Механизация работы рук	Механизация работы мозга
1. Автоматизируйте основные операции 2. Автоматизируйте вспомогательные операции 3. Автоматизируйте сопутствующие действия 4. Автоматизируйте действия, связанные со спецификой данного рабочего места и данной операции	5. Автоматизируйте обнаружение неисправностей и брака
6. Рабочий выбирает подходящее решение и исполняет его	

Пример 2.4 — предавтоматизация. В компании Matsushita Electric пять 500-тонных прессов оборудованы устройствами предавтоматизации, в результате чего 43 % всего объема производства может выполняться без присутствия человека. Применяются следующие методы:

- производство изделия А продолжается станками во время обеденного перерыва и не требует присутствия человека;
- изделие В производится из рулонного материала, хранящегося на складе; к концу рабочего дня используется 80 % рулона; в это время проводится замена на штамп с помощью SMED для производства изделия С, которое требует меньше материала и может изготавливаться в вечерние часы без присутствия рабочего;
- на следующее утро штамп для изделия С меняют на штамп для изделия В, что бы продолжать производство из оставшихся 20 % рулона материала.

Такое решение предусматривает наличие большого склада для продукции стоимостью 6 млн. йен для всех 5 прессов. Однако новое оборудование для достижения того же уровня производительности стоило бы в 10 раз больше и потребовало бы дополнительных операторов.

Вот так Matsushita Electric использует преимущества системы SMED и предавтоматизации. Затраты на производство продукции с предавтоматизацией снижаются наполовину по сравнению с обычными методами производства.

Исходя из своей концепции автономизации производственная система Тойоты также защищает применение механических устройств для обнаружения несоответствий. Эта идея, однако, не обязательно интегрируется во всестороннюю систему.

Совершенствование сопутствующих действий

Даже когда главные операции, такие, как закрепление, обработка и снятие изделий, автоматизированы, множество трудоемких сопутствующих операций — удаление стружки, подача материалов, складывание изделий — все еще делаются вручную. Сопутствующие действия, связанные с конкретной должностью или рабочей зоной, следует тщательно проанализировать, чтобы выявить возможность улучшения. Ко многим из них можно применить автоматизацию. Вот несколько примеров:

- смазывание — необходимо рассмотреть возможность автоматической смазки, применение маслосодержащих материалов и т.п.;
- охлаждающая жидкость — необходимо рассмотреть возможность автоматизации ее подачи или резку без охлаждающей жидкости;
- удаление стружки — необходимо рассмотреть возможность дробления стружки или автоматическое завивание и удаление стружки.

Сопутствующие действия по рабочему месту, состоящие из косвенной работы, общей для ряда разных операций, также можно улучшать. Например, следует рассмотреть:

- автоматическую подачу материалов, особенно при больших количествах изделий;
- автоматическое хранение продукции, особенно автоматическую замену поддонов для хранения большого количества изделий.

Помните, что автоматизация основных операций малоэффективна, если сопутствующие действия все еще выполняются вручную.

В области *личных нужд* рост производительности труда достигается за счет улучшения методов работы и повышения мотивации и участия рабочих. Вне зависимости от уровня автоматизации люди всегда будут оставаться неотъемлемой и жизненно важной частью производства.

Выводы

Принятием системы SMED компания Toyota достигла резкого сокращения времени переналадки. Добавление многостаночного обслуживания и автономизации позволило еще больше повысить производительность.

Глава 3

ВЫВОДЫ ПО СОЗДАНИЮ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗ ЗАПАСОВ

Принципиальная особенность производственной системы Тойоты — это упор на производство без запасов, или, иначе говоря, беззапасное производство. Чтобы разобраться в самой системе, необходимо вначале понять значение термина «запас».

В прошлом запасы считались «неизбежным злом» с акцентом на первое слово — «неизбежное», причем «зло» как неизбежность воспринималось чем-то даже полезным.

Есть два типа запасов: естественно возникающие в результате некоторых приемов производства и «неизбежные». Оба типа обсуждаются ниже.

Естественно возникающие запасы

Запас может накапливаться по целому ряду причин:

- неправильный прогноз спроса на рынке;
- перепроизводство для «обеспечения спокойствия»;
- производство партиями;
- различия в работе смен, например выполнение отжига стекла в три смены, а полировки — в одну.

«Неизбежные» запасы

Запас может образовываться из-за неэффективности выполнения как процесса в целом, так и отдельных операций. Неэффективный процесс приводит к трем типам запаса:

- запас, созданный производством, когда циклы производства P длиннее, чем циклы заказов $D(P > D)$;
- запас, созданный заранее в ожидании изменений спроса;
- запас, созданный для компенсации плохого производственного менеджмента и задержек, связанных с контролем и транспортировкой.

Неэффективная *операция* приводит к двум типам запасов:

- запас для компенсации поломок станков или переделок дефектных изделий;
- запас, создаваемый при обработке больших партий изделий для компенсации длительных наладок.

Слово «неизбежный» в выражении «неизбежное зло» относят к запасу, создаваемому «ради безопасности». Эта интерпретация и побудила менеджеров создавать запасы.

Однако естественные и так называемые «неизбежные» запасы — это явления, увеличивающие потери компании и снижающие прибыль. Их следует внимательно изучать и полностью устранять. Сокращение запасов не должно стать целью деятельности, так как бездумное их снижение может вызвать задержки поставки или уменьшение фактической загрузки станков. Вернее сказать, нужно исправить условия, порождающие запасы, чтобы их можно было сокращать рациональным образом. Существует три стратегии для приближения к идеальному беззапасному производству:

- резко сократить цикл производства;
- устранить поломки и дефекты за счет обнаружения и исключения причин их возникновения;
- уменьшить время установки и переналадки до минут или даже секунд с помощью системы SMED, которая делает возможным производить продукцию небольшими партиями и мгновенно реагировать на изменения спроса.

Часть II

ИЗУЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Глава 4

ПРИНЦИПЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ

Что такое производственная система Тойоты?

Отвечая на этот вопрос, большинство людей (80 %) повторяют мнение среднего потребителя: «Это метод канбан»; другие 15 % могут знать, как она функционирует на заводе, и скажут: «Это производственная система»; и лишь немногие (5 %) реально понимают ее назначение: «Это система абсолютного исключения потерь».

Некоторые полагают, что компания Toyota нарядилась в новые одежды — метод канбан, что можно пойти, купить этот же товар и попытаться примерить его. Но они быстро обнаруживают, что слишком толсты, чтобы надеть это! Им необходимо устранить потери и провести фундаментальные улучшения в своей производственной системе, прежде чем инструменты, подобные канбану, окажутся полезными. Производственная система Тойоты — это на 80 % исключение потерь, на 15 % производственная система и только на 5 % канбан.

Подобная путаница происходит от непонимания соотношения между основными принципами производства в компании Toyota и канбаном как *способом*, помогающим внедрить эти принципы. Тайити Оно в предисловии к своей книге «*Производственная система Тойоты*» ясно показывает это различие. Канбан, отмечает он, это лишь средство для осуществления поставок точно вовремя. Неразбериха вызвана тем, что выражение «правила канбана» («rules of kanban») используется для характеристики как принципов организации производства, так и принципов организации канбана. Например, одно важное правило канбана требует, чтобы все материалы и изделия сопровождала карточка канбана, другое подчеркивает, что Дефектные изделия не следует передавать на последующие процессы. Однако последнее правило — не функция канбана, скорее, это один из принципов производственной системы Тойоты.

Различие станет более очевидным, когда мы рассмотрим его в понятиях трех функций менеджмента:

- планирование — устанавливает систему и цели, например планирование размещения оборудования, производственных линий, стандартных операций и т.п.;
- управление — обеспечение реализации плана;
- контроль — сопоставление полученных результатов с плановыми показателями, чтобы при необходимости сделать корректировки.

Указанный цикл планирования, управления (включая исполнение) и контроля подобен ступеням лестницы (рис. 23). Таким образом, производственная система Тойоты — это функция планирования, а канбан — функция управления.

Основные принципы

Многое написано о производственной системе Тойоты на производственном «диалекте», т.е. в терминах, специфичных для системы и используемых без объяснений, так, словно они общепонятны. Это порождает определенную путаницу и непонимание. Чтобы избежать подобных проблем, я объясню некоторые основные принципы и термины.

Потери от перепроизводства

Существует 2 типа перепроизводства:

- *количественное* — изготовить больше изделий, чем надо;
- *преждевременное* — изготовить изделия раньше, чем надо.

Например, производится продукция для экспорта с очень коротким подготовительным временем перед отгрузкой. Чтобы избежать дефицита продукции из-за возможных дефектов, компания производит на 100 изделий больше, чем требуемые 5000. Если выявлено всего несколько дефектных изделий, остальные изделия, оказавшиеся лишними, придется выбросить. Это — *количественное перепроизводство*.

С другой стороны, если 5000 изделий согласно заказу нужно поставить 20 декабря, а изготовлены они 15 декабря, это — *преждевременное перепроизводство*.

Многие менеджеры озабочены только предупреждением количественного перепроизводства — их не волнует необходимость хра-

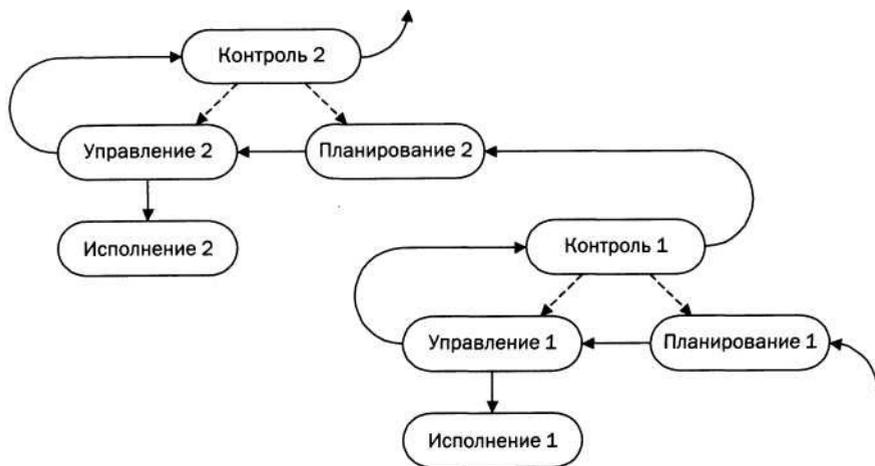


Рис. 23. Поток функций планирования, управления и контроля.

нения запаса (порой весьма дорогостоящей продукции) лишние 5 дней. В компании Toyota Motor преждевременное перепроизводство считается недопустимым. Для его устранения применяется принцип «точно вовремя».

«Точно вовремя»

По-японски выражение «точно вовремя» означает «своевременно», «вовремя» или «точно ко времени», т.е. к назначенному времени. Этот термин все же следует понимать шире *своевременности*, так как делая акцент только на времени поставки, можно спровоцировать преждевременное перепроизводство и ненужную задержку. Но производственная система Тойоты *безопасна*. Это значит, что каждый процесс должен быть снабжен *требуемыми изделиями в требуемом количестве и в требуемое время — точно вовремя*, без всякого накопления.

Отделение рабочего от станка

Важная особенность производственной системы Тойоты — постепенное изменение взаимосвязи между рабочим и станком. Как отмечалось в главе 2, рабочий и станок были разделены, чтобы повысить эффективность производства, а также способствовать более

продуктивному использованию человеческих ресурсов. Подобное отделение началось тогда, когда станки постепенно стали заменять ручной труд человека. В табл. 4.1 показан последовательный переход от ручного труда к автономизации. Трансформация включает 6 шагов, описанных ниже.

Стадия 1 — работа вручную. Рабочие создают и обрабатывают изделия вручную, без всякой помощи станков.

Стадия 2 — ручная подача заготовок и инструмента с автоматической обработкой. Рабочие устанавливают заготовки, снимают изделия со станков и подводят инструменты вручную. Станками выполняется только обработка.

Стадия 3 — автоматическая подача инструмента и обработка. Рабочие устанавливают и снимают изделия со станков и включают станки. Станки выполняют подводку инструментов и обработку. Рабочие обнаруживают неполадки и исправляют их. (Последняя функция также выполняется и на первых двух стадиях.)

Стадия 4 — полуавтоматизация. Автоматически происходят установка и снятие изделий, подводка инструмента и обработка. Рабочими выполняется только обнаружение и исправление неполадок.

Стадия 5 — предавтоматизация. Станком выполняются все функции, включая обнаружение дефектов, рабочие только исправляют дефекты.

Стадия 6 — автоматизация. Полностью автоматизированы обработка, обнаружение и исправление дефектов.

Компания Toyota прошла все 6 стадий, постепенно преобразуя ручные операции в машинные. При этом довольно трудным оказалось решение полностью отделить рабочих от станков. Даже на стадии 3 (автоматическая подача инструмента и обработка) предполагалось, что рабочие останутся рядом со своими станками для наблюдения за работой и исправления неполадок.

Текстильная отрасль первой полностью отделила рабочего от станка за счет применения предавтоматизации. До прихода в компанию Toyota Motor г-н Т. Оно работал в текстильной компании Minsei Textile Company (ныне Toyoda Autoloom Company) с автоматическими ткацкими станками, изобретенными Сакити Тойодой (Sakichi Toyoda). Там он видел станки, останавливающиеся автоматически и подающие сигнал при обнаружении неполадок.

В компании Toyota он оборудовал станки автоматическими выключателями, чтобы оператор мог отходить от станка, устанавливая и снимая изделия, а также включая станки. Это обеспечило МНОГО-

станочное обслуживание. Позже в станки была встроена функция обнаружения неполадок в работе.

В общем, данная функция добавляется на стадии 5, после автоматизации всех механических работ. Однако в компании Toyota автоматические выключатели и обнаруживающие неполадки устройства были встроены намного раньше. Это облегчило отделение рабочего от станка, что является отличительной чертой производственной системы Тойоты и ее существенным компонентом.

Низкий уровень использования оборудования

Соотношение количества станков к объему выпуска в компании Toyota Motor в 2-3 раза выше, чем в других подобных компаниях. В самом деле для одинакового уровня выпуска у компании Toyota намного больше оборудования, чем у большинства компаний, и это одна из ее сильных сторон.

Обо всем этом говорит нам беглое знакомство со статистикой, однако оно может привести к поверхностному пониманию ситуации. Почему? Многие специалисты оценивают коэффициент использования мощностей на уровне 40 %. При этом уровне отношение количества оборудования к объему выпуска в компании Toyota примерно такое же или несколько выше, чем у других компаний.

Многостаночное обслуживание и низкие скорости работы

Низкая скорость работы — естественный результат отделения рабочего от станка на операциях при многостаночном обслуживании. В 1955 году 700 рабочих обслуживали 3500 станков, или в среднем 5 станков на одного рабочего. В подобной ситуации на одном станке может закончиться производственный цикл в то время, когда рабочий направляется к другому станку, поэтому производительность оборудования снижается.

Если число станков на одного рабочего уменьшить, скорость работы станков возрастет, но рабочим тогда, возможно, придется ждать, когда станки закончат рабочий цикл*. Таким образом, в ком-

Ожидание (рабочими) — одна из семи главных потерь в компании Toyota, оно полностью устраняется, где бы ни было обнаружено.

пании Toyota предпочитают низкую скорость работы оборудования, а не простой операторов.

На это есть 2 причины. Во-первых, когда амортизационные отчисления полностью покрывают расходы на станки и оборудование, они, в сущности, становятся для компании бесплатными. А во-вторых, стоимость часа работы оператора намного выше стоимости часа работы станка. Следовательно, с точки зрения снижения затрат простой станка предпочтительнее простоя рабочего.

Например, пресс стоимостью 60 тысяч долларов полностью амортизируется за 10 лет, т.е. по 6 тысяч долларов в год или 500 долларов в месяц. А стоимость одного рабочего, включая зарплату, премии и косвенные затраты, за 10 лет в 3-5 раз превышает эти цифры. Машины *кажутся* более дорогими из-за их высокой покупной цены.

Многостаночное обслуживание в компании Toyota позволило достичь производительности рабочих на 20-30 % выше, чем в других компаниях.

Планирование оборудования и низкие скорости работы

Что все это значит с точки зрения планирования оборудования? Во-первых, если ожидается низкая скорость работы, можно закупать в первую очередь оборудование с низкой производительностью. Кроме этого, компания может:

- разрабатывать и производить собственные станки;
- проектировать станки для производства их сторонними компаниями;
- совершенствовать дешевые станки, производимые внешними компаниями, чтобы приспособить их к собственным нуждам.

В компании Toyota тысячи станков, и каждый усовершенствован для специфических нужд компании. Дорогое оборудование специального назначения или роботы, сделанные вне компании, не считаются хорошей инвестицией.

По отношению к инвестициям на оборудование применяется выражение «утопленные затраты» («sunk cost»). В компании Toyota считают, что стоимость оборудования должна быть покрыта амортизационными отчислениями как только покупается, независимо от того, используется оно или нет. Более выгодно использовать станки, которые приводят к снижению затрат, а оборудование, которое в действительности повышает затраты, следует исключать из работы не-

зависимо от затрат на его покупку. Новое оборудование следует покупать лишь тогда, когда все причины для его приобретения тщательно изучены. Когда покупка сделана, затраты на нее «утоплены» и менеджмент должен провести эксперименты, чтобы найти пути для поддержания производственных затрат на низком уровне.

От большого количества станков есть еще одна выгода: в периоды пикового спроса производство можно быстро увеличить при помощи найма временных рабочих. Поскольку станки обычно легки в управлении, временные рабочие могут приступать к работе на них после короткого обучения.

Применение хирургического вмешательства

В компании Toyota станки оснащены устройствами, которые позволяют обнаруживать производственные проблемы и отключать оборудование немедленно после их возникновения, сигнализируя о типе появившейся проблемы цветом сигнальной лампы. Рабочим также разрешается останавливать производственную линию, если они замечают ту или иную проблему. Когда линия остановлена, загорается *андон* (индикаторная панель), информируя каждого рабочего о типе проблемы и месте ее возникновения.

Андон — это устройство визуального контроля, сообщающее важную информацию и сигнализирующее о необходимости немедленного вмешательства мастеров. Некоторые менеджеры считают, что разнообразные проблемы производства можно преодолеть внедрением системы визуального контроля, используемой в компании Toyota. Однако самый важный вопрос состоит не в том, как быстро персонал оповещен, а в том, какие решения следует принять. Временные меры или замены, хотя и помогут быстрее всего восстановить операцию, не подходят. Работа в ночную смену после обнаружения дефекта, чтобы восполнить запланированный объем годных изделий, — не самый лучший выход. Все эти решения подобны использованию грелки со льдом при аппендиците — она лишь ненадолго ослабит боль, но только хирургическое вмешательство позволит исключить повторение приступа. Поэтому подход компании Toyota — находить и осуществлять решения, которые предупреждают повторение проблемы.

Однажды поставка деталей от поставщика была задержана и линия завода-потребителя остановилась на 2 часа. Руководитель отдела закупок завода извинился за задержку, но менеджер завода не

принял его извинений, так как отделу закупок требовалось найти решение по предотвращению подобной ситуации в будущем. Этот пример иллюстрирует важный факт: если вы хотите избежать повторения проблемы, вы должны сначала выявить и осознать ее глубинную причину. Если причина заключается в методе информирования поставщиков о заказах, то руководителю отдела закупок следует объяснить причину задержки и разработать план по предупреждению подобных инцидентов. Если задержка произошла по вине поставщика, представитель ответственной стороны на заводе поставщика должен объяснить причину и исправить проблему.

Система визуального контроля компании Toyota может облегчить процесс решения проблем, но только полное понимание этого принципа сделает его применение успешным. В компании Toyota разумной причиной для остановки линии считается лишь одна — необходимость разобраться во всем и не допустить повторения подобной остановки в будущем.

Основы управления производством

Использование беззатратного принципа

Многие компании определяют цену своей продукции, применяя основной ценовой принцип:

Затраты + Прибыль = Цена.

Используя эту формулу, например, когда цена топлива растет, цену продукции повышают для компенсации увеличения затрат на энергию и поддержания желаемого уровня прибыли. Аналогично, если растет цена железной руды, цена стали должна повышаться, чтобы компенсировать растущую цену сырья. Даже правительство идет наиболее легким путем — повышает цены в ответ на рост затрат. Некоторые утверждают, что увеличение цены должно быть достаточно большим, чтобы покрывать потенциальные потери, если продукция не продается. Компания Toyota не принимает ни этой формулы, ни этих аргументов. Поскольку цену всегда определяет рынок (потребитель), компания Toyota применяет принцип, не основанный на затратах:

Цена - Затраты = Прибыль.

По этой формуле прибыль — это то, что остается от цены, определяемой рынком, после вычитания издержек. Поэтому единственный путь повышения прибыли — снижать затраты. Следовательно, работа по снижению затрат — это наивысший приоритет. Принятие принципа, не основанного на затратах, и устранение потерь позволили компании Toyota в течение 35 лет быть лидером в снижении цен на свои автомобили.

Любая компания стремится устранять потери, но пока она определяет цену прибавлением затрат к прибыли, ее усилия, скорее всего, будут безуспешными. Только если снижение затрат станет средством для поддержания прибыли, компания будет полностью мотивирована для устранения потерь.

Аналогично, если бы люди решали, сколько должно стоить содержание правительственного аппарата, многие «неизбежные» затраты не удалось бы обосновать и это привело бы к реальному устранению потерь. Разве использование правительством этого принципа не окажется полезным для общества?

Устранение потерь

Говорят, что производственная система Тойоты столь могущественна, что с ее помощью можно выжать воду из сухого полотенца. На самом деле это хорошее сравнение. Например, чтобы просушить порошок, мы должны не только удалить влагу с его поверхности, но и устранить невидимую влажность, кристаллизованную внутри. Так и в компании Toyota мы ищем «невидимые» потери, которые обычно ускользают от беглого взгляда, поскольку воспринимаются как естественная часть каждодневной работы.

Действия операторов можно рассматривать как операции и потери. *Потери* — это любое действие, которое не вносит вклада в операцию, — ожидание, накопление полуобработанных деталей, перегрузка, переключивание материала из одной руки в другую и т.п.

Существует два типа *операций*: добавляющие ценность и не добавляющие ее. Вторые можно считать потерями — это ходьба на склад за деталями, распаковка поставленных деталей и узлов, настройка оборудования и т.п. Однако без усовершенствования работы их нельзя исключить полностью.

Прибавляющие ценность операции реально преобразуют материалы, изменяя их форму или качество. Эти трансформирующие действия — *обработка*, обсуждаемая в части I. Данные действия

превращают сырье в детали или изделия и повышают их ценность такими способами, как сборка частей, ковка сырых материалов, штамповка стальных пластин, сварка, термообработка или окраска кузова. Чем больше добавленная ценность, тем выше операционная эффективность.

На производственных участках не прибавляющие ценность действия, связанные с плохим обслуживанием оборудования, ремонтом и переделками, снижают операционную эффективность. Наблюдения показывают, что доля работы, действительно добавляющей ценность продукту, ниже, чем мы ожидаем. Это означает, что рабочим следует от действий перейти к работе. *Работа* продвигает процесс и добавляет ценность, а просто *действие*, пусть быстрое и экономное, не позволяет достичь ничего.

Затраты времени на операцию в человеко-часах необходимо снижать, если нужно увеличить коэффициент использования производственных мощностей в каждой операции. Вот поэтому принятый в компании Toyota идеал — достижение 100 %-ного использования производственных мощностей. В табл. 4.2 приводятся количественные данные о полученных и принятых предложениях по снижению потерь в компании Toyota в период 1976-1980 годов. В табл. 4.3 показаны результаты сравнения времени сборки одного автомобиля на заводе Такаока компании Toyota с американскими, шведскими и германскими автопроизводителями.

Устранение потерь за счет фундаментальных улучшений процесса

В части I обсуждалось, что любой процесс состоит из 4 компонентов: обработка, контроль, перемещение и задержка. Из них только обработка добавляет ценность продукту, а другие можно считать потерями. В прошлом обычным подходом к улучшению процесса было «уменьшение потерь». Вместо этого должны осуществляться фундаментальные улучшения, устраняющие сами потери и необходимость их «уменьшения».

Рассмотрим примеры применения этой методологии к контролю, перемещению и задержке.

Совершенствование контроля. Без осуществления контроля дефекты будут вызывать проблемы, поэтому мы используем выборочный контроль. Однако фундаментальное улучшение за счет предупреждающего контроля вообще исключает операцию контроля.

Таблица 4.2. Число предложений по улучшениям в компании Toyota Motor

Год	Общее число предложений	Число предложений на одного работника	Доля принятых предложений, %
1976	463 000	10,6	83
1977	454 000	10,3	86
1978	527 000	11,9	88
1979	575 000	12,8	91
1980	860 000	18,7	94

Таблица 4.3. Время сборки одного автомобиля по странам

	Завод Такаока, Toyota	Завод А (США)	Завод В (Швеция)	Завод С (Германия)
1. Число работников	4 300	3 800	4 700	9 200
2. Число автомобилей (в день)	2 700	1 000	1 000	3 400
3. Время на один автомобиль (число людей)	1,6	3,8	4,7	2,7
4. Соотношение (к Toyota)	1,0	2,4	2,9	1,7

Устройства «пока-ёкэ» устраняют дефекты и снижают показатель человеко-часов контроля до нуля.

Улучшение перемещений. Использование погрузчиков экономит время и физический труд при транспортировке продукции. Однако фундаментальное улучшение расположения оборудования позволяет вообще устранить необходимость в перемещениях и транспортировке.

Сокращение задержек. Пока для поддержания бесперебойного хода операций используются буферные запасы, будут предлагаться новые методы управления запасами. Очень популярны системы автоматизации складирования и программы компьютерного управления запасами. Однако синхронизация каждого процесса позволяет устранить задержки процессов (межпроцессное хранение), а создание потока единичных изделий способствует устранению задержек партий (хранение партий).

Кроме того, обеспечение станков механизмами обнаружения неполадок и самоотключения минимизирует вероятность возникно-

вения проблем и помогает избежать их повторения. Все это также снижает необходимость в буферных запасах. Наконец, достижение нулевого уровня дефектов позволяет полностью исключить саму необходимость складов и запасов.

К сожалению, такие решения часто даже не рассматриваются.

Устранение потерь за счет фундаментальных улучшений операций

Рассмотрение аналогичным образом операций показывает, что только главные операции добавляют ценность. Остальные операции, например замена штампов, вспомогательные операции и сопутствующие действия, можно считать потерями. Поэтому улучшение операций — это также форма «устранения потерь». Рассмотрим следующие примеры.

Улучшение действий при переналадке. Замена штампов — важная операция, но требующая много времени. Часто, чтобы снизить затраты времени рабочих на переналадку, увеличивают размер партий. Но внедрение систем SMED и OTED* резко снижает время переналадки, сводя к нулю экономию от увеличения партии.

Дополнительные улучшения операций. Из-за трудоемкости установки и снятия изделий они устанавливаются в одном направлении в накопителе и подаются в станок автоматически. Однако в потоке единичных изделий последние изделия могут сниматься и передаваться на следующий процесс автоматически. При такой схеме можно автоматически устанавливать отдельные изделия для обработки.

Аналогично операция переключения в одно касание позволяет сокращать операционное время. Однако, если оборудование модифицировано для автоматического запуска в тот момент, когда изделие установлено, ручная операция переключения устраняется.

Сопутствующие действия для операции. Для улучшения использования смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и удаления стружки применяют автоматизацию. Однако фундаментальное улучшение — применение бессмазочных подшипников и режима обработки — может вообще устранить применение СОЖ. Более того, масляный туман охлаждает лезвия в 10 раз эффективнее, чем другие методы, устраняет образование нароста на режущих кромках, уда-

SMED (single-minute exchange of die) — одномоментная замена штампа; OTED (one-touch exchange of die) — замена штампа в одно касание.

ляет стружку, увеличивая стойкость резцов на 30-60 %, и снижает потребление смазки на 90 %. Объем стружки и отходов снижается при использовании более точных методовковки и литья. Еще одно техническое решение — принудительное силовое удаление стружки со станка, облегчающее ее утилизацию.

Сопутствующие действия по рабочему месту. Обычно операции подачи и хранения деталей улучшают путем применения непрерывно движущейся ленты и поддонов большой емкости. Однако использование механизмов автоматической загрузки может привести к значительным улучшениям. Такие устройства позволяют непрерывно подавать партии заготовок в зону обработки или устанавливать новые поддоны с заготовками, устраняя таким образом необходимость использования рабочих для этих действий. Более того, соединение последовательных процессов позволяет избежать задержки процессов, сокращает объем незавершенного производства и устраняет необходимость использования оснастки для хранения.

Все это — примеры положительных непрерывных *фундаментальных* улучшений. Но когда кто-то предлагает внедрить их, многие отвечают: «Пусть наши методы и не прибавляют ценности, но без них работа не двигалась бы, так что у нас нет выбора. Это зло, но зло необходимое!» К сожалению, со временем «зло» забывается и только «необходимость» остается. Именно поэтому в процессах и операциях многие потери остаются скрытыми.

Способность ликвидировать потери возрастает при отбрасывании фраз типа «нет иного пути», «это нужно делать именно так» или «это вообще нельзя изменить!».

В компании Toyota мы обнаружили, что другой путь есть *всегда*. Мы изучаем потери, которые принимаются как данность или не считаются проблемой. Когда мы обнаруживаем примеры ущербной практики, мы не говорим «это нельзя исправить». Вместо этого мы утверждаем: «Это не добавляет ценности, поэтому нам требуется изменить это, но мы потерпим это, пока не найдем путь устранить потери полностью».

Для устранения потерь необходимо абсолютно позитивное отношение к ним. Когда мы защищаем существующее положение, говоря, что нет пути для решения проблемы, тем самым мы теряем возможность улучшения. Нам не удастся найти и устранить потери, если мы не будем искать их.

Пример 4.1 — включение прессов в одно касание. Правила OSHA требуют, чтобы операторы были защищены от потенциально опасного контакта со станками с помощью ограждающих устройств (при условии, что станки не оборудованы авто-

матическим выключением в том случае, когда любая часть тела оператора попадает в опасную зону).

Поэтому в целях безопасности выполнение операции прессования требует, чтобы включатели, позволяющие запустить пресс в работу, постоянно нажимались обеими руками, гарантируя тем самым нахождение оператора вне опасной зоны. Если одна рука оператора убрана, станок автоматически останавливается. Большинство читателей скажут: «Если это норма безопасности, ее нельзя изменить». Но это ущербная практика, значительно замедляющая работу. Каким же образом можно удовлетворить требования безопасности и требования производительности?

На рис. 24 показано, как в компании Toyota выполняется многостаночное или многопроцессное обслуживание. Включатель в одно касание (требующий одного нажатия) для первого пресса помещен около второго пресса, для второго — около третьего и т.д. Когда оператор запускает пресс, он уже целиком находится вне опасной зоны. Одно это усовершенствование удваивает производительность! (Оно, однако, не защищает другого человека от вхождения в опасную зону, так что должны приниматься дополнительные меры предосторожности). Вот как много мы можем добиться, если перестанем думать, что «это нельзя изменить».

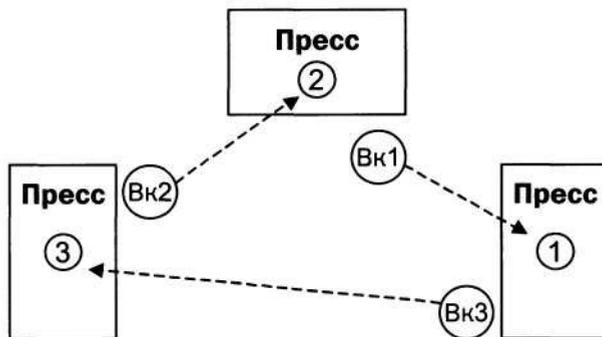


Рис. 24. Дистанционное управление прессом
(ВК — включатели прессов).

Пример 4.2—устранение потерь от смазывания отходов. В компании T Industry использовался процесс штамповки деталей из рулонного материала. Я обратил внимание, что материал перед штамповкой смазывается маслом при помощи войлочного катка, и спросил о целесообразности этого действия у менеджера предприятия. Он сказал, что масло необходимо при штамповке материала. Тогда я заинтересовался: «Зачем же вы тратите смазку и на ту часть, которая пойдет в отходы?» После некоторого размышления менеджер ответил: «Каток покрывает всю поверхность материала, так что здесь нельзя что-либо изменить».

Я заметил, что слова «здесь нельзя что-либо изменить» — это реальная проблема. Когда менеджер признал, что смазанные отходы — это потери, мы осознали необходимость поиска другого метода смазывания. Через некоторое время метод смазывания был изменен. Распыление масла на верхнюю и нижнюю части штампа пресса позволило устранить потери масла на смазывание отходов.

Вот простой пример мощного принципа: *неустанно ищите потери!*

Пример 4.3 — запуск одним касанием нескольких машин. В компании Taiho Industry один рабочий выполнял обслуживание 14 металлорежущих станков-полуавтоматов и вручную запускал их при каждом новом цикле обработки. Для улучшения этой процедуры кнопка включения 1-7 станков была установлена около 8-го станка, так что все 7 станков запускались одновременно; другая кнопка для станков 8-14 была установлена около 1-го станка, и эти станки также можно было запустить одновременно.

Это сократило цикл обработки с 35 до 4,2 секунды. Вначале сотрудники компании тоже думали, что «другого пути нет», кроме как запускать каждый станок отдельно. Эта расточительная процедура не могла быть усовершенствована, пока они не поняли, что время запуска и остановки каждого станка было не важно, поскольку все они останавливались перед следующим циклом.

Совершенствование обработки и необходимых операций

Как уже отмечалось, ценность изделию добавляют только те операции процесса, которые преобразуют материал или улучшают качество, т.е. операции обработки и т.п. Контроль, хранение, транспортировка и другие операции по ходу обработки (установка, вспомогательные и сопутствующие операции) только увеличивают затраты и должны устраняться.

Саму обработку и необходимые операции, однако, следует тщательно исследовать, отыскивая возможности усовершенствования. Существуют ли пути повышения добавленной ценности продукции? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно еще раз рассмотреть материалы, методы и сами изделия. Вакуумное литье, исключаящее подтеки и снижающее дефектность, — пример совершенствования метода обработки.

Серия вопросов «5W + 1H» и пятикратное «почему?»

В компании Toyota особое значение придают деятельности по поиску истинных причин возникающих проблем или потерь. Мы задаемся вопросом «почему?» вновь и вновь, пока не найдем ответ. Серия вопросов «5W + 1H» означает:

- кто (who) — уточнение субъекта производства;
- что (what) — уточнение объекта производства;
- когда (when) — уточнение времени;
- где (where) — уточнение места;

- почему (why) — нахождение причины для каждого вопроса, так как все они являются важными факторами в разрешении проблемы;
- как (how) — определение методов.

В компании Toyota 5W на практике означают пятикратное «почему?» — задавайте вопрос «почему?» пять или более раз, пока причина на проблемы не будет раскрыта. По каждому фактору W — «что», «кто», «где», «когда» и «как» — мы спрашиваем «почему?», «почему?», «почему?», «почему?», «почему?». Спросить «почему?» один раз — недостаточно. Лишь с помощью пятикратного «почему?» мы понимаем, *как* следует решать проблему.

Поиск улучшения ведется по трем осям:

- 1)ось X — фокус на цели улучшения;
- 2)ось Y — признание множественности целей;
- 3)ось Z — систематический поиск фундаментальных целей.

Пятикратное «почему?» предохраняет нас от окончания исследования до того, как найдена глубинная причина проблемы, фундаментальная цель улучшения. Если мы не проводим поиск усердно и систематически, если мы не продолжаем спрашивать «почему?», мы можем остановиться на промежуточной мере, которая не устранил проблему как таковую.

Массовое производство и производство крупными партиями

Книга Тайити Оно «Производственная система Тойоты» имеет подзаголовок «Уходя от массового производства»*, но в книге не объяснено, что это значит. Хотя этот подзаголовок аргументирует правильный *масштаб* производственного менеджмента, позиция г-на Оно состоит в том, что производственная система Тойоты — это антипод американского массового производства. В предисловии к книге он пишет:

«Появление такой системы было вызвано объективной необходимостью. Дело в том, что в послевоенный период японская автомобильная промышленность должна была отвечать новым условиям рынка, которые требовали производства широкой номенклатуры моделей автомобилей небольшими партиями».

Американские рынки, с другой стороны, требуют массового производства меньшего числа типов продукции. Производственная система и система менеджмента компании Toyota стали результатом процесса проб и ошибок в конкуренции с массовым производством, уже установившимся в автомобильной промышленности США и Европы.

Но так ли уж очевидно различие между этими двумя подходами? Цель американского массового производства — снизить не только трудозатраты на единицу продукции, но и полные затраты с учетом амортизации. Низкие цены в свою очередь стимулируют спрос, создавая предпосылки для массового производства и массовых продаж.

С этой точки зрения у массового производства ощутимые преимущества, особенно с учетом специфики оснащения производства и штампов. Например, компания Volkswagen заработала очень много на производстве знаменитого «Жука» с незначительными изменениями в течение долгого времени. Аналогично компания Toyota Motor произвела автомобилей одной модели (Corolla) больше, чем любой автопроизводитель, и получила существенную прибыль.

Однако необходимость массового (крупносерийного) производства иногда определяется характеристиками рынка, и не всегда предприятие имеет возможность выбирать. Хотя массовое производство порой называют «упреждающим» или «планируемым», оно по своей природе рискованно. Конечно, графики производства основываются на продажах в предыдущих периодах и исследованиях рынка, но реальный спрос часто сильно отличается от планируемого.

Таким образом, предприятие может не иметь свободы выбора между малым, средним или массовым производством, так как оно не управляет рыночным спросом. Однако оно может выбирать между производством мелкими или крупными партиями.

Производство крупными партиями и массовое производство — это два совершенно разных направления (рис. 25). Производство мелкими партиями предпочтительно (даже в условиях массового производства), так как сокращает излишние запасы и облегчает управление ими. Даже если общий объем заказанной продукции велик, заказы можно выполнять вовремя малыми партиями без накопления излишков. С другой стороны, производство крупными партиями всегда приводит к чрезмерному запасу на период выполнения заказа независимо от общего спроса.

Производственная система компании Toyota — прямая противоположность производства крупными партиями, а не *массового* про-



Рис. 25. Характеристики массового производства.

изводства, и именно поэтому снижение времени переналадки и установки занимает в ней важное место.

К производству, основанному на заказах

Производственный график компании Toyota, основанный на заказах, непосредственно соответствует действительному спросу. Когда спрос растет, рынок продаж развивается. В такие периоды упреждающее производство без потерь поддерживается спросом. Но при нормальных условиях рынка производство должно определять действительный спрос.

Характеристики производства, основанного на заказах

Массовое производство рискованно. В компании Toyota производство основано на подтвержденных заказах и нацелено на рынок, который требует быстрой поставки моделей широкого ассортимента, но в небольшом количестве. Система SMED обеспечила возможность многомодельности и вместе с производством малыми партиями облегчила производство небольших объемов продукции. Небольшие размеры партий и синхронизированный производственный поток по одному изделию значительно сократили время поставки.

Главная трудность при производстве, основанном на заказах, заключается в изменениях спроса. Ежедневные изменения можно ис-

ключать с помощью выравнивания загрузки мощностей (см. главу 7); однако ежемесячные и годовые колебания следует учитывать без использования запаса для выравнивания полной годовой загрузки. Для реагирования на сезонные колебания спроса компания Toyota останавливает основные производственные возможности на уровне минимального спроса и справляется с пиками спроса за счет дополнительной загрузки оборудования и сверхурочных работ временных рабочих. Эти способы функционируют следующим образом.

Сверхурочные. Между двумя сменами существуют 4-часовые перерывы, за которые можно удовлетворить рост спроса до 50 %.

Дополнительные возможности и временные рабочие. В периоды среднего спроса многие рабочие обслуживают 10 станков, загруженных на 50 % своих возможностей. Когда спрос возрастает, нанимаются временные рабочие. Это позволяет загрузить оборудование на 100 % (когда каждый рабочий обслуживает по 5 станков). Конечно, для эффективной организации такой работы станки должны быть усовершенствованы так, чтобы даже временные рабочие могли успешно освоить их не более чем за 3 дня обучения.

Итак, с колебаниями спроса можно справляться за счет гибкости производственных возможностей. Это вполне реально, так как компания Toyota использует на 20-30 % рабочих меньше, чем другие автопроизводители, и имеет большие резервные возможности в результате устранения потерь и совершенствования работы.

Основанное на заказах производство для сезонного спроса

В отличие от компании Toyota компания S Electric Company производит изделия на основании прогнозов будущего спроса. Она производит сезонные товары и останавливает производство на всю зиму, основываясь на результатах октябрьского прогноза спроса. После октября компания становится зависимой от колебаний рынка, поэтому часто должна поддерживать большие запасы продукции.

Компания хотела перейти к производству, основанному на заказах, но было непонятно, как справляться с сезонными колебаниями спроса. Теперь продажи 70 % изделий, которые они производят, надежно планируются к концу октября. Объем производства на ноябрь, декабрь и январь основывается на заказах. Для удовлетворения изменений спроса компания внедрила систему SMED и значительно сократила цикл производства. Несколько наименований изделий теперь могут поставляться через 10 дней после получения заказа.

В год, когда начались преобразования, лето выдалось очень жарким и метеорологи предсказывали суровую зиму. Другие компании сформировали большие запасы для удовлетворения ожидавшегося спроса. Когда же, вопреки прогнозам, последовала мягкая зима, они остались с нереализованными запасами готовых изделий. А в компании S Electric Company разница между планируемым и действительным производством составила 4 млрд. иен. Если бы компания работала по плану, у нее бы образовался значительный излишний запас, но поскольку она перешла к производству, основанному на заказах, она работала только с 10 %-ным запасом, достаточным для удовлетворения реального спроса.

Соотношение между циклом производства и периодом удовлетворения заказов

В главе 1 мы видели, что соотношение между периодом поставки и циклом производства очень важно. D (период между заказом и поставкой) должен быть больше P (периода между первым и последним процессами производства): $D > P$. Если продукция заказана за 10 дней до поставки, но ее производство занимает 20 дней, ее нельзя поставить вовремя. Для создания уверенности, что D всегда больше P , формируется дополнительный запас полуфабрикатов, используемый для поставок всех заказов менее чем за 20 дней.

Как уже отмечалось, неправильное прогнозирование ведет к излишнему накоплению и межпроцессным запасам. Чтобы избежать этого, абсолютный цикл производства (от начала до окончания) P_0 должен быть меньше D : $D > P_0$. Как правило, это достигается выравниванием и синхронизацией производства и устранением задержек.

Ускоренная поставка и производство, основанное на заказах

Японский предприниматель переехал в Германию. Когда он зашел в магазин, чтобы купить шкаф для новой квартиры, ему сказали, что готовых шкафов нет, их делают по заказу и могут доставить в лучшем случае через 6 месяцев. На его вопрос, почему нельзя ускорить этот процесс, владелец магазина ответил: «Мои шкафы делаются на всю жизнь, а вы не можете подождать полгода?» Покупатель был поражен разницей между немецким и японским рынками.

В США и Европе сроки поставки очень отличаются от японских. Например, в Англии поставка автомобиля Austin занимает от 6 ме-

сяцев до года. В США специально заказанного автомобиля GM или Ford вы должны ждать 3-6 месяцев. Однако всем нравится быстрая доставка заказанных товаров.

Из-за недавнего роста курса иены автомобили в Японии стоят примерно на 500 иен меньше, чем японские автомобили в США. Даже в этом случае у компании Toyota очень хорошие продажи, которые обусловлены быстрой поставкой, низким расходом топлива и низкими затратами на обслуживание. Исследование рынка в США, проведенное компанией Toyota, показало, что именно эти свойства автомобиля важны для американских покупателей.

Компания Toyota удовлетворяет экспортный спрос с помощью той же беззапасной производственной системы, что и внутри Японии. Например, автомобиль Celica по спецзаказу будет поставлен через 10 дней. Продавец информирует главный офис по продажам, который размещает заказ прямо в компании Toyota Motor. Там он вводится в компьютерную базу данных и передается на сборочный завод. Автомобиль изготавливается за 2 дня, 6 дней отводится на его доставку потребителю и еще остается 2 дня в резерве. Таким образом, потребители по всей Японии получают заказанные автомобили через 10 дней. Для стандартных моделей используется безотлагательная доставка.

Точные исследования рынка

Конечно, двухдневный цикл производства, упомянутый выше, не включает обработку сырья. Кузов, рама и другие части производятся согласно фиксированному графику производства. Два дня отводится на окраску и окончательную сборку, требуемые для выполнения полученного заказа.

Именно поэтому очень важно уметь предсказывать с высокой точностью, сколько и каких видов машин понадобится. Дважды в год компания Toyota Motor опрашивает около 60 тыс. людей, чтобы выявить тенденции спроса, затрачивая на это около 120 млн. иен. Ежегодно проводятся еще 5-6 дополнительных опросов. Таким образом, годовой маркетинговый бюджет в 600-700 млн. иен позволяет компании Toyota формировать точные прогнозы рынка. Другой способ сбора данных — ежедневная информация о том, сколько автомобилей той или иной модели регистрируется японским управлением дорожного движения. На основе этой информации график производства можно изменять в любое время. Подобная практика

подтверждает приверженность компании Toyota производству, основанному на заказе, и ее стремление производить только те автомобили, которые можно реализовать.

Планирование производства, основанного на заказах

Планирование производства нужно рассматривать с двух точек зрения. Первая — насколько точно можно спрогнозировать спрос? Вторая — насколько полно можно удовлетворить спрос при помощи планирования производства? Если производство основано только на прогнозах, эти требования удовлетворить легко. Если же целью является беззапасное производство, то планирование является очень сложным. Подход компании Toyota показан на рис. 26. Кроме того, важно скоординировать планирование производства с информационными системами.

Показатели производства в годовом плане основываются на исследовании рынка. Месячный и недельный планы производства составляются на основе прогнозов, но дневные графики производства определяются только заказами. Потребители предпочитают быструю доставку продукции после заказа, но все производство требует больше времени, так что в действительности система компании Toyota — планирование, основанное на сочетании прогнозов и заказов.

Когда годовые планы сверстаны, долгосрочные планы разделяются на месячные планы производства. Во многих компаниях изменение месячного графика допускается только в ограниченный период, после которого график фиксируется до установления следующего месячного плана. При таком подходе со временем могут накапливаться излишние запасы. Метод компании Toyota подобен описанному, но отличается большей точностью и гибкостью. При ежедневном планировании план настраивается более и более точно на полученные заказы. План последовательности производства или окончательной сборки ежедневно согласуется с заказами потребителей, а изменения передаются на предыдущие процессы через систему канбан.

Начальные процессы, такие, как подготовка сырья, сверление, расточка и обработка на станке, одинаковы для всех моделей. По мере движения материала от обработки и сборки частей к сборке узлов и окончательной сборки продукции предпочтение потребителя к модели и цвету определяет специальные требования к частям. Однако важность производства, основанного на заказах, как показано на

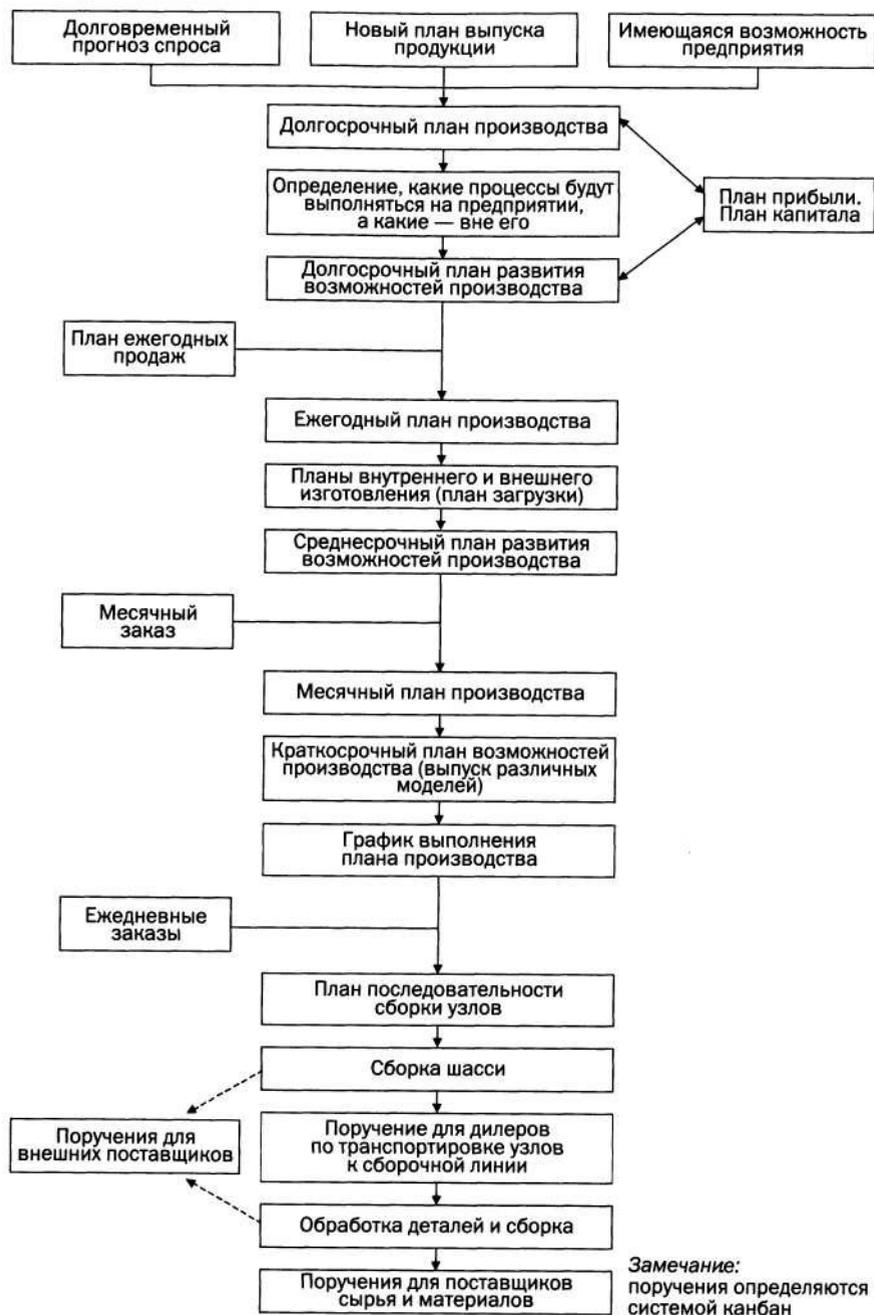


Рис. 26. Планирование производства в производственной системе Тойоты.

рис. 27, начинает проявляться только на той стадии обработки, где нужно учитывать индивидуальные требования потребителей. Это включает, например, внешнюю окраску автомобиля и монтаж.

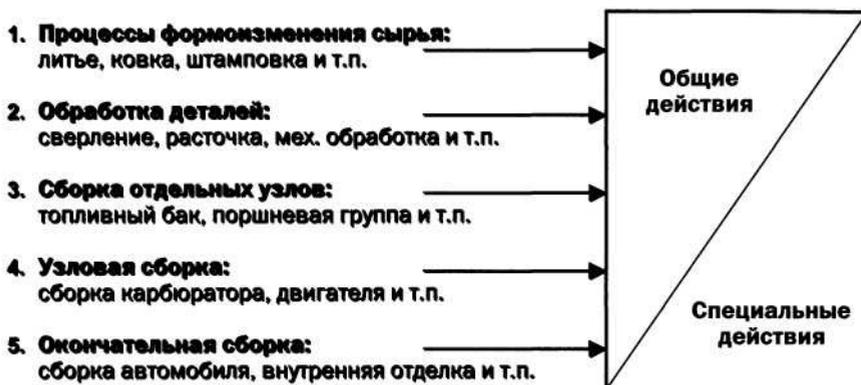


Рис. 27. Общий и специализированный характер производства.

В целом компания Toyota интегрирует ожидаемое планирование производства с планированием, основанным на заказах, когда производственный процесс приближается к последним этапам сборки. Такое гибкое планирование, объединенное с ежедневной точной настройкой плана последовательности окончательной сборки, обеспечивает по-настоящему основанное на заказах производство, которое также удовлетворяет требования беззапасного производства.

Система «Супермаркет»

Производственную систему компании Toyota иногда сравнивают с супермаркетом. В работе супермаркета есть ряд преимуществ: здесь потребители (процессы) покупают, что им нужно и когда нужно; поскольку они могут подойти к полке и взять, что хотят, затраты на реализацию (менеджмент материалов) снижаются; наконец, полки пополняются тогда, когда продукция раскупается (взяты изделия), что позволяет видеть, сколько продукции взято, и избегать излишних запасов.

Конечно, в супермаркете нет гарантии, что проданные сегодня продукты будут продаваться и завтра, так что некоторые продукты могут лежать на полках длительное время. Насколько актуальна эта проблема в компании Toyota? Для ответа на этот вопрос можно при-

бегнуть к аналогии с бейсболом: если игрок нападения («бэттер») со средним счетом 1 к 3 проигрывает первую подачу, заканчивает вторую подачу легким касанием по мячу, есть ли вероятность его выигрыша в третьей подаче? Чтобы ответить на этот вопрос, все, что вы можете сделать, — это проанализировать цифры. Кто-то может предположить: «У него средний результат игры 0,333, поскольку он выигрывает 1 подачу из 3; поэтому на этот раз он попадет точно». Другой может возразить: «Игрок сегодня плохо себя чувствует, поэтому велика вероятность, что он снова промахнется при третьей подаче». Я бы принял второе предположение, так как счет — вопрос средних значений.

В компании Toyota случайностям не место. Рабочие на участке Z, передав на сборку определенное количество деталей со своего процесса, получают для обработки это же количество деталей от предыдущего процесса, который, в свою очередь, от процесса, идущего перед ним, берет ровно столько же деталей, сколько было передано на участок Z и т.д.

Некоторые знатоки говорят, что производственная система компании Toyota увеличивает запас незавершенного производства, так как запас незавершенных деталей резервируется на каждом процессе, чтобы удовлетворять нужды следующего процесса. Однако в действительности этот запас создается только для того, чтобы производить замену деталей в проданных изделиях, а не в тех, которые могут быть проданы. Здесь нужно сделать различие между запасом, создающимся в результате расхождения между прогнозом и реальным спросом, и запасом, временно накапливающимся как реакция на действительный спрос. Излишние запасы вряд ли возникнут, если детали будут обрабатываться в соответствии с действительным ежедневным спросом.

Итак, важнейшее свойство системы «супермаркета» — запас расходуется и пополняется на основании реального спроса. Компания Toyota использовала эту концепцию для создания гибкой производственной системы, в которой следующие процессы получают детали от предыдущих, как покупатели в супермаркете. Такой принцип часто называют системой «вытягивания» или производством на основе заказов. Компания Toyota создала производство, основанное на заказах, и использует систему вытягивания для эффективного выполнения работы.

Сравнение производственных систем Форда и Тойоты

Когда г-на Оно попросили сравнить производственные системы Тойоты и Форда и сказать, какая компания имеет, по его мнению, доминирующее положение, он ответил:

«В обеих системах ежедневно возникают новые разработки и улучшения, поэтому трудно провести сравнение, но мне кажется, что система компании Toyota особенно подходит для производства в период слабого роста».

Как мы увидим, для такого заключения есть достаточно причин.

Многие компании подобно компании Ford осуществляют массовый выпуск деталей большими партиями, чтобы избежать эффекта возрастания затрат из-за частых замен инструментов и настройки оборудования. Производственная система Тойоты основывается на противоположной точке зрения. На стр. 147 в книге «*Производственная система Тойоты*» г-н Оно отмечает: «Наш производственный девиз — небольшие поставки и быстрая наладка». Он также говорит, что беззапасный подход — другая важная особенность системы компании Toyota:

«Даже если сегодня некоторые производители — к примеру, компания Volvo — практикуют сборку всего двигателя одним человеком, — это скорее исключение, а наиболее распространенной тенденцией является использование системы производственных потоков Форда или автоматизации. Хотя события, описанные Сорренсеном, происходили еще в 1910 г., с тех пор суть процесса изменилась незначительно.

Производственная система Тойоты, так же, как и фордовская, основана на системе производственных потоков. Основное различие состоит в том, что если Сорренсен думал над решением проблемы складирования запчастей, Toyota просто ликвидировала склады»*.

Три основных различия

У компании Toyota есть три основные особенности, отличающие ее от компании Ford: небольшие размеры партий, производство смешанных моделей и постоянное выполнение операций по одному изделию, начиная от обработки и заканчивая окончательной сборкой.

Производство крупными или мелкими партиями. Можно утверждать, что различие между компаниями Ford и Toyota состоит в том, что компания Ford производит немногие модели автомобилей в

Оно, Т. Производственная система Тойоты: Уходя от массового производства, 2-е изд., с. 146-147.

большом объеме, а компания Toyota производит много моделей в небольших объемах. Это абсолютно верно, хотя и не дает полной картины. Как указывалось выше, выбор между этими возможностями делается не случайным образом, а является ответом на условия рынка и спрос потребителей.

Аналогично периоды быстрого или медленного роста происходят из-за изменения социальных обстоятельств практически без контроля компании. В период быстрого роста легко создать рынок продавца, но при медленном росте рынок определяют покупатели. Предприятия должны быть гибкими и готовыми удовлетворить новые запросы.

Очевидно, у массового производства есть преимущества, такие, как быстрая окупаемость специальных или уникальных станков, инструментов и штампов, но ключевой вопрос — применять мелкие или крупные партии? Традиционно американские автопроизводители считают, что большие партии и планируемое массовое производство позволяют получить существенную экономию затрат. Подобный подход приводит:

- к наличию больших запасов готовой продукции (что вызвано разрывом между прогнозируемым объемом выпуска продукции и действительным спросом);
- к накоплению объема незавершенного производства между процессами (создаваемому за счет производства крупными партиями).

Хотя эти явления часто усиливаются в периоды медленного роста, их терпят по ряду причин. Во-первых, крупные партии снижают задержки из-за замены инструментов и штампов; во-вторых, они облегчают разделение труда и снижают трудовые и другие затраты; в-третьих, разделение труда дает возможности найма низкоквалифицированных рабочих, что при условии снижения себестоимости продукции способствует увеличению потребления продукции.

Все эти доводы, однако, терпят крах, когда время замены инструментов и наладки снижается благодаря системе SMED. Добавим, что даже при производстве мелкими партиями многие функции становятся общими для нескольких продуктов или процессов. При условии, что небольшие партии в совокупности составляют большие объемы производства, разделение труда продолжает поддерживаться, что дает возможность привлекать неопытных рабочих.

Небольшие партии также способствуют сокращению цикла производства и снижению необходимости упреждающего производ-

ства. При этих условиях становится возможным производить продукцию на основе действительного спроса.

Использование производства смешанных моделей в сборочном процессе. Самые первые автомобили были произведены, вероятно, штучно небольшой группой рабочих. Конвейерное выполнение операций сборки в компании Ford по одному изделию сделало возможным разделение труда, но оно основывалось на производстве крупными партиями. Например, 200 тыс. автомобилей модели X изготавливаются в начале месяца, затем 300 тыс. автомобилей модели Y — в середине месяца и 400 тыс. автомобилей модели Z — в конце. В компании Toyota, однако, выровненное производство смешанных моделей приводит к последовательности окончательной сборки в 2X 3Y 4Z, которая повторяется в течение дня.

Смешанное производство устраняет накопление незавершенного производства за счет использования небольших партий. Оно быстро реагирует на изменение спроса и облегчает планирование, предоставляя информацию в начале процесса, какова будет средняя загрузка.

Устойчивая последовательность операций от обработки деталей до сборки. Сборка в компании Ford выстроена в поток единичных изделий, но детали и узлы, подаваемые на сборку, производятся исключительно крупными партиями. В компании Toyota и сборка, и обработка деталей осуществляются в потоке единичных изделий. Например, сварка рамы или механическая обработка деталей. Более того, компания Toyota применяет комплексную систему, в которой различные детали поступают прямо на окончательную сборку. Все детали, изготавливаемые на заводе или поставляемые извне, производятся мелкими партиями и создают единый поток единичных изделий. Это — фундаментальный принцип системы Тойоты и ее существенное отличие от системы Форда.

В табл. 4.4 обобщаются различия в системах Тойоты и Форда.

- Компании Ford и Toyota используют поток единичных изделий на сборке.
- Однако компания Ford выпускает немного моделей автомобилей крупными партиями с простой последовательностью моделей на сборке. Компания Toyota производит много моделей малыми партиями, на сборке используется принцип смешанного производства.
- Сборка и производство деталей в компании Ford разделены, а в компании Toyota связаны.

Таблица 4.4. Различия между системами Тойоты и Форда

Отличие	Ford	Toyota	Выгода
1. Поток единичных изделий	Только операции сборки	Операции обработки и сборки связаны	Короче производственный цикл, снижены запасы готовых товаров, а также незавершенного производства.
2. Размер партии	Большие партии	Малые партии	Снижение незавершенного производства, производство основано на заказах
3. Особенности выпуска продукции	Одна продукция (немного моделей)	Смешанная продукция (много моделей)	Снижение незавершенного производства, приспособление к изменениям, сбалансированность нагрузки.

- В компании Ford поток единичных изделий используется только на сборке, а детали обрабатываются крупными партиями. В компании Toyota и сборка, и обработка производятся мелкими партиями.

Система компании Toyota не противопоставляется системе компании Ford. Скорее это постепенное улучшение — система приспособлена к японскому рынку за счет массового производства небольшими партиями с минимальными запасами.

Это принципиальные особенности производственной системы компании Toyota. Основа их достижения — внедрение системы SMED, позволяющей снизить время переналадки и обеспечить производство небольшими партиями.

Выводы

Главная цель производственной системы Тойоты — выявлять и устранять потери и снижать затраты. Запасы ликвидируются обнаружением и исправлением скрытых причин, которые их порождают. Производство на основе заказов, или ориентация на спрос, а не прогнозное или упреждающее производство, помогает управлять этими условиями. Другая важная с точки зрения операций стратегия — отделение рабочего от станка, предавтоматизация для обеспечения многостаночной работы.

Глава 5

МЕХАНИЗМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ

УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА: УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ГРАФИКОМ И ПРИНЦИП «ТОЧНО ВОВРЕМЯ»

Производственный процесс состоит из операций обработки, контроля, транспортировки и хранения, но только обработка добавляет ценность. Это очень хорошо усвоено в компании Toyota, где снижение затрат за счет устранения потерь, особенно потерь от перепроизводства, является главной целью. Контроль, транспортировка и особенно хранение, или практика накопления запасов, считаются потерями и устраняются где только возможно.

Многие считают самой важной особенностью производственной системы Тойоты принцип «точно вовремя» (just-in-time), но в действительности это не более чем стратегия достижения беззапасного производства.

Важными концепциями в производственной системе Тойоты являются управление графиком работ и управление нагрузкой. Управление графиком обеспечивает своевременность изготовления продукции. Управление нагрузкой обеспечивает саму возможность выпуска продукции за счет поддержания баланса между производственными возможностями и нагрузкой. Вот иллюстрация этому: если вы не явитесь на вокзал вовремя, то опоздаете на поезд (управление графиком), но даже если вы придете вовремя, все равно не сможете сесть на поезд, если он уже полон (управление нагрузкой).

Управление производственным графиком и принцип «точно вовремя»

Планирование производства

Обычно планирование производства проходит три стадии:

- основной график — долгосрочный (двухлетний, ежегодный или квартальный);
- промежуточный график — ежемесячный;
- детализированный график — реальная последовательность производства на неделю, три дня или один день.

Основной график компании Toyota базируется на глубоком исследовании рынка (см. главу 4, с. 142) и устанавливает примерные объемы производства. Общие ежемесячные объемы производства предоставляются заводам и поставщикам комплектующих за два месяца до начала производства и затем подтверждаются через месяц. Эти окончательные объемы используют для составления детальных недельных и ежедневных производственных графиков и выравнивания производства. Примерно за две недели до начала производства каждой линии предоставляются проектные дневные объемы производства по каждой модели автомобиля. Детальный производственный график с имеющимися дневными изменениями направляется на выход линии окончательной сборки для согласования графика с действительными заказами. Изменения сообщаются по линии через систему канбан. Гибкость детального графика — это особенность, отличающая систему производственных графиков компании Toyota от других. Из дня в день в график могут быстро и легко вноситься точные изменения.

Управление производственным графиком и беззапасное производство

В главе 4 описаны две отличительные особенности производственной системы Тойоты: производство, основанное на заказах, и беззапасное производство.

Отсутствие запасов и «точно вовремя»

Как мы видели в предыдущей главе, использование принципа «точно вовремя» только для обеспечения поставки готовой продук-

ции в предписанный период часто приводит к перепроизводству и преждевременному производству. Однако в компании Toyota принцип «точно вовремя» применяется также к производству деталей и узлов в точно требуемом количестве, точно ко времени, когда они нужны, и не раньше.

В компании Toyota беззапасное производство означает, что запасы готовых автомобилей должны быть нулевыми, т.е. объем производства не должен превышать объем заказов. Для достижения такого баланса компания Toyota ввела производство, основанное на заказах. Поскольку не всегда удастся добиться, чтобы цикл производства R был меньше периода между заказом и поставкой D т.е. $P < D$, в планировании и производстве был использован принцип «супермаркета» (супермаркет работает на предположении, что купленное сегодня будет, вероятно, требоваться и завтра). Итак, планирование предварительных процессов основано на ожидаемых заказах, однако создание излишних запасов предупреждается привязкой последующих процессов и окончательной сборки к действительным заказам потребителей. Поэтому гибкость и управление достигаются системой канбан. Наконец, поскольку главное абсолютное правило — производить не больше, чем требуется, возможности оборудования и степень его загрузки не считаются факторами управления производством.

Семь принципов сокращения цикла производства

В компании Toyota говорят: «Блок цилиндров, отлитый на заводе Kamigo утром, работает в готовом автомобиле вечером». Каким же образом это достигается?

Снижение задержек процесса. Задержки процесса возникают, когда вся партия ожидает обработки. Для сокращения цикла производства намного эффективнее ликвидировать задержки процесса, чем стремиться к уменьшению времени обработки. Как правило, соотношение времени обработки и времени хранения находится в пределах от 2:3 до 1:4. Во многих случаях сокращение задержек процесса наполовину приведет к сокращению времени производства на 60 %, а полное устранение задержек может сократить производственный цикл на 80 %.

Для достижения таких результатов нужно выровнять объемы производства и возможности обработки на всех процессах и синхронизовать поток работы по всему предприятию. При любом раз-

мере партии — будь то 3000, 300, 3 изделия или только одно — если время обработки на каждом процессе одинаково, процессы можно синхронизовать для устранения задержек. Когда последовательно расположены станки с разной производительностью, время обработки на каждом из них будет отличаться. В этом случае нужно намеренно замедлять работу более быстрых станков, чтобы выровнять номинальное время обработки. Однако при больших размерах партий производственный цикл будет увеличиваться за счет задержек партий.

Снижение задержек партий. Устранение задержек процесса выравниванием объема производства и синхронизацией может сократить цикл производства максимум на 80 %. Для дальнейшего его сокращения требуется снижение или устранение задержек партий.

В целом эти задержки являются частью времени обработки, и их нелегко обнаружить.

На рис. 28 показано различие во времени обработки при производстве партиями и при потоке единичных изделий. Для того чтобы вся партия из 3000 изделий прошла три этапа обработки, необходимо 15 часов (три 5-часовых процесса). Однако если 3 процесса соединены так, что каждое изделие, обработанное на одном процессе, тут же передается на следующий, производственный цикл существенно сокращается. Так, в приведенном примере, если время обработки одного изделия на каждом процессе равно 6 секунд, цикл производства можно снизить до 5 часов 12 секунд. Это сокращение производственного цикла $на^2/3$. Если в производственный поток по одному изделию включить 5 процессов, цикл производства будет сокращен до X; если 10 — до X_0 и т.д.

Разбивка производства на небольшие партии может резко сократить циклы производства. Однако многие автопроизводители сопротивляются этой идее, так как производство большими партиями снижает время, затрачиваемое на замену инструментов и штампов, тем самым уменьшая общие затраты (в человеко-часах) на обработку. Производство мелкими партиями, однако, компенсирует это преимущество сокращением производственного цикла за счет увеличения количества транспортируемых партий.

В потоке единичных изделий каждая транспортируемая партия эквивалентна одному изделию. Это значительно сокращает производственный цикл. Например, партию в 3000 изделий можно обработать за очень короткое время, если каждое изделие передается на следующий процесс по мере его обработки. Но чтобы добиться такого снижения, размещение оборудования должно способствовать

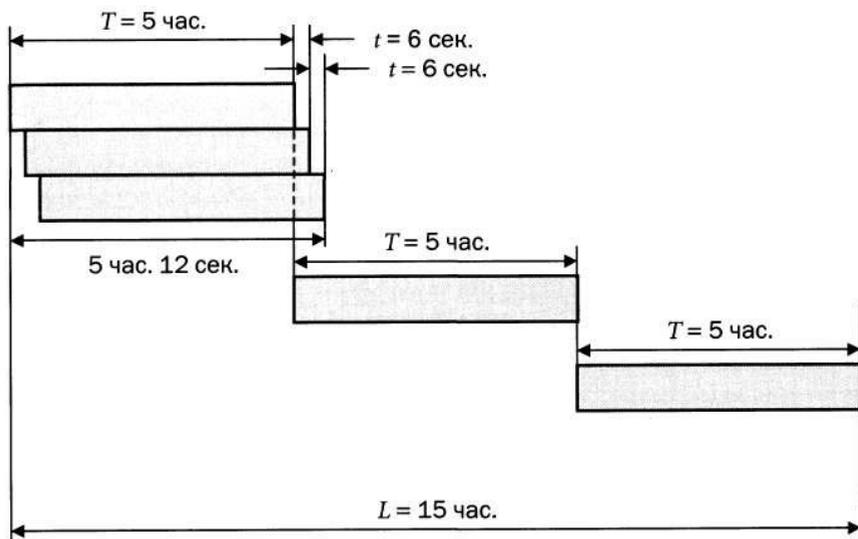


Рис. 28. Производственный цикл при работе партиями и при потоке единичных изделий.

удобной и быстрой транспортировке продукции от одного процесса к другому.

Снижение времени производства. С помощью выравнивания объема производства и синхронизации можно устранить задержки процесса, снизив цикл производства до X от первоначального. А, используя, например, поток единичных изделий для 10 последовательных процессов, можно снизить цикл производства до X_0 . Перемножением эффекта от устранения задержек процесса и партии можно снизить цикл производства для десяти процессов до X_0 от первоначального ($X \times X_0$)-

Этот эффект перемножения еще более возрастает, когда определяют оптимальный размер партии. Предельное ограничение на цикл производства — время обработки одной партии. Размер обрабатываемой партии, в свою очередь, принципиально определяется временем, необходимым для переналадки и установки инструментов. Это время можно сократить на 90 %, если часовая замена может быть сокращена до 6 минут. В этом случае производственный цикл не увеличится, даже если обрабатываемая партия уменьшится с 3000 до 300 изделий.

Если время обработки теперь равно 0,5 часа и размер партии сокращен до 0,1 от имевшегося, эти улучшения, объединяясь с уstra-

нением задержек процесса и партии, делают возможным поразительное снижение цикла производства:

$$\frac{1}{5} \times \frac{1}{10} = \frac{1}{500}.$$

Производство партиями по 3000 изделий включает не только задержки процесса, но и задержки партии, и потребует для выполнения 10 дней. Переходя к партиям по 300 изделий, выравнивая и синхронизируя 10 процессов и выстраивая поток единичных изделий, получим время обработки всего 0,5 часа (Хоо ^{от} 240 часов).

Существует четыре основных принципа, которых нужно придерживаться при создании потока единичных изделий, который, в свою очередь, позволит существенно сократить производственный цикл (см. пример выше):

- выравнивание объемов производства между процессами и синхронизация всех процессов (для устранения задержек процессов);
- уменьшение размера транспортируемой партии до одного изделия (для устранения задержек партий);
- улучшение расположения рабочих участков, чтобы компенсировать необходимость гораздо более частой транспортировки;
- уменьшение размера партии.

Вот так, следуя этим принципам, компания Toyota добивается, чтобы блок цилиндров двигателя, отлитый утром, работал в готовом автомобиле вечером.

Используйте размещение, формирование линий и систему полного управления работой. Как отмечалось выше, создание потока единичных изделий требует выравнивания объема производства, использования мелких партий и синхронизации процессов. Поскольку это сильно увеличивает число операций транспортировки, были разработаны 2 стратегии для снижения общего времени транспортировки:

- изменение размещения производственных мощностей таким образом, чтобы требовалось немного или вообще не требовалось транспортных средств;
- применение более удобного метода соединения процессов, такого, например, как конвейер.

Поскольку второй метод может оказаться дорогим и сложным, в общем случае предпочтительно совершенствование размещения.

Для улучшения размещения необходимо предпринять несколько шагов. Первый — различные станки следует разместить в соответствии с технологическим маршрутом обработки продукции. Компоновка производственных участков по типам станков (например, участок прессов или токарный участок) только увеличивает транспортировку. Рассмотрим следующие варианты:

- линия одного процесса — для месячного производства одного изделия и одной модели в больших количествах;
- линия общих процессов — для случаев, когда производство одного изделия в течение месяца нецелесообразно, но изделия А, В, С и D имеют общие процессы, которые можно выстроить в непрерывный поток;
- линия схожих процессов — изделия А, В, С, D, Е и F имеют некоторые, но не все, общие процессы, так что из них можно сформировать только отдельные линии общих процессов.

В компании Toyota чаще всего используются линии общего процесса. При этом у большинства заводов гораздо меньше общих процессов, поэтому на них должны использоваться линии схожих процессов*.

Улучшение размещения линии приносит следующие выгоды:

- устранение трудозатрат на транспортировку;
- более быстрое получение информации о качестве, что способствует снижению уровня дефектности;
- снижение трудозатрат за счет сокращения или устранения задержек процесса и задержек партий;
- сокращение цикла производства.

Сокращение цикла производства способствует внедрению производства, основанного на заказах, и помогает снизить запасы готовой продукции. При устранении задержек двух типов между процессами беззапасное производство становится возможным.

Хотя формирование линии имеет много преимуществ, оно связано с определенными трудностями. Наибольшая потенциальная проблема обусловлена объединением станков с разной производительностью внутри одного процесса или между процессами. Как от-

Чтобы определить самое эффективное размещение станков для ваших конкретных требований, см. разд. «Улучшение размещения» (Improving Layout) в книге Сигео Синго *«Производство без запасов: система непрерывного улучшения Синго»* («Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement») Cambridge, MA: Productivity Press, 1988, с 326-328).

мечалось выше, производительность станка не считается в компании Toyota фактором управления производством. При беззапасной системе за каждый цикл производится не больше продукции, чем требуется. Поэтому вполне приемлемы станки низкой производительности, если они производят требуемое количество, и даже если производительность станка высока, перепроизводство не допускается. В идеале производительность станков должна соответствовать требованиям производства, но фактически высокопроизводительные станки применяются даже тогда, когда их нельзя использовать полностью.

В компании Toyota поиски путей решения этой проблемы привели к дальнейшим улучшениям. Между высоко- и низкопроизводительными станками создают небольшой запас. Когда он достигает 20 изделий, операция высокопроизводительного станка останавливается. Она возобновляется, когда запас падает до 5 изделий. Обычно высокопроизводительные станки чередуются с низкопроизводительными для синхронизации процессов и поддержания минимального уровня запасов.

Все это — полное управление работой, определяемое как метод управления, предусматривающий прекращение операций, когда запасы на максимуме. Таким образом, общий объем производства в конечном счете соответствует требуемому.

При данном методе управления высокая производительность станков не требуется, а часто и нежелательна. Чтобы выполнить заказ, необходимо придерживать работу станков, даже если это приводит к низкой производительности. Если данная идея не усвоена, полное управление работой не может применяться.

При объединении метода создания производственных линий, позволяющих осуществить выравнивание объема, синхронизацию и создать поток единичных изделий, с одной стороны, с системой SMED для производства малыми партиями, с другой, система полного управления работой позволяет сокращать цикл производства в геометрической прогрессии.

Синхронизация операций и уменьшение отклонений. Синхронизация или балансирование линии важны в любом потоке операций. Поэтому нужно прилагать все усилия, чтобы разделять задачи и стандартизировать операции для минимизации потерь, вызываемых дисбалансом.

Однако на практике, независимо от тщательности планирования и выполнения операций, будут возникать некоторые отклонения от стандартного времени. Например, резьба винта может оказаться

слишком тугой, поэтому потребуется немного больше времени на завинчивание. Винт можно уронить и потерять время, пока берешь другой. Маленькие проблемы непременно возникают, поэтому нельзя избежать некоторого отклонения от стандартного времени.

Обычно для решения таких проблем мы используем буферный запас между рабочими участками. Если рабочие заканчивают работу быстрее предписанного графика, они производят обработку изделий в запас; когда же один рабочий задерживается, следующий берет детали из его буферного запаса, а запоздавший старается наверстать упущенное время, работая в следующем цикле быстрее. Вот так буферный запас между рабочими участками предупреждает задержки между процессами.

Если запасы служат лишь в качестве буфера, то для хранения между процессами вполне достаточно одного изделия, однако на практике их обычно несколько или даже очень много.

- *Ящики для деталей.* Ширина рабочей области, достаточная для комфортной работы, составляет около 75 см. Однако если необходимо большое количество деталей, эти стандартные параметры часто игнорируются: используется два или три ящика, следовательно, занимаемая площадь увеличивается. В таких ситуациях область хранения между рабочими можно сократить, применив ящики с несколькими отделениями.

Кроме этого, на операциях сборки фактически в любое время требуется только одна единица данной детали, что подсказывает несколько решений. Можно сконструировать вращающиеся ящики, позволяющие получать только одну необходимую в данное время деталь. Такие же функции могут выполнять и другие устройства, но выстроенные в трех измерениях, а не в двух, т. е. расположенные вертикально, а не по сторонам. Подобные решения предупреждают «размножение» ящиков для деталей и сдерживают увеличение необходимой рабочей площади.

- *Исключение отклонений от стандартного времени.* Применение описанных процедур помогает минимизировать запасы между процессами, но в компании Toyota такие запасы вообще не допускаются. Для поглощения отклонений от стандартного времени компания Toyota использует *систему взаимной помощи**. При возникновении задержки рабочие помогают друг другу, а не накапливают запас. Для групповых операций работни-

Mutual assistance system.

ки компании Toyota применяют две эстафетные системы, используемые в спорте: *эстафета в плавании* и *эстафета в легкой атлетике*.

В плавании пловцу следующего этапа не позволяется прыгать в воду, пока пловец предыдущего этапа не коснется стенки бассейна, — таким образом, быстрый пловец (рабочий) работает со скоростью более медленного. А в беге, например, возможны варианты: а) если первым бежит более быстрый бегун, то эстафетная палочка может быть передана менее быстрому спортсмену в конце *зоны передачи эстафетной палочки*; б) если скорость бега выше у спортсмена на следующем этапе, то передача осуществляется в начале зоны, так что более быстрый помогает менее быстрому.

Такая система взаимной помощи позволяет снизить отклонения от стандартного времени между процессами без создания запасов.

Установление тактового времени. *Такт* — время производства одного изделия. Это время эквивалентно полному рабочему времени, деленному на количество произведенных изделий. Не следует думать, что снижение времени такта обязательно связано с повышением производительности. Например, 10 рабочих могут произвести 100 изделий. После улучшения условий работы они могут произвести 120 изделий. Но это не значит, что им следует делать 120 изделий в день. Если требуется всего 100 изделий, реальное улучшение достигается тогда, когда необходимый объем производит меньшее число рабочих —^b производство ненужной продукции не является повышением производительности.

В целом тактовое время можно вычислять исходя либо из требуемого объема производства, либо из реальной производительности рабочих и станков. Принятие того или иного метода расчета не вызывает затруднений, хотя следует проявлять осторожность. Например, было бы странно превышать ограничение скорости только потому, что автомобиль может ехать быстрее. Поскольку производственная система компании Toyota основана на том, что перепроизводство — это потери, тактовое время вычисляется исходя из требуемого объема производства.

Обеспечение производственного потока между процессами. Методология производства компании Toyota будет логически законченной, когда приведет производственную систему к идеальному состоянию, в котором все операции — от изготовления заготовок

(ковки, литья, штамповки) до их обработки, а затем предварительной, промежуточной и конечной сборки — связаны в гармоничный производственный поток единичных изделий. Хотя такая интеграция полностью еще не достигнута, Toyota разработала систему частых поставок малыми партиями с заводов изготовителей (например, рамного и окрасочного) на линию сборки.

Крайне частая поставка деталей и узлов от процессов, предшествующих окончательной сборке, создает поток продукции, приближающийся к состоянию всеобщей системы, описанной выше. На заводах компании Toyota часто встречаются погрузчики-трейлеры с надписью «Приоритетная поставка»*. Они доставляют небольшие смешанные партии деталей, которые требуются для конечной сборки и не могут быть задержаны. Когда они проезжают по цеху, даже президент компании уступает им дорогу. Аналогично погрузчики транспортируют детали с участковковки, отливки и штамповки прямо на обработку.

Все эти действия согласованы с тактовым временем и управляются с помощью системы канбан. Работа столь упорядочена и происходит с такой скоростью, что ее иногда называют «вихревой системой». Успех отражается в показателях скорости оборота запасов компании Toyota. В табл. 5.1 приведены значения этого показателя у компании Toyota и других автопроизводителей.

Таблица 5.1. Коэффициент оборота запасов автопроизводителей различных стран*

Год	Компания Toyota	Компания А (Япония)	Компания В (США)	Компания С (США)
1960	41 раз	13 раз	7 раз	8 раз
1965	66	13	5	5
1970	63	13	6	6

* По данным М. Сугимори (М. Sugimori).

Внедрение системы SMED

Можно сказать без преувеличения, что главным фактором успеха производственной системы Тойоты является впечатляющее со-

кращение времени замены штампов и инструментов. Производство, основанное на заказах, и беззапасное производство требуют максимального сокращения времени переналадки.

Первые дни SMED

Когда в 1970 году я в первый раз посетил компанию Toyota, время переналадки 1000-тонного прессы составляло 4 часа — вдвое больше, чем в компании Volkswagen. Примерно через шесть месяцев наши усилия позволили снизить это время до 1,5 часа. Все были в восторге, так как мы победили Volkswagen.

Однако когда через 2-3 месяца я вернулся в компанию Toyota, высшее руководство потребовало, чтобы время переналадки было снижено до 3 минут. Сначала я считал это нереальным требованием. Но после изучения производственной системы Тойоты я понял, что столь невероятно короткое время переналадки (которого нельзя, по видимому, добиться без SMED) было крайне необходимо для достижения основанного на заказах и беззапасного производства.

Вначале я не знал, как достичь такого резкого сокращения. Но вскоре пришло вдохновение: «А что если преобразовать *внутренние* действия во *внешние!*». Этот фундаментальный принцип SMED позволил снизить время переналадки до 3 минут уже через несколько месяцев.

В одном экономическом журнале было написано, что значительного сокращения времени переналадки в компании Toyota удалось добиться потому, что были ликвидированы частые простои рабочих. Это — чрезвычайно поверхностное объяснение, показывающее, что автор плохо понимает сущность производственной системы Тойоты. Сокращение времени переналадки никогда не было вопросом интенсивности труда, прежде всего это — результат изменения мышления и применения научных методов, основанных на особом подходе к решению проблемы.

Другие авторы, пытаясь объяснить успехи SMED в компании Toyota инженерными навыками, вычислили, что потребовалось 340 тыс. практических нововведений, что равносильно 30 человеко-годам, чтобы сократить замену с 3 часов до 3 минут. С их точки зрения достижение было в основном результатом обучения, хотя признавалась роль усовершенствованных приспособлений, оснастки и методов переналадки, а также проворность и энтузиазм рабочих компании Toyota.

Однако на то, чтобы снизить время переналадки с 3 часов до 3 минут, фактически ушло лишь 3 месяца. И это решение было найдено скорее с помощью научных принципов SMED, нежели инженерных навыков. Я мог бы привести тысячи примеров других японских предприятий, показывающих, что время установки инструментов и переналадки штампов можно снизить приблизительно на 95 % за несколько месяцев. Как только мы сравним показатели времени переналадки в компании Toyota и компаниях других стран, мы сможем оценить впечатляющие достижения компании Toyota в снижении времени переналадки (табл. 5.2).

Таблица 5.2. Время переналадки для прессов в компаниях разных стран (капот и крыло)*

	Компания Toyota	Компания А (США)	Компания В (Швеция)	Компания С (Германия)
Простой пресса при замене штампа	9 минут	6 часов	4 часа	4 часа
Число переналадок в смену	1,5 в смену	1 в 2 смены	—	1 в 2 дня
Размер партии	1 день	10 дней	1 месяц	—
Ударов в час	500–550	300	—	—

* По данным М. Сугимори (M. Sugimori).

Важные аспекты системы SMED

Как уже говорилось, за 10 лет практического применения сформировалось 8 основных способов или принципов замены инструментов и штампов. Важнейшие из них:

1. Четко различайте внутренние и внешние действия.
2. Преобразуйте внутренние действия во внешние.
3. Усовершенствуйте функциональные зажимы (рассмотрите «безрезьбовой» крепеж).
4. Устраните регулировки.

Последние два принципа требуют более детального рассмотрения.

Функциональные зажимы

При креплении болтов и гаек должны выполняться следующие 3 действия:

- 1) поместите гайку на верхнюю часть болта и проверните ее один раз, чтобы закрепить;
- 2) продолжайте вращать гайку;
- 3) на последнем витке затяните ее с требуемым моментом.

Из трех перечисленных действий труднее всего первое. Если гайка не сцентрирована и не помещена на болт точно под нужным углом, она не войдет в резьбу болта. Почему бы не рассмотреть возможность затяжки и ослабления болта без снятия с него гайки? И как можно вообще работать, осознавая факт, что болты и гайки ослабляются на первом обороте, а разъединяются на последнем витке резьбы?

Удивительно, но эти простые в общем-то вещи понимают не все. Однажды я поставил рабочим задачу сменить штамп без проворачивания либо гайки, либо болта более чем на один оборот. Они должны были платить мне 500 долл. за каждый лишний оборот! Чтобы избежать этих штрафов, они внесли следующие усовершенствования:

1. 12 болтов закрепляли крышку вулканизационной камеры. Отверстия для болтов в крышке вырезали в форме старомодных отверстий для ключей, а болты закрепили U-образными шайбами (рис. 29, а). После одного оборота гаек шайбы можно вынуть, и при вращении крышки против часовой стрелки к большей стороне ключевого отверстия крышка снимается без удаления или даже касания гаек. Это значительно сократило время замены штампа.
2. В операции намотки проволоки в компании S Industry для снятия изделия необходимо было сначала снять гайку, а затем шайбу. Этот процесс был улучшен использованием гайки с внешним диаметром, меньшим, чем внутренний диаметр в сердечнике намотки, закрепляющей его U-образной шайбой (рис. 29, б). Теперь для вынимания сердечника гайка ослабляется на 1 оборот и шайба вытаскивается. Затем без касания гайки вынимается сердечник. Это сократило время между операциями до 1/2 от прежнего.

В результате внедрения подобных устройств в американской компании F.M. двухчасовое время замены было сокращено до 2 минут.

Предложенное решение показано на рис. 29, д. Оно работает так: резьба срезается на трех участках окружности болта и трех соответствующих участках гайки (которая немного толще обычной). Это делает возможным насадить гайку на болт до требуемой глубины и повернуть один раз, чтобы затянуть ее и закрепить в одно касание. **Функциональные зажимы без резьбы.** Рассмотрим теперь другой подход — зажим без резьбы, снижающий время переналадки еще более эффективно.

Цель затяжки резьбовых винтов — закрепление объекта, но винт — лишь один путь для этого. Однако многие инженеры считают винты универсальным методом закрепления и не думают применять нерезьбовые устройства, такие, как кулачки и клинья. Различные схемы зажима и «кассетный» метод — это другие возможные методы (рис. 29, в, г, з).

Во всех таких случаях важно учесть направление, в котором будет прилагаться сила. Их существует три: из стороны в сторону — X, вперед и назад — Y и вверх и вниз — Z.

Зажимы прессов. От штампов, используемых в прессах, обычно не требуется выдерживать сильные нагрузки вперед и назад (Y) и из стороны в сторону (X): они просто должны удерживаться от перемещения. Однако вертикально нижний штамп поддерживается станиной пресса, а верхний должен быть подвешен, чтобы он не падал под собственным весом. Поэтому максимальная нагрузка — сила сжатия верхнего и нижнего штампов.

Решение относительно зажима — стандартизировать обе стороны верхнего и нижнего штампов и составить их вместе с допуском $\pm 0,15$ мм с направляющим L-образным стержнем. Кроме того, движения вперед и назад исключаются при помощи клиньев. При таком методе штампы для прессов менее 50 тонн можно просто вставлять или вытаскивать, что делает возможным производить замену приблизительно за 15 секунд. При этом, конечно, необходимо стандартизировать высоту штампов.

Стопоры расточных станков. На 8-шпиндельном расточном станке стопоры каждого шпинделя закреплялись винтами, расположенными в труднодоступном для регулировки и затяжки месте. Для нормального функционирования стопоры, безусловно, должны иметь контакт со шпинделем. Главное усовершенствование состояло в следующем (рис. 29, е):

- резьба на концах болтов была сточена, в результате чего получились цилиндрические фиксаторы;

- на конце каждого шпинделя были выточены канавки полу-круглой формы, и к концу фиксатора присоединены пружины, скользящие в канавки. Так фиксатор удерживался на месте натяжением пружины.

Таким образом, фиксатор поддерживался за счет своей цилиндрической формы как с каждой стороны, так и вертикально. С противоположного направления давление на фиксатор создавалось шпинделем, и требовалось только небольшое усилие, чтобы его вынуть. Такое усовершенствование сократило время замены инструмента на 90 %.

Когда мы хотим улучшить методы зажима, то склонны рассматривать дорогие альтернативы гидравлических, пневматических или магнитных устройств. Однако существуют практичные и недорогие механические решения, которые можно использовать при глубоком понимании функции зажима.

Устранение регулировок

Самый важный принцип для сокращения времени переналадок — исключение регулировки. Нужно понимать различие между установкой и регулировкой — двумя абсолютно разными действиями. При *установке* правильное положение уже установлено и регулировка не нужна. Например, если конечный выключатель установлен правильно с первого раза, его не нужно регулировать при последующих работах. В этом же примере *регулировка* означает перемещение конечного выключателя для нахождения правильного положения. Многие считают, что регулировка — неотъемлемая часть установки, но это не так.

Система наименьшего общего кратного. Это эффективное средство устранения регулировки. Например, рассмотрим процесс, требующий регулировки положения конечного выключателя при любой из 5 позиций. Возможное решение — поместить по выключателю в каждом из возможных положений, но подключать к электричеству только необходимый выключатель. Например, когда требуется перемещение во второе положение, активируется только второй выключатель. При таком переключении в одно касание конечных выключателей сам механизм не требует регулировки — только переключается *функция*. Вот еще 3 примера.

Сверление. Для установки предохранительного винта в вале двигателя сверлится отверстие. Поскольку для разных моделей исполь-

зуются 8 разных длин отверстия, положение стопора для вылета шпинделя станка под каждое отверстие соответственно изменялось и каждый раз регулировалось. Чтобы устранить регулировки, рабочие изготовили круглую шайбу с 8 стопорами разной длины. Когда требуется другая длина отверстия, шайба поворачивается в одно касание и выбирается стопор необходимой длины.

Механическая обработка. Для установки инструментов, используемых при автоматической обработке частей фотокамер, использовались 5 стандартных приспособлений. Для правильной установки инструментов требовались многочасовые регулировки и серьезные навыки. Операция была усовершенствована прорезкой 5 канавок на внешней окружности цилиндра, соответствующих 5 видам стандартных приспособлений (рис. 29, ж). Регулировка устранена полностью вращением этого «стандартного цилиндрического приспособления» и введением фиксирующего пальца в требуемое положение. Время переналадки было значительно снижено, и работу сейчас могут выполнять низкоквалифицированные рабочие.

Изготовление конических пружин. Станок производил 6 конических пружин для автомобилей разной высоты. Положение стопора изменялось вращением регулировочного винта. После установки производилось пробное изготовление изделия и в зависимости от результата измерения осуществлялась регулировка. Для устранения регулировки у регулировочного винта была срезана резьба, а внизу поставили 6 разных упоров. Теперь при контакте винта с упором правильное положение устанавливалось без регулировки.

Как показывают приведенные примеры, многие станки снабжены устройствами установки с винтами, но обратите внимание на следующее обстоятельство. Большинство станков спроектировано таким образом, что регулировка может быть *непрерывной и неограниченной*. Обычно же нужны *ограниченные фиксированные* положения. Например, при изменении хода перемещения со 100 до 120 мм нам не нужно последовательно проходить 100,1 мм, 100,2 и т.д.

В действительности необходимо лишь небольшое число дискретных положений. Поскольку производители станков обычно не знают, какие положения потребуются для разных компаний, они предоставляют неограниченное количество положений. Конкретный завод должен выбрать метод, обеспечивающий выполнение желаемых действий (обычно с применением фиксированных положений) и соответственно адаптировать станок для своих условий.

Удивительно, но многие не понимают этого и не приспособливают функции станка для повышения эффективности его использо-

вания в конкретной ситуации. Часто они используют неоправданно сложные процедуры. Я пришел к новому пониманию того, что движет производителями станков. Оно состоит в следующем: производители станков учитывают функции, требующиеся для изготовления продукции, но сомнительно, чтобы они также заботились об упрощении замен инструментов и штампов. Поэтому такие вопросы должны решать на своих заводах те, кто использует эти станки. Хотя основные принципы SMED применимы во всех случаях, могут разрабатываться различные механические решения для оптимизации функций станков в конкретных обстоятельствах.

Выгоды системы SMED

При внедрении системы SMED можно добиться следующих преимуществ:

1. За счет сокращения времени переналадки повышается эффективность использования оборудования.
2. Производство малыми партиями значительно уменьшает запасы готовой продукции и межоперационные запасы.
3. Наконец, производство может быстро реагировать на изменяющийся спрос, приспосабливаясь к изменениям требуемых моделей и сроков поставки.

Большинство компаний считает самым важным преимуществом, указанное первым. Поскольку в компании Toyota главный принцип — производить только требуемое количество, а приоритет — снижение затрат, то здесь вполне допустима низкая производительность работы станков. Поэтому компания Toyota придает большее значение второму и третьему пункту с особым акцентом на снижение запасов готовой продукции и уменьшение межоперационных запасов. Если переналадка, требовавшая одного часа, сокращена до трех минут, продукция, скорее всего, будет производиться малыми партиями с большим количеством переналадок.

Кстати, во время моих многочисленных посещений заводов высшее руководство не раз комментировало свои успехи при использовании SMED. Руководители обнаружили, что кроме достижения указанных выше трех преимуществ, приносящих существенную выгоду, SMED позволяет решить и другие проблемы. Например, рабочие, которые в прошлом сопротивлялись изменениям из-за неуверенности в результате, теперь благодаря своим успехам в сокраще-

нии времени переналадки почувствовали собственные силы и научились радоваться преодолению трудностей. Это способствовало развитию в рамках всей компании культуры, поддерживающей стремление к совершенствованию.

Гибкость возможностей

В течение года реальный спрос на рынке меняется от месяца к месяцу. То же самое наблюдается в течение месяца относительно ежедневных требуемых объемов. Совершенно естественно, что такие флуктуации неизбежны. Типичное решение — накапливать запасы продукции и незавершенного производства для смягчения воздействий изменяющегося спроса. Производственная система Тойоты, напротив, поддерживает производство, основанное на заказах. Это абсолютно иной подход по сравнению с производством, основанным на прогнозах и планах. Однако небрежное внедрение данного подхода приведет к большим потерям вследствие простоя людей. Компания Toyota решает эту проблему за счет поддержания гибких производственных возможностей. Это позволяет быстро и эффективно реагировать на повышение и снижение спроса.

Реагирование на повышение спроса

Долгосрочные прогнозы спроса. Во время выплаты премий* можно ожидать повышения спроса. При увеличении спроса предпринимается несколько действий:

- Многостаночное и многопроцессное обслуживание в обычных условиях позволяет загружать станки на 50 %, например при обслуживании одним рабочим 10 станков. Ожидая увеличения спроса, нанимают дополнительных временных рабочих, чтобы загружать станки на 100 %, когда один рабочий обслуживает 5 машин, а не 10. За счет этого объем производства удваивается. Для осуществления такого подхода необходимо, чтобы работа на станках не требовала специальных навыков и была достаточно проста. Тогда неквалифицированные рабочие мо-

Дважды в год, в апреле и октябре, японские рабочие получают значительные премии. Верхний предел выплат обычно связан с прибылью компании, нижний обычно определяется при ежегодных переговорах с профсоюзом. — *Прим. ред.*

гут обеспечивать максимальный выпуск после короткого обучения.

- Каждый постоянный рабочий-сборщик обычно выполняет операции с тактовым временем 1 минута. При добавлении временных рабочих каждая операция может быть разбита на два 30-секундных сегмента. При этом укороченном тактовом времени объем производства удваивается. Что касается обслуживания станков, то методы работы должны быть усовершенствованы, чтобы временные рабочие справлялись с поставленной задачей.

Кратковременные возрастания спроса. В компании Toyota между первой и второй сменами существует нерабочий период 4 часа. Это дает возможность повысить производительность сверхурочными работами между сменами. Сверхурочные работы также используются в случае, когда необходимо срочно увеличить объем производства. Кроме того, дополнительное увеличение возможностей обеспечивается за счет усовершенствования оборудования и методов работы, что также может использоваться при увеличении спроса. Наконец, в некоторых случаях к производству временно привлекаются рабочие, обычно выполняющие не связанные с производством задачи.

Реагирование на снижение спроса

Снижение спроса может оказаться серьезной проблемой. Как правило, компании предполагают, что спрос будет расти. Когда же реальный спрос оказывается ниже прогнозируемого, они производят избыточную продукцию и накапливают запас, так как приравнивают простой машин к потерям. В компании Toyota потерями считается перепроизводство, поэтому запасы не допускаются.

Существует несколько возможностей, которые производственные менеджеры могут использовать при снижении спроса:

- при изготовлении деталей рабочим поручается обслуживание большего количества станков;
- при сборке увеличивается тактовое время и снижается число рабочих.

Эти меры могут предотвратить перепроизводство, но как использовать лишние трудовые ресурсы? Основная философия компании

Toyota — лучше позволить рабочим простаивать, чем допустить перепроизводство. Более того, в Японии руководство отвечает за сохранение рабочих мест — компании редко увольняют рабочих в периоды застоя, с тем чтобы затем нанять их при росте спроса.

В периоды снижения спроса можно поддерживать занятость рабочих поручением им следующих задач:

- устранение подтеков воды, чем до сих пор пренебрегали (это позволило одной из компаний сократить расходы на воду на 5 тыс. долл.);
- обслуживание и ремонт станков, которые не использовались при нормальном цикле производства;
- совершенствование навыков по замене инструментов и штампов;
- изготовление приспособлений для внедрения планируемых улучшений;
- производство внутри предприятия того, что закупалось у поставщиков (с точки зрения бухгалтеров это может считаться потерями, так как стоимость труда при внутреннем изготовлении обычно выше, чем при внешнем. Однако в результате это дает преимущество, поскольку лишние трудовые ресурсы сами собой представляют потери).

Приведенные примеры показывают, что снижение спроса переносить намного труднее, чем его рост. Поэтому даже в периоды, когда спрос находится на среднем уровне, компании следует постоянно стремиться внедрять усовершенствования, чтобы спрос мог удовлетворяться с использованием как можно меньшего количества рабочих. Компания Toyota следует этому правилу, в результате ее затраты на труд на 20-30 % ниже, чем у конкурентов.

Было бы неверно считать, что производство с минимальным числом рабочих — это также и минимальное число станков в цехах. Напротив, нужно сохранять избыточное количество станков для того, чтобы при повышении спроса можно было нанять дополнительных рабочих и увеличить производство. Иначе уже при нормальном спросе станки будут работать на полную мощность с максимальным коэффициентом использования. Если спрос растет, можно добавить рабочих, но увеличить количество станков нельзя. Поэтому в ожидании увеличения спроса придется производить больше, чем нужно в текущий момент, и накапливать большие запасы. Это создает дополнительные трудности и увеличивает издержки.

Устранение дефектов

Контроль для предупреждения дефектов

При обычных системах контроля поддерживается некоторый уровень запаса, чтобы избегать сбоев производства при обнаружении дефектных изделий. Поскольку в компании Toyota перепроизводство не допускается ни по каким причинам, следует избегать возникновения дефектов вообще. Для этого контроль должен *предупреждать* дефекты, а не просто *находить* их.

Предупреждающий контроль, описанный детально в главе 1, предусматривает 3 стратегии:

- контроль источника—выявление дефектов в источнике их возникновения;
- самоконтроль — рабочие отвечают за нахождение и исправление дефектов;
- последующий контроль — рабочие проверяют работу друг друга.

Сплошной (100 %-ный) контроль

Для полного устранения дефектов используется сплошной контроль. Выборочного контроля недостаточно. Хотя выборочный контроль статистически оправдан, в действительности он не может гарантировать абсолютного качества продукции, т.е. нуля дефектов.

Следующий пример показывает ограничения выборочного контроля.

Высокоскоростной автоматический пресс, выполняющий операции над партиями деталей, имеет емкость загружаемого лотка 50-100 деталей. Проверяются первая и последняя детали партии, и если обе не содержат дефектов, вся партия поступает на следующую операцию технологического цикла. Однако если последняя деталь имеет дефект, проверяются все детали партии. Дефектные детали удаляются, и принимаются меры по предотвращению повторения дефектов. Это, по сути, сплошной контроль. Не следует предполагать, что выборочный контроль — единственный вид контроля, который может применяться на высокоскоростных операциях. Приведенный пример подтверждает, что нельзя использовать только выборочный контроль для непрерывного потока продукции.

Поскольку дефекты с точки зрения характера их возникновения могут быть случайными или хроническими, такой подход кажется мне ошибочным в двух отношениях:

- 1) если случайные дефекты возникают в середине партии из 100 единиц продукции, они будут полностью скрыты от контроля, поскольку первые и последние детали окажутся приемлемыми;
- 2) если дефект носит хронический характер, то 99 деталей могут быть выброшены, если, например, вторая деталь из 100 единиц окажется дефектной.

Приведенные примеры иллюстрируют, в сущности, контроль, позволяющий *находить* дефекты. Однако если наша цель — полное устранение дефектов, мы должны найти недорогое контрольное устройство, а если применяется высокопроизводительный пресс, то и высокоскоростное устройство, позволяющее *предупреждать* дефекты, а не находить их.

Пока-ёкэ — только средство

Производственная система Тойоты рекомендует применять методы «пъка-ёкэ». Устройство пока-ёкэ — это устройство, позволяющее добиться 100 %-ного качества продукции за счет предупреждения дефектов. Пока-ёкэ — всего лишь средство, а не цель. Так, перед его разработкой и установкой мы должны сначала определить, на какой вид контроля делается акцент — на контроль источника, самоконтроль или последующий контроль. Когда такое решение принято, можно использовать устройство пока-ёкэ как практическое средство для *проведения сплошного контроля*. Вот несколько примеров:

- устройства, препятствующие входу детали, если были допущены какие-либо операционные ошибки;
- устройства, препятствующие началу обработки, если что-то не так с заготовкой;
- устройства, препятствующие началу обработки, если были допущены какие-либо операционные ошибки;
- устройства, исправляющие ошибки операции или движения и разрешающие продолжить обработку;
- устройства, предупреждающие появление дефектов на одном процессе из-за ошибок, сделанных на предыдущем процессе, и препятствующие прохождению деталей на следующий процесс;

- устройства, препятствующие началу процесса, если какая-либо часть предыдущего процесса была пропущена.

Из приведенных примеров первые четыре подходят для самоконтроля. Последние два разработаны для последующего контроля. Существует 2 типа операций контроля, на которых можно применять устройства пока-ёкэ:

- сенсорный контроль — здесь высока роль человеческого фактора; например, при определении насыщенности цвета, яркости покрытия и т.п.;
- физический контроль — не полагающийся на человеческие ощущения, а использующий различные обнаруживающие приборы (датчики).

Если меры физического контроля применимы, они должны быть встроены в устройство пока-ёкэ. Или, что еще лучше, в некоторые средства контроля источника или самоконтроля. Поскольку последующий контроль обнаруживает дефекты лишь после их возникновения, его следует использовать для случаев, где возможен только сенсорный контроль. Более того, его внедрение оправданно тогда, когда по техническим или экономическим причинам невозможно применить контроль источника и самоконтроль.

При определении возможности использования того или иного вида контроля нужно рассматривать разные функции и типы устройств пока-ёкэ:

Корректирующая функция	}	• предупреждение
		• управление
Установочная функция	}	• контакт
		• постоянное количество
		• шаг движения

Осознание различий между такими устройствами поможет вам успешно реализовать концепцию пока-ёкэ. Наконец, важно понимать, что просто внедрение устройств пока-ёкэ не гарантирует достижения нулевого уровня дефектов. Нужно определиться, контроль какого типа применять и как его осуществлять. Если не ответить на эти вопросы, абсолютного устранения дефектов (нуля дефектов) достичь нельзя.

Устранение поломок станков

Устранение поломок станков на самом деле является частью совершенствования операций, поэтому детально обсуждается в соответствующей главе. Однако это является также одной из форм совершенствования процесса в производственной системе Тойоты, так как делает возможным беззапасное производство.

Визуальный контроль

В большинстве ситуаций некоторый запас деталей поддерживается для обеспечения непрерывности производства при поломке станка. Поскольку производственная система Тойоты беззапасна, она не позволяет накапливать детали. Что же делают в компании Toyota, если станок выходит из строя?

Если появляются проблемы в операции, выполняемой рабочим или станком, ее выполнение прерывается — все рабочие обучены именно так реагировать на подобные ситуации. С другой стороны, мастера должны обеспечивать работу станков и производственных линий. Таким образом, создается конфликт между рабочими и мастерами.

Когда возникает та или иная проблема, средства визуального контроля или система *андон* (световая индикация) указывают мастерам и другим работникам место ее возникновения. Немедленное визуальное сообщение, адресованное каждому работнику, — важная особенность производственной системы Тойоты. Но при появлении проблем наиболее важно их реальное устранение.

Реальные решения: предупреждение повторения

В большинстве случаев при выявлении неполадок принимаются чрезвычайные меры. В компании Toyota существует простое правило — повторение проблемы должно быть исключено. Это правило можно объяснить, воспользовавшись аналогией в медицине.

Когда у вас аппендицит, можно приложить пакет со льдом, чтобы ослабить боль, или удалить аппендикс хирургически для предупреждения боли в дальнейшем. Решения могут варьироваться в зависимости от ситуации, но общая рекомендация компании Toyota такова: чтобы предупредить повторение, должно применяться лечение.

Поверхностная имитация — использование системы «андон» и т.п. — не даст значимых результатов. Визуальный контроль полезен, но в ответ на возникшую трудность важно применить всесторонние корректирующие меры. Лучше остановите станки и производственные линии сейчас, чтобы их не пришлось останавливать в будущем!

Эта идея иллюстрируется короткой историей. Однажды руководителю компании A Electric подробно объяснили суть производственной системы Тойоты. Он был под впечатлением достигнутых результатов и готов был по возвращении на свое предприятие приступить к ее внедрению, но принимавший его менеджер сказал:

«Вы можете быть поражены успехом производственной системы Тойоты, но не применяйте ее до тех пор, пока она вам реально не потребуется. При любом темпе производства наши запасы очень малы, поэтому, когда мы работаем, мы ищем проблемы: не слишком ли шумит какой-либо станок, не совершают ли рабочие неверных движений? Мы думаем о совершенствовании с 8 утра до 5 вечера».

Наибольшее впечатление на слушателя произвело следующее высказывание: «Если высшее руководство сомневается, что при возникновении неполадок нужно останавливать станки или линии, производственную систему Тойоты принимать не следует, как не стоит пытаться внедрять и беззапасное производство».

Именно такой тип мышления привел к развитию в компании Toyota знаменитой концепции автономизации — автоматизации с элементами человеческого разума.

Глава 6

МЕХАНИЗМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ

УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА: ВЫРАВНИВАНИЕ И СИСТЕМА «НАГАРА»

В прошлом управление процессами имело две важные функции в производстве:

1. *Управление графиком работы* — когда и что должно быть сделано (время производства).
2. *Балансирование нагрузки и управление производственными возможностями* — можно ли выполнить работу (сбалансированы ли нагрузка и возможности)?

Нагрузка — это объем работ, который нужно выполнить, а производственные *возможности* — это способности станка и оператора выполнить данную работу. Очень важно, чтобы нагрузка и возможности были сбалансированы. Для описания такого баланса в компании Toyota применяется термин «выравнивание».

Что такое выравнивание?

Это одна из основ производственной системы Тойоты. Выравнивание нацелено на производство строго определенного количества деталей, передаваемых с предшествующего процесса на последующий. В этой системе производственные процессы выстроены так, чтобы способствовать производству требуемого количества деталей в требуемое время, и для этого определенным образом организованы рабочие, оборудование и все остальные элементы.

Итак, решающими факторами являются время и объем. Если последующий процесс берет нужное количество деталей от предыдущего через различные интервалы времени, предыдущему процессу потребуются дополнительное оборудование и рабочие. Поэтому чем больше несогласованность, тем больше людей и оборудования придется задействовать на предыдущем процессе для производства необходимого объема продукции.

Причем компания Toyota использует канбан для синхронизации процессов как на своих заводах, так и у поставщиков деталей и узлов. Таким образом, пагубный эффект от несогласованности передается не только на предыдущий процесс, но и далее по цепочке к поставщикам.

Способ разорвать порочный круг несогласованности — начать с изготовителя шасси, а лучше с процесса конечной сборки компании Toyota, где нужно максимально выровнять поток, сглаживая пики и спады.

Балансирование нагрузки и возможностей

Избыточные возможности (Excess Capacity — EC), выражающиеся отношением между нагрузкой и возможностями, определяются следующей формулой:

$$EC = \frac{\text{Возможности} - \text{Нагрузка}}{\text{Возможности}}$$

Например, если возможности равны 320 часов (8 часов x 20 дней x 2 станка), а нагрузка равна 280 часов, то:

$$EC = \frac{320 - 280}{320} = \frac{40}{320} = \frac{1}{8} = 12,5\%.$$

Если возможности равны или больше нагрузки, обработку можно осуществить, как велика бы она ни была. С другой стороны, как бы ни была незначительна нагрузка, но если она превышает производственные возможности, то обработку нельзя произвести. В таком случае нужны избыточные возможности для балансирования их с нагрузкой.

Существует два соображения, касающихся времени балансирования: от месяца к месяцу в течение года (ранее это уже упоминалось как «гибкость возможностей») и изо дня в день в течение месяца. Рассмотрим пример, проиллюстрированный на рис. 30: в первой декаде месяца изготовлено 300 000 комплектов изделия А с использованием 50 % возможностей; во второй декаде — 600 000 комплектов изделия В с использованием 100 % возможностей; в последней декаде — 900 000 комплектов изделия С с использованием 150 % возможностей.

Если производство использует такой план, неизбежны простои в течение первой декады, поскольку в первые 10 дней оборудование

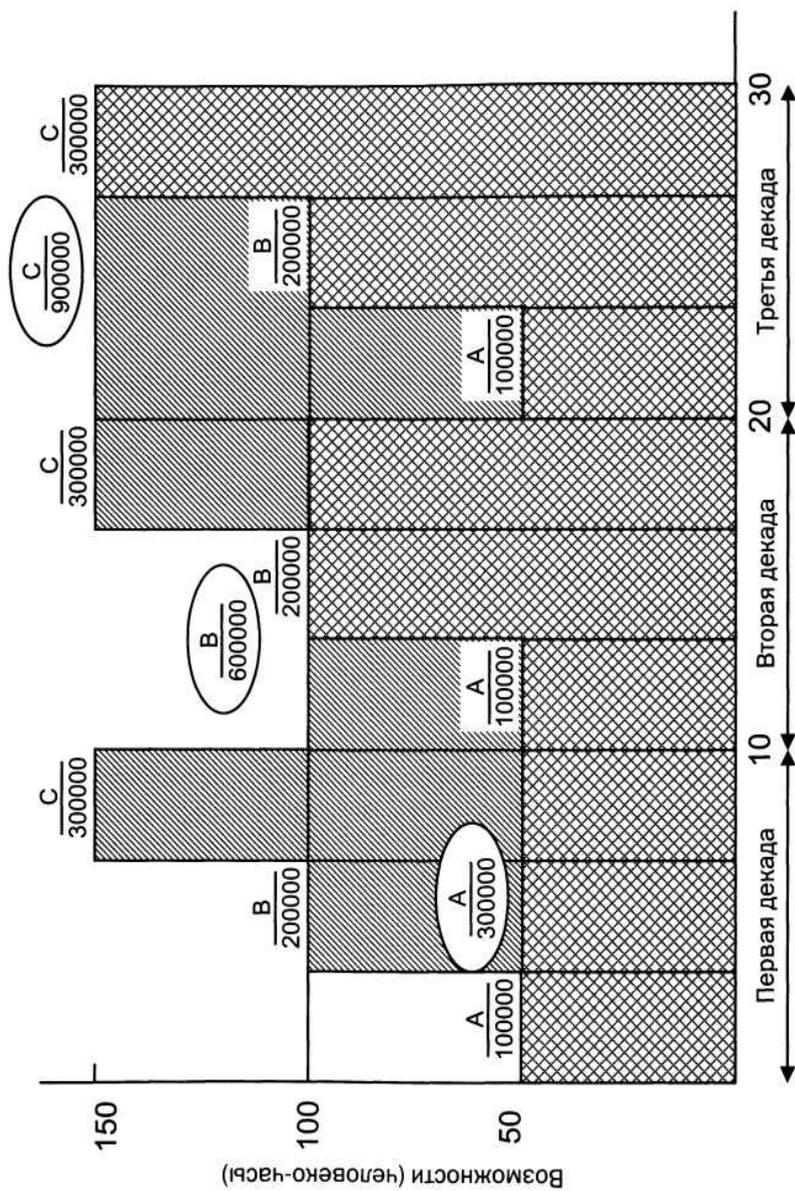


Рис. 30. Регулирование и выравнивание нагрузки.

будет загружено лишь на 50 %. Производство во второй декаде будет сбалансировано, но в третьей декаде возможности придется увеличить на 50 % за счет сверхурочных работ или дополнительной помощи. Иными словами, нагрузка и возможности сбалансированы для всего месяца, но *не* в каждой декаде.

Сочетание простоев и сверхурочных, безусловно, нерационально. Воспользовавшись традиционными методами управления, можно улучшить ситуацию производством 50 % изделия В в течение первой декады и 50 % изделия С во второй декаде. Это решение уравнивает декадные периоды, однако приведет к накоплению запаса. Но поскольку запасы фактически устраняют простои и сверхурочные, они считаются «неизбежным злом».

В компании Toyota перепроизводство не допускается, так что нужно искать другое решение. Предположим, что рыночный спрос на месяц составляет 300 000 единиц изделия А, 600 000 единиц изделия В и 900 000 единиц изделия С. Но практически сложно произвести 300 000 единиц изделия А к 10-му числу, 600 000 единиц изделия В к 20-му и 900 000 единиц изделия С к 30-му числу месяца тремя партиями — и такой ход производства не отражает потребительский спрос. Только часть из 300 000 единиц изделия А была бы продана к 10-му числу, а остальное превратилось бы в излишний запас.

Чтобы избежать этого, одну треть месячного спроса на каждый продукт можно выполнить в течение каждой декады месяца — 100 000 единиц А, 200 000 единиц В и 300 000 — С; иными словами, производить изделие А в % периода первой декады, В — в течение % и С — в течение %. Таким образом, запас изделий В и С, произведенных в первой декаде, можно снизить до $U\%$. Если бы периоды были сокращены далее до 5, 3 или 1 дня, запасы были бы еще меньше.

Наконец, если такой рисунок повторять на линии обработки так, чтобы за одним изделием А следовали 2 изделия В и затем 3 изделия С и т.д., запасы были бы минимальны.

Это и есть «смешанное производство», используемое компанией Toyota. Реальный спрос определяется всесторонним анализом рынка, затем нагрузка и возможности балансируются для исключения перепроизводства. В прошлом создание излишних возможностей и наличие запасов считались взаимоисключающими. Заслуга производственной системы Тойоты состоит в том, что она устранила этот конфликт и пошла новым путем к регулированию нагрузки и возможностей.

Сегментированное и смешанное производство

Характеристики планов загрузки

При обычных системах управления процессами производство, как правило, планируется в три стадии:

- основной график — годовой план загрузки;
- промежуточный график — месячный план загрузки;
- детальный график — план загрузки на 1-3 дня.

Эти планы загрузки используются либо при *предварительных* оценках спроса на продукцию, либо при *подтвержденных* заказах и определяются соотношением между периодом заказ — поставка (D) и циклом производства (P).

Основной график. Поскольку основной график охватывает длительный период, в целом этот план является предполагаемым, основанным на прогнозах спроса.

Промежуточный график. Промежуточный график может быть подтвержденным планом, если заказы точно определены до начала цикла производства, иначе его следует отнести к предполагаемому плану. Месячный план может казаться подтвержденным в начале месяца, но если действительный спрос отличается, график превращается в предполагаемый план. По мере того как требуется все больше изменений в производстве, возникают сбои и путаница.

Детальный график. Этот график, в общем, является подтвержденным, так как составляется на короткий период. Однако, если производственный цикл (P) дольше, чем период между заказом и поставкой (D), придется полагаться на предполагаемый план.

Основываемся ли мы на прогнозе или спросе, в действительности это не связано с длительностью периода планирования. Вернее, это определяется прежде всего отношением между временем подтверждения заказов и сроком разработки продукции.

Даже если завод производит продукцию в соответствии с подтвержденным спросом, когда период заказа короче производственного цикла, он вовлекается в упреждающее производство.

Снижение запасов готовой продукции

При упреждающем производстве 100 %-ная точность прогноза маловероятна. Запасы готовой продукции неизбежны так же, как ненужные склады и потери. В прошлом старались оттягивать реше-

ния по заказам (т.е. увеличивать период заказ — поставка D). Но у потребителей есть свои ограничивающие обстоятельства, и поэтому рыночный спрос обычно неясен в отношении количества продукции по типам и срокам поставки. Вот почему увеличение периода D не подходит. Единственным решением в этом случае остается производство, основанное на предварительных прогнозах. Однако политика компании Toyota состоит в организации производства в соответствии с полученными заказами или с подтвержденным спросом и основывается на значительном сокращении цикла производства, а не на том, чтобы, оказывая давление на потребителей, заставить их принимать решения о заказе как можно раньше. Это выполняется с помощью:

- системы SMED, позволяющей организовать производство малыми партиями и быстро реагировать на изменения в заказах;
- выравнивания производства, синхронизации и потока единичных изделий;
- системы SMED, позволяющей быстро реагировать на изменения в заказах.

Внедрив эти нововведения, можно начинать производство после размещения заказа. И поскольку прогнозирование необходимо лишь на очень короткие периоды, точность его повышается. В результате достигается значительное снижение запаса готовой продукции.

Сегментированное производство и периоды планирования

Чем больший период охватывается планом производства, тем более вероятно появление расхождений между объемом произведенной продукции и действительных заказов. Например, если производственный цикл равен 3 дням, производственный график, основанный на месячном планировании, станет предполагаемым в момент, когда начнет производиться продукция, заказанная уже после составления данного графика.

Сокращение цикла производства должно сопровождаться сокращением производственного сегмента, принимаемого за план, чтобы избежать ненужных запасов. Система сегментированного производства* включает следующие сегменты:

- план H на половину месяца;
- план T на 10 дней (декаду);

Segmented production system — SPS.

- план W на неделю;
- план D на 1 день.

При этой системе месячные планы используются также для поставки сырья и материалов, оценки возможностей станочного парка, требований к персоналу и т.п. Когда такой месячный план производства разработан, для производства отдельных изделий заранее выпускаются окончательные или подтвержденные планы с разбивкой на периоды: полмесяца, декада, неделя и день. Объем предварительной информации зависит от длины производственного цикла.

Пример 6.1 — планирование производства с использованием плана T. В компании A Electric Company графики производства разрабатывают так:

- прогноз на следующий месяц — к 15-му числу;
- подтвержденный план на первую декаду месяца — к 25-му числу;
- подтвержденный план на вторую декаду — к 5-му числу;
- подтвержденный план на третью декаду — к 15-му числу вместе с прогнозом на следующий месяц.

Первоначально продукция компании изготовлялась исходя из месячного планирования. По плану T:

- 1) производство продукции разделено на три декады месяца;
- 2) независимо от месячного графика производство пересмотрено согласно действительными заказами до завершения плана;
- 3) в результате запасы готовой продукции на заводе и в дилерских центрах сократились наполовину;
- 4) вместо ранее имевшей место 1-месячной задержки теперь изменения заказов могут отражаться уже в следующей декаде, значительно снижая объем недопоставок и повышая скорость оборота капитала.

Подобно A Electric Company компания Toyota приняла план T. Поскольку обычный жизненный цикл — неделя, вероятно, следующий логичный шаг — система W. Мы могли бы также рассмотреть планирование на день, но для этого гибкость планирования и эффективность процедур переналадки должны быть резко повышены.

Системы сегментированного производства и производства малыми партиями

До сих пор сегментированное производство описывалось как система, связанная с периодом или циклом, который установлен подтвержденным планом производства. Однако отличительная особенность следующего типа рассматриваемой системы сегментированного производства состоит в том, что она предусматривает разделение производственных партий.

Обратимся к примеру, использованному в разделе по выравниванию нагрузки, где месячная производственная нагрузка делилась так: в первой декаде производилось 300 000 единиц изделия А, во второй декаде — 600 000 единиц изделия В и в третьей — 900 000 единиц изделия С (см. рис. 30).

Если возможности производства на каждую декаду составляют 600 000 единиц, излишние возможности в первую треть месяца приведут к простоям, а перегрузка в последней трети обусловит сверхурочную работу. Создание предварительного запаса, как правило, позволяет выровнять нагрузку и избежать этих проблем с графиком производства. Однако однажды я пришел к пониманию, что производство изделия С можно распределить по всему месяцу — в характере рыночного спроса не было особенностей, требующих производства 900 000 единиц изделия С в последнюю декаду. То же справедливо и для изделий А и В.

Можно было бы значительно снизить запасы и выровнять нагрузку, если организовать производство по следующему графику:

	Изделие А	Изделие В	Изделие С
1-я декада	100 000	200 000	300 000
2-я декада	100 000	200 000	300 000
3-я декада	100 000	200 000	300 000

Дополнительное снижение запасов может достигаться при 5-дневном цикле производства в 50 000 единиц изделия А, 100 000 единиц изделия В и 150 000 единиц изделия С.

Выгоды приумножатся при последующем переходе к системе однодневного производства 10 000 единиц изделия А, 20 000 — изделия В и 30 000 — изделия С. Единственным необходимым шагом будет разделение производства на установленные периоды времени и организации производства малыми партиями:

с 8 до 9.20	10 000 единиц	изделие А
с 9.20 до 12	20 000 единиц	изделие В
с 13 до 17	30 000 единиц	изделие С

Поскольку производство делится на более мелкие партии, то переналадки становятся более частыми, что делает передовой подход к их выполнению, т.е. систему SMED, непременным условием.

С сегментированным производством малыми партиями многие заводы достигли поразительных результатов, и я настоятельно рекомендую этот подход. Однако для его наибольшей эффективности необходимо заранее принять соответствующие меры, в частности:

- рабочие должны быть обучены, чтобы легко выполнять новые операции;
- комплектующие должны доставляться на линию;
- приспособления, инструменты и станки должны быть подготовлены так, чтобы их переналадка проводилась в одно касание;
- ошибки обработки и сборки должны предупреждаться с помощью последующих проверок или самопроверок и особенно устройств рока-юке.

При таких методах сборочные линии на многих заводах выполняют установку и переналадку столь быстро, что на линиях нет пустых поддонов с готовыми изделиями.

Независимо от скорости переналадки, различия тактового времени между производством различных продуктов будут приводить к потерям. Рассмотрим пример:

- изделие А: тактовое время = 30 секунд;
- изделие В: тактовое время = 25 секунд.

Здесь мы должны придерживаться более длительного времени такта (30 сек.), прежде чем приступать к переналадке. Чем больше процессов, тем больше потери времени. Этот эффект возникает тогда, когда мы переходим от более короткого времени такта к более длинному и наоборот. В сумме потери времени будут расти с уменьшением размера партии и учащением переналадок.

Комплексная система смешанного производства компании Toyota

Для преодоления проблем, связанных с потерей времени, производственная система Тойоты объединяет производственные потоки изделий А и В. Такая *система смешанного производства* функционирует следующим образом:

- Изделия А и В объединяются в один производственный поток с полным тактовым временем 55 сек. (30 + 25). При переналадках с одного изделия на другое время не теряется.

- В то же время производство изделий с большим тактовым временем требует от рабочих двигаться немного быстрее.

Дальнейшее совершенствование достигается за счет применения *комплексной системы смешанного производства*, где собранные автомобили двигаются вдоль линии в различных комбинациях (например, А — А — А — В — В — С), которые могут меняться. Потери от переналадок значительно снижаются при использовании дополнительных рабочих для помощи в операциях, требующих большего тактового времени.

Преимущества и недостатки смешанного производства

Как и у любой методологии организации производства, у смешанного производства есть преимущества и недостатки. Сначала рассмотрим преимущества:

- усреднение нагрузки, называемое в компании Toyota выравниванием производства, сглаживает пики и спады производственного процесса;
- выравнивание производства позволяет дать сбалансированную нагрузку как на процессах изготовления деталей, так и у поставщиков;
- появляется возможность существенно снизить запасы;
- повышается *ритмичность поставки*, так как исключается *двойная транспортировка*, что делает ненужным хранение готовых изделий на заводе, а затем их отгрузку конечным потребителям;
- повышается общая эффективность работы, так как расширяется специализация рабочих; теперь одна небольшая группа рабочих производит два (или более) изделия.

Самый существенный недостаток смешанного производства — это увеличение количества переналадок. С точки зрения оператора, каждый переход с изделия А на изделие В требует переналадки. Для компенсации этого недостатка разработаны некоторые контрмеры:

- обучение рабочих нескольким операциям;
- подготовка многоцелевых приспособлений, инструментов и станков для облегчения переналадок в одно касание или выделение нескольких приспособлений и инструментов для конкретных изделий;

- введение последующих проверок, самопроверок и устройств пока-екэ для предупреждения дефектов и предотвращения потери деталей;
- поставка деталей на линию сборки небольшими партиями и без сбоев.

Без принятия таких мер дефекты и неэффективные действия будут наблюдаться в изобилии, возникнут значительные потери, несмотря на установку новых приспособлений, инструментов и станков.

Выбор между системами сегментированного и смешанного производства

Как мы видели, использование производства небольшими партиями в обеих системах — сегментированного и смешанного производства — способствует выравниванию нагрузки для основных процессов изготовления деталей и их поставки, а также снижению запасов готовых изделий. Хотя воздействие этих мероприятий различается, от обеих систем можно ожидать одинаковых результатов.

Преимущество системы смешанного производства состоит в поглощении различий в тактовом времени производства изделий. Но есть и серьезные недостатки — частые переналадки, замены приспособлений и инструментов, а также проблемы с их правильным применением, — ведущие к значительным потерям, если рабочие надлежащим образом не подготовлены перед началом производства.

Компания Toyota применяет систему смешанного производства из-за высоких затрат, связанных с хранением готовых изделий. В сущности, производственная система Тойоты может рассматриваться как очень развитая система сегментированного производства — она очень эффективна, но освоить ее чрезвычайно трудно. Внедрение данной системы без достаточной подготовки крайне рискованно. Те, кто думает, что производственная система Тойоты представляет собой просто смешанное производство, серьезно заблуждаются.

Даже без системы смешанного производства большинство заводов могут добиться вполне удовлетворительных результатов за счет внедрения системы сегментированного производства.

При использовании обеих систем важно отказаться от традиционного мнения, что любое производство основывается на предполагаемом спросе, а флуктуации рынка неизбежно порождают запасы невостребованных изделий. Вместо этого производство должно рассматриваться как нечто соответствующее подтвержденным заказам.

Менеджмент должен изыскивать возможности снижения затрат за счет сокращения цикла производства и преодоления всех других трудностей.

В основе этого процесса лежит надлежащее понимание производства небольшими партиями и, на более глубоком уровне, резкое снижение времени переналадки.

Конечно, Toyota — не единственная компания, применяющая систему смешанного производства. Рассмотрим некоторые примеры.

Пример 6.2 — смешанное производство холодильников. Компания T Electric Company производит большие и маленькие холодильники. Используя смешанное производство, компания преуспела в сокращении объемов готовой продукции на складе почти до нуля. В прошлом большие холодильники делались в первую половину месяца, а маленькие — во вторую. Поскольку на продажу отгружались и те, и другие, требовалось значительное складское пространство для хранения крупных моделей.

Теперь компания выпускает один большой холодильник наряду с двумя маленькими по схеме смешанного производства, и изделия отгружаются сразу же после изготовления. Они направляются прямо к оптовикам без поступления на склад. Другая выгода — появились условия для значительного снижения запасов, так как теперь можно отвечать на флуктуации спроса изменением соотношения больших и маленьких моделей холодильников.

Пример 6.3 — сегментированное производство стиральных машин. Одному из подразделений A Electric удалось исключить из производственного цикла этап хранения готовых стиральных машин, используя сегментированное производство, где экспортные модели с одинаковыми датами завершения сборки собирались вместе. С помощью сегментированного или смешанного производства был также повышен процент других изделий, посылаемых напрямую оптовикам. В A Electric повышение ритмичности поставок на 1 % привело к экономии 1500 долларов в месяц, поскольку вместо хранения продукции, произведенной за день, на складе и затем ее перегрузки машины отгружаются прямо оптовикам.

Пример 6.4 — смешанное производство трех изделий. Рассмотрим ситуацию, где для производства 3 изделий существуют следующие затраты труда на единицу или тактовое время: 30 сек. для изделия X, 45 сек. для изделия Y и 60 сек. для изделия Z. Ранее неизбежно возникали потери из-за переналадок, так как сборка требовала учета операций для изделия с наибольшим тактовым временем. При частых переналадках потери обычно составляли 10-20 %.

Смешанное производство позволило перейти на среднее тактовое время, вычисляемое следующим образом:

$$\begin{aligned}\text{полное тактовое время} &= X + Y + Z = 30 + 45 + 60 = 135 \text{ сек.}; \\ \text{среднее тактовое время} &= \frac{135}{3} = 45 \text{ сек.}\end{aligned}$$

Полное тактовое время может быть постоянным, если операции выполняются в следующей последовательности:

- перед изготовлением изделия X делается короткий перерыв;
- изготовление изделия Y производится нормально;
- при изготовлении изделия Z рабочий немного ускоряет темп.

Итак, процесс производства каждого набора из трех изделий может быть синхронизирован, при этом потери, возникающие при переналадке, снизятся до нуля.

Выравнивание и отсутствие запасов

Как система, регулирующая возможности и устраняющая излишние запасы, смешанное производство — это ключ к новой концепции выравнивания.

Хотя некоторые утверждают, что наибольшая выгода производственной системы Тойоты состоит в том, что она позволяет устранить диспропорции производственных возможностей на отдельных процессах, тем не менее реальное преимущество, которое она дает, — это способность минимизировать запасы готовой продукции.

Регулировка избыточных возможностей всегда была важной функцией процессного менеджмента. В прошлом она, как правило, выполнялась в среде, где допускалось наличие запасов. Но в производственной системе Тойоты *отсутствие запасов (безопасность)* считается исходной предпосылкой и для удовлетворения этого существенного условия изыскиваются возможности регулировки избыточных возможностей. Выравнивание избыточных возможностей через систему смешанного производства — отличительная особенность производственной системы Тойоты.

Все вышесказанное подтверждает, что выравнивание производства дает следующие преимущества:

- 1) запасы готовых продуктов минимизируются;
- 2) загрузка последующих процессов выравнивается.

Как показывают примеры 6.2-6.4, смешанное производство не лишено недостатков. В компании Toyota возникают проблемы, которые связаны с:

- ошибками при выполнении рабочих движений;
- установками неправильных деталей или неустановкой (пропуском) деталей.

Поскольку каждый переход требует от рабочих разных движений, следует внимательно рассмотреть следующие вопросы:

- объединение операций, требующих одинаковых движений, в общие процессы;
- установку устройств пока-ёкэ, делающих неправильные рабочие движения невозможными;

- установку устройств пока-ёкэ, предупреждающих обработку неправильных деталей или их отсутствие;
- комбинирование моделей, предусматривающих процессы, в которых могут использоваться общие приспособления и инструменты;
- использование многоцелевых инструментов и нахождение методов замены инструментов и штампов в одно касание.

Тем, кто использует указанные выше элементы, как нельзя лучше подходит старинное выражение «вам нечего бояться, кроме самого страха», так как при смешанном производстве остается удивительно мало проблем. Более того, уже после первых попыток применения смешанного производства производительность обычно повышается на 10-20 % и происходит значительное снижение запасов готовой продукции.

Система «нагара»

Не так давно в производственной системе Тойоты уделялось большое внимание продвижению так называемой *системы «нагара»**. Термин «нагара» происходит от японского выражения, означающего одновременное выполнение двух действий. Система «нагара» развивается еще на один шаг вперед смешанное производство, оптимизируя поток единичных изделий, проходящий между несколькими цехами.

Пример 6.5 — применение системы «нагара» при сборке автомобилей. В автомобильной компании S при сборке кузовов применяется сварка для вырезания заготовки из листа металла. Поблизости от места, где происходит резка, стоит простой пресс. После окончания резки рабочий устанавливает вырезанную металлическую пластину в пресс и включает его. Гидроцилиндр медленно опускает верхний штамп прессы, и происходит штамповка пластины. Время резки и штамповки выбрано так, что, когда односторонняя операция резки закончена и на пресс поступает следующая пластина, предыдущая деталь уже сделана, рабочий снимает ее и приваривает к кузову.

На прессе используется гидроцилиндр для очень медленного перемещения штампа, стоимость такого механизма составляет не более 500 долларов.

Наблюдая за работой этого устройства, я пришел к выводу, что система «нагара» характеризуется тремя важными особенностями:

Nagara system.

- Используются даже малейшие интервалы времени. В приведенном примере рабочему нужно приблизительно 2 секунды, что бы установить пластину в пресс и нажать включатель, и они берутся из избыточного времени резки.
- Важна синхронность, а не скорость. Если нужна только одна деталь в минуту, нет необходимости выполнять работу быстрее. В этом случае все, что нужно, — это недорогой пресс с замедляющим гидроцилиндром.
- Система опровергает теорию, что штампованные изделия должны изготавливаться только в прессовом цехе. Здесь связанный поток единичных изделий выходит за границы цехов и соответствует производственному процессу.

Ранее штамповка выполнялась быстро на нормальном прессе, детали укладывались на поддон, а для их транспортировки использовался вилочный погрузчик. Очевидно, что в таком скоростном оборудовании не было необходимости.

Пример 6.6 — система «нагара» в операции окраски распылением. В компании K Manufacturing, после того как на станочной линии выполнялись сверление и расточка, детали помещались в ящик объемом 1 м³, который фактически был устройством для окраски деталей распылением. При закрытии крышки ящика подавалось напряжение на краскопульт и операция покраски начиналась. После извлечения деталей к ним по очереди прикреплялись небольшие фитинги и провода. Более 100 таких ящиков использовалось на обрабатывающих и сборочных линиях, что позволило примерно на 80 % снизить затраты на покраску, которая ранее производилась в окрасочном цехе и требовала транспортировки деталей туда и обратно.

Такое устранение транспортировки и хранения позволило не только значительно уменьшить производственные затраты, но и резко сократить запасы. Можно предположить, что новый подход потребовал больше краски, но затраты на окраску в действительности сократились. Распыление краски теперь соответствует конкретным окрашиваемым деталям, тогда как в прошлом краска распылялась без разбора на большой площади. Правы были те, кто говорил, что раньше красили воздух в окрасочной кабине. При наблюдении за новым методом я понял, что здесь достигнут законченный поток единичных изделий — от станков к окраске и сборке.

Несколько лет назад, будучи в Европе с учебной миссией, я побывал у производителя станков в Милане. Президент компании рассказал мне, что формирование Европейского экономического сообщества (ЕЭС) помогло сохранению его бизнеса. Отсутствие пошлин сделало сырье дешевле, а продукцию стало легче продавать. Он сказал: «Без ЕЭС наш бизнес не выжил бы». Это замечание о значении ЕЭС глубоко впечатлило меня.

Аналогично основное значение системы «нагара» состоит в том, что мы стерли границы между различными технологическими опе-

рациями — ковкой, литьем, штамповкой, резкой, окраской и сборкой. Вместо них мы установили законченные потоки единичных изделий, которые точно соответствуют процессам для конкретной продукции.

Недавно я наблюдал систему «нагара» на заводах, внедривших производственную систему Тойоты, при этом порой испытывал ощущение, что люди, возможно, из-за фрагментарного понимания концепции, уделяют внимание только одному ее аспекту — продуктивному использованию времени. Однако такое понимание является весьма ограниченным. Нужно понимать, что истинный смысл системы «нагара» состоит в том, что потоки единичных изделий не ограничиваются рамками подразделений, существующих на предприятии.

Хотя система «нагара» — одно из направлений производственной системы Тойоты, она уже принята многими организациями. Следовательно, крайне важно, чтобы истинное значение и цель системы были четко поняты.

Выводы по главам 5 и 6

Процессы состоят из четырех элементов: обработки, контроля, транспортирования и задержки. Из них только обработка увеличивает ценность продукции, а три другие элемента — нет; фактически они увеличивают лишь затраты.

Производственная система Тойоты нацелена на безусловное устранение потерь. Все, кроме работ, увеличивающих ценность, рассматривается как потери, поэтому принимаются всевозможные меры для устранения контроля, транспортировок и хранения.

Для избежания потерь используются различные стратегии:

• *контроль*: предупреждающий дефекты контроль и сплошной (100 %) контроль, включая активное применение специальных устройств пока-ёкэ, — направлены на устранение любых дефектов при очень низких затратах на контроль. Кроме того, возникновение дефектов предупреждается корректировкой условий, которые их порождают.

• *транспортировка*: устраняется или сокращается до абсолютного минимума за счет улучшения размещения оборудования на производственных участках, чтобы оно как можно больше со ответствовало протеканию производственного процесса. Ког-

да же транспортировка неизбежна, применяются эффективные транспортные средства и приспособления.

Остается проблема задержек. По своей природе задержки, как правило, уравнивают недостатки в обработке, контроле и транспортировке. Например, задержка — хранение некоторого запаса продукции — может избавить от сбоев в производственном процессе, когда ломаются станки, возникают дефекты или изделия транспортируются не вовремя. Именно поэтому производственный менеджмент часто считает запас своего рода «смазкой», обеспечивающей производству гладкий ход. В действительности запас — производственный наркотик: допустите его однажды, и скоро вы попадете в зависимость и будете требовать все большего количества для ощущения своей безопасности.

Производственная система Тойоты решительно не приемлет подобный подход к запасам. В ней используется фундаментальный подход к совершенствованию. В первую очередь ищется ответ на вопрос «почему нужны запасы?», и затем проводятся улучшения в этих областях. Познавая философию производственной системы Тойоты глубже, постоянно ощущаешь важность идеи беззапасности — ухода как от задержек и потерь, так и от перепроизводства. Правильное понимание производственной системы Тойоты — это новаторский подход к производству, основанный на революционном осознании, что запас должен категорически отвергаться.

Каким же образом пришло это понимание?

- Рыночный спрос призывает к высоко диверсифицированному производству небольших объемов продукции в зависимости от заказов потребителя.
- Это требует неуклонных усилий для осуществления производства продукции малыми партиями. При понимании этого становится очевидной необходимость резкого сокращения времени переналадки и регулировки. Система SMED позволяет реализовать эту потребность.
- Должно сокращаться время производственных циклов. Для достижения этого используются потоки единичных изделий, которые охватывают заготовительные процессы, обрабатывающие процессы и процессы сборки.
- Попытки разработать такую систему при строгом соблюдении условий отсутствия запасов оказались успешными — в этом гениальность производственной системы Тойоты и главная причина поразительно высоких прибылей компании.

Крайне важно ясно понимать эти концепции. Если вы имитируете поверхностные аспекты производственной системы Тойоты и необдуманно применяете то, что воспринимаете как систему для поставки деталей точно вовремя, вы получите результаты, противоположные ожидаемым. Это не только создаст хаос на вашем предприятии, но также вызовет сильный стресс у ваших поставщиков.

Я постоянно подчеркиваю, что существенной особенностью производственной системы компании Toyota является безусловное устранение запасов. Однако это все же не конечная цель. Реальная цель — снижение затрат, а устранение запаса — не более чем средство для этого.

Следующая история опять приводит нас к этому основному пункту. Несколько лет назад я устроил встречу около 50 выпускников курсов по организации производства, которые я проводил в Toyota Motor. Несмотря на занятость, выступить перед группой любезно согласился г-н Т. Оно.

При встрече разные люди вспоминали старые добрые дни. Во время ужина я услышал, как г-н Оно сказал своему соседу, г-ну Такимуре, президенту компании Tsuda Ironworks, выпускнику второго этапа подготовки: «Все в порядке, Такимура! Идите вперед и поддерживайте небольшой запас. В конце концов главное, чтобы компания делала деньги».

Зная, что г-н Оно считает запас своего рода «сатаной», я был шокирован его словами о том, что иметь запас — это в порядке вещей. Мое удивление еще более возросло в ходе продолжающегося разговора: «Однако не думайте, что хорошо держать запас всегда!»

Слишком часто мы миримся с наличием запаса, пока зарабатываем деньги, но никогда не принимаем его как важный факт жизни. В словах г-на Оно меня поразило его отношение к фундаментальным усовершенствованиям: «Условия могут вызвать необходимость иметь запас в настоящий момент, но его поддержание порождает потери, и вам в конце концов придется искать путь, как зарабатывать деньги без поддержания запасов».

Эта история показывает, что устранение запаса является не более чем средством для конечной цели — сокращение затрат. При некоторых обстоятельствах вполне допустимо поддерживать запасы. Однако не нужно благодушно убаюкивать себя и забывать, что запасам присущи потери. Главная особенность производственной системы Тойоты заключается в том, что она постоянно настроена на поиск новых средств снижения затрат без накопления запаса. Такая логика ведет к истинному пониманию.

Глава 7

МЕХАНИЗМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ

УЛУЧШЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ

Операции — после процессов это второй столп, поддерживающий производственную деятельность. Как уже отмечалось, операции предусматривают использование оборудования и операторов во времени и пространстве. В производственной системе Тойоты давно подчеркивается необходимость совершенствования операций.

В этом разделе мы обсудим следующие вопросы: компоненты операций, стандартные операции, взаимодействие человек — машина и «человеческий интеллект», снижение затрат на рабочую силу. Каждый аспект анализируется со ссылкой на производственную систему Тойоты.

Компоненты операций

Как объяснялось ранее, операции состоят из трех основных компонентов: подготовка и последующая регулировка, главная операция и сопутствующие действия. Усовершенствования операции должны разрабатываться для каждого из этих компонентов.

Подготовка и последующая регулировка

Это так называемые *установочные* операции, которые обычно выполняются до и после производства каждой партии. Они относятся к полезным операциям. В прошлом большинство продукции производилось крупными партиями, так как переналадки занимали много времени. В таких условиях производство крупными партиями приводило к снижению производственных затрат, но при этом вызывало нежелательное возрастание запасов. Для того чтобы уравновесить оба эти последствия, рассчитывались экономичные размеры партий.

Однако основной предпосылкой, определяющей экономичный размер партии, являлась невозможность резко сократить время пе-

реналадки. Развитие системы SMED привело к крушению этой предпосылки, и необходимость в расчете экономичных размеров партий исчезла.

Применение SMED для сокращения времени переналадки часто рассматривается как способ повышения коэффициента загрузки станков. Нет сомнений, что SMED позволяет этого достичь. Однако не следует забывать, что применение SMED позволяет получить и другие выгоды для бизнеса. Например, устранение промежуточных запасов за счет производства небольшими партиями или ликвидация запасов готовой продукции за счет применения быстрых переналадок при производстве, основанном на заказах.

Применение SMED в операциях переналадки сыграло в производственной системе Тойоты решающую роль. Система детально описана в главе 2.

Главные операции

Главные операции — это те полезные операции, которые повторяются при производстве каждого изделия. Их можно разделить на 2 категории:

Основные операции — операции, которые непосредственно связаны с обработкой, — резка, штамповка, сварка и др. С точки зрения процесса именно эти операции выполняют следующие функции:

- обработка — операции по резке, штамповке, сварке и др.;
- контроль — операции сравнения со стандартами, как, например, измерение изделия измерительными приборами;
- транспортировка — операции, в результате которых изменяется местонахождение изделий;
- задержка — операции, при которых изделия содержатся в имеющемся состоянии.

Вспомогательные операции — операции, которые связаны с включением/выключением оборудования или закреплением/снятием изделия в приспособлении перед обработкой. Эти операции дополняют основные операции.

Сопутствующие действия

Эти действия происходят нерегулярно и относятся к двум типам: персональные и неперсональные действия.

Действия, связанные с личными нуждами. Эти действия связаны с физиологическими и психологическими потребностями человека. Они включают:

- действия, обусловленные усталостью, — перерывы, позволяющие рабочему восстановить силы при утомительной работе;
- действия, связанные с личной гигиеной, — перерывы, позволяющие рабочему воспользоваться комнатой отдыха, выпить воды, вытереть пот и т.п.

Действия, не связанные с личными потребностями. Эти действия не связаны с человеческим фактором. Они включают:

- действия, обусловленные спецификой операции, — действия, которые делают операцию возможной, как, например, смазка, уборка стружки и т.п.;
- действия, обусловленные спецификой рабочего места, — действия, связанные с поздним поступлением деталей, поломками станка и т.п.

Стандартные операции

Второй аспект совершенствования операций связан с пониманием сути стандартной операции. В этом разделе мы подробно исследуем этот вопрос с привязкой к производственной системе Тойоты, а также рассмотрим три временных аспекта стандартных операций.

Стандартные операции и производственная система Тойоты

Г-н Тайити Оно представил превосходное обобщение стандартных операций и производственной системы Тойоты. В своей книге он пишет*:

Оно, Т. Производственная система Тойоты: Уходя от массового производства, 2-е изд., с. 56-58.

«Листки стандартных операций и информация, которую они содержат, являются важным элементом производственной системы Тойоты. Для того чтобы человек, работающий на производстве, смог составить листок стандартных операций, который был бы понятен другим работникам, он должен быть уверен в том, что это действительно важно.

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. Благодаря простым листкам стандартных операций все это стало возможным.

Листок стандартных операций эффективно сочетает в себе указания относительно материалов, работников и станков. В компании Toyota этот подход называется комплексным. В результате возникает стандартная рабочая процедура.

За последние 40 лет после того, как меня впервые попросили разработать листок стандартных операций на текстильной фабрике, он мало изменился. Тем не менее он по-прежнему играет существенную роль в системе визуального управления компании Toyota. В нем четко формулируется три элемента стандартной операции:

- время цикла;
- последовательность действий;
- стандартные запасы.

Время цикла — это время, которое отведено на производство одной детали или узла. Оно определяется объемом производства, то есть необходимым количеством продукции и временем, которое затрачивается на ее производство. Количество продукции, которое должно быть произведено за день, определяется как частное от деления объема продукции, которое должно быть произведено за месяц, на количество рабочих дней в данном месяце. Время цикла определяется путем деления продолжительности рабочего дня на количество продукции, которое должно быть произведено за день. Но при таком расчете времени цикла индивидуальное время операции может варьироваться.

В Японии говорят: «время — это тень движения». В большинстве случаев задержка вызывается различиями в действиях операторов станков и в последовательности выполнения этих действий. В задачу управляющего, начальника цеха или супервайзера входит обучение работников. Я всегда говорил, что при правильно организованном рабочем процессе на обучение новых работников должно уходить не более трех дней. Когда инструкции по ключевым действиям и их последовательность ясно сформулированы, работники быстро овладевают необходимыми навыками, позволяющими не производить дефектные детали и не переделывать работу.

Однако, чтобы этого добиться, инструктор должен работать в непосредственном контакте с рабочими и сам наглядно показывать, как производить те или иные действия. Благодаря этому рабочие начинают доверять своему супервайзеру. Одновременно с этим рабочие должны учиться помогать друг другу. Так как работу выполняют люди, а не машины, то на одно и то же действие у каждого человека будет уходить неодинаковое количество времени из-за разного физического состоя-

ния участников процесса. Эти различия будут определяться уже первым рабочим, с которого начинается процесс, так же как темп в эстафете будет зависеть от передачи эстафетной палочки. Если придерживаться стандартных операций во временных рамках единичного цикла, это позволит людям работать более слаженно.

Термин «последовательность действий» не означает последовательности тех процессов, которые протекают параллельно производственному потоку. Он относится к порядку или последовательности действий, которые рабочий совершает с обрабатываемыми деталями: перевозит, устанавливает и снимает со станков и т.д.

Понятие «стандартный запас» подразумевает то минимальное количество материалов, которое необходимо для непосредственного производственного процесса. Это относится и к деталям, которые обрабатывают на станках.

Даже если не перенапрягать станок, обычно нет необходимости в хранении стандартного запаса в промежутке между производственными циклами в том случае, если работа идет в соответствии с процессами обработки. Нужны лишь те детали, которые находятся в непосредственной работе на станках. С другой стороны, если работа делается в основном на отдельных станках, а не на производственном потоке, то появится необходимость хотя бы одной запасной единицы (или двух, если на станке устанавливаются сразу две детали).

В производственной системе Тойоты факт своевременности поставки деталей означает, что требования к соблюдению правил стандартного запаса должны быть очень жесткими».

Три временных аспекта стандартных операций

Раньше время выполнения стандартных операций устанавливалось либо после наблюдения за выполняемыми операциями (с исключением всех лишних действий), либо использовалось более короткое время, чем полученное в результате наблюдения. Я считаю этот подход некорректным по двум причинам. Во-первых, различие во времени отражает фундаментальные различия движений, так как время — лишь отражение движения. Кроме того, движения могут различаться, даже если время одинаково. Во-вторых, даже если исключены все лишние действия, время, полученное путем измерения оставшихся действий, — это не более чем среднее измеренных значений, поэтому его вряд ли можно считать стандартным.

Что же тогда представляет собой стандартное время? И что такое стандартные операции, являющиеся для него основой? Для ответа на эти вопросы нужно учесть, что существует три временных аспекта стандартных операций: прошлое, настоящее и будущее.

Аспект прошлого

Как отмечено выше, стандартное время — не тождественно среднему времени выполнения операции за вычетом лишних элементов. Аналогично стандартные операции — не то же самое, что обычные операции.

Очевидно, что различия времени выполнения операций вызваны глубинными различиями движений. В свою очередь различие движений происходит из-за различий в условиях работы.

Это означает, что настоящая стандартная операция выполняется в обстановке, где рабочие условия оптимизированы за счет неуклонного следования целям, стоящим за каждым из следующих вопросов:

- Что? — объект производства. Что производить?
- Кто? — субъект производства. Кто будет производить и на каком оборудовании?
- Как? — метод. Как осуществлять производство и транспортировку?
- Где? — место. Где следует устанавливать изделия?
- Когда? — границы времени. Когда нужно сделать работу?

Этими вопросами (ответами) характеризуется аспект прошлого в стандартных ситуациях.

Когда я посетил компанию Y Auto Body Company, г-н Ямагути, глава подразделения, рассказал мне следующее:

«Мы недавно купили видеокамеру и начали снимать операции в цехе. После каждой съемки мы приглашали рабочего, которого снимали, команду улучшения данного участка, непосредственного руководителя рабочего и показывали им фильм. Рабочие, посмотрев со стороны на самих себя, выполняющих конкретную операцию, обычно предлагали те или иные улучшения, многие из которых были весьма дельными, и мы немедленно их внедряли. В результате процент предложений по усовершенствованию, которые были внедрены в производство, резко возрос. Оказалось, что люди часто не хотят соглашаться с предложениями команд улучшений; сейчас они приходят с собственными идеями и тут же реализуют свои предложения на практике. После внедрения предлагаемых ими идей работники продолжали сообщать о возникающих вопросах, даже небольших, и делать предложения по усовершенствованию. В прошлом многие проблемы просто игнорировались.

Смотря видеofilm, я вдруг понял, что у людей практически нет возможности увидеть себя со стороны».

Это довольно важное наблюдение: мы вряд ли можем увидеть себя со стороны — посмотреть на себя объективно.

Производственная система Тойоты настаивает на том, чтобы стандартные операции описывались самими рабочими цеха, так как это предполагает большую объективность по сравнению с внешним наблюдением. Описание операций на бумаге позволяет их анализировать и совершенствовать.

Аспект настоящего

Это фаза стандартной операции, в которой для обучения новых рабочих используется карта стандартной операции. Ее использование более продуктивно и менее подвержено ненамеренному игнорированию, чем прямое обучение мастером на основе личного опыта. Это особенно полезно при обучении рабочих основным приемам и секретам, которые необходимо знать для выполнения данной операции.

Производственная система Тойоты позволяет обучать новых работников за три дня независимо от рода их деятельности, и в этом главную роль играет карта стандартной операции. Такой подход повышает эффективность обучения, так как рабочие продолжают обращаться к карте, пока досконально не изучат специфику выполнения работы.

Аспект будущего

Контроль — это сравнение со стандартом. Именно сравнение полученного результата со стандартом позволяет оценить, приемлем ли результат, и выявить любые несоответствия.

Производственная система Тойоты требует, чтобы все работы выполнялись в стандартное время, и мастера цеха должны познакомить рабочих с установленными стандартами. Аспект будущего в стандартных операциях заключается в постоянном совершенствовании данных критериев. Мастеров поощряют, если они проявляют беспокойство по поводу долгого использования одних и тех же карт стандартных операций, так как улучшение операций в цехе следует проводить постоянно.

Если работа не выполняется в установленное стандартное время, нужно определить, не являются ли причиной этого нестандартные

движения. Здесь высока роль карты стандартной операции, так как она облегчает сбор информации, необходимой для улучшения. Таким образом, вновь проявляется аспект прошлого и все три аспекта стандартной операции соединяются в бесконечном цикле.

Типы карт стандартных операций

До сих пор я ограничивался общим термином «карта стандартной операции». Но есть несколько вариантов такой карты. Вот лишь некоторые конкретные примеры:

- *Общие карты* содержат порядок процессов, их названия, номера станков, время замены инструмента, число изделий и производственные возможности.
- *Листки стандартной комбинации задач* фиксируют порядок, в котором осуществляются операции отдельным рабочим.
- *Руководства по выполнению задач* определяют процедуры для элементов операций, требующих особого внимания. Например, машинных операций, замены инструмента, установки и обработки деталей и сборки узлов. Для каждого процесса даются определенные показатели.
- *Инструкции по выполнению задач* составлены в помощь тем, кто обучает рабочих, и содержат рекомендации, как научить выполнять стандартные операции. Они очерчивают задачи каждого рабочего в привязке к общим результатам, излагают основные правила безопасности при выполнении операций. Кроме того, здесь содержатся схемы расположения оборудования, задействованного для операций, выполняемых отдельными рабочими, методы проверки качества, время цикла, рабочие процедуры и стандартный запас продукции на рабочем месте.
- *Листки стандартных операций* — это увеличенные диаграммы размещения оборудования из «Инструкции по выполнению задач», которые используются на сборочных линиях и участках обработки в цехе. В них указываются время цикла, порядок операций, стандартные запасы на рабочем месте, чистое рабочее время и методы проверки безопасности и качества.

От рабочего к станку

Как уже говорилось, использование человеческого труда в производстве проходит несколько стадий.

1. Вначале энергия человека использовалась для установки обрабатываемой заготовки и снятия готовой детали, подачи инструментов и выполнения резки.

2. Затем процесс резки был механизирован, однако энергия человека все же использовалась для установки обрабатываемой заготовки, снятия готовой детали и подачи инструментов.

3. После этого резка и подача инструментов были механизированы, а энергия человека по-прежнему использовалась для установки обрабатываемой заготовки и снятия готовой детали. С этого момента обработка перестала зависеть от рабочих. Поскольку надежность оборудования не 100 %-ная, рабочие исполняли роль наблюдателей за станками.

4. Разработчики производственной системы Тойоты, понимая, что людям нужно только следить за машинной обработкой, поскольку станки не могут обнаруживать аномальности в производственном процессе, встроили в конструкции станков «человеческий интеллект». Это устранило необходимость в наблюдении рабочими за работой станков.

На этой последней стадии большинству предприятий пришлось пройти долгий путь, в котором:

- «Автоматизация» понималась как механизация обработки, а также установки обрабатываемой заготовки и снятия готовой детали. При этом даже «автоматизированные» станки не обладали функциями человеческого интеллекта. Это значит, что рабочие должны были все-таки оставаться рядом даже с усовершенствованными станками.
- Была достигнута истинная автоматизация или «автономизация», когда станки были снабжены функциями человеческого интеллекта, т.е. способностью обнаруживать аномальности технологического процесса.

Таким образом, переход от рабочих к станкам предполагает решение двух вопросов: как передать работу рук человека станкам и как передать станкам работу человеческого мозга. Быстрый успех в этом важном переходе — одна из важнейших особенностей производственной системы Тойоты.

Снижение затрат на рабочую силу

При улучшении операций производственная система Тойоты фокусируется на снижении затрат на рабочую силу. Сравнительно небольшое внимание уделяется повышению эффективности работы оборудования, хотя это наряду с человеческим фактором — основной элемент производства.

Причина проста: для данного периода времени потери от простоя рабочих будут примерно в 5 раз выше, чем от простоя станков. Более того, компания Toyota понимает, что независимо от скорости работы оборудования для снижения затрат более важно сосредоточиться на затратах на рабочую силу. Отсутствие четкого понимания важности этого вопроса вполне может привести к непониманию точной роли снижения затрат на рабочую силу в производственной системе Тойоты.

Совершенствование методов работы

Почти все имеющиеся операции могут считаться соединением усилий людей и возможностей станков. Однако совершенствование методов работы принимает три формы, описываемые ниже.

Улучшения движений человека

Улучшения за счет *изучения движений* затрагивают такие факторы, как наладка узлов или отработка рабочих процедур. Как правило, с помощью улучшения движений человека можно снизить время операций на 10-20 %.

Ключевую роль в улучшении движений человека играют отдельные контейнеры. Контейнеры широко используются для транспортирования и хранения больших количеств изделий, однако их полезности для производственного процесса до поры до времени уделялось мало внимания. При их использовании следует учитывать несколько условий:

- детали должны быть рассортированы;
- детали должны быть размещены по принципу однородности;
- детали должны быть легко доступны.

Этот вопрос потребует серьезного дополнительного изучения.

Улучшения движений станка

Это предполагает разработку совершенных станков и улучшенных методов работы для повышения эффективности. Примерами служат: повышение выработки за счет увеличения скорости резки на станках; снижение затрат времени за счет одновременной обработки на многошпиндельных металлорежущих станках; применение нескольких револьверных головок для сокращения времени на смену режущих инструментов. Другим направлением повышения эффективности за счет улучшения движения станков является замена процесса штамповки фрезерованием.

Механизация движений человека

Она предусматривает устранение движений человека и включает: механизированную (а не ручную) установку и закрепление обрабатываемой заготовки, извлечение готовой детали, а также применение автоматических смазывающих устройств.

В производственной системе Тойоты механизация рассматривается только после всестороннего улучшения движений человека. Почему? Можно затратить 500 долларов, чтобы механизировать движения человека и достичь повышения эффективности на 20 %. Однако можно достичь того же 20 %-ного выигрыша за счет улучшения расположения изделий и изменения процедур выполняемых операций. Тогда можно сказать, что 500 долларов выброшено на ветер.

Многие инженеры игнорируют очевидные потери в движениях, так как обладают предубеждением против механизации чего-либо. Например, их вдохновляет перспектива повышения эффективности с помощью внедрения сложного устройства автоматической передачи заготовок с одного станка на другой, хотя тот же результат можно получить, придвинув станок предыдущего процесса ближе к станку последующего процесса так, чтобы детали поступали в зону обработки непосредственно, а необходимость в автоматической принудительной их подаче отпала сама собой.

Еще один пример прекрасно иллюстрирует процесс автоматической сборки различных моделей автомобиля. Поскольку разные модели требуют различных комплектующих узлов, вначале хотели помещать поддоны с возможными наборами узлов на механический поворотный стол и подводить поддон с нужной комплектацией нажатием кнопки на пульте и соответствующим поворотом стола. Но

вместо этого узлы были переставлены в соответствии с частотой их использования так, что самые часто используемые узлы оказались наиболее доступными. Это облегчило движения и позволило повысить эффективность.

Из приведенных примеров можно извлечь два урока: во-первых, всесторонне улучшайте движения рабочих перед внедрением механизации. Во-вторых, не путайте улучшение оборудования с улучшением операций. Улучшение оборудования вместо сокращения затрат сначала увеличит их.

Экономия труда, сокращение рабочей силы и минимальная рабочая сила

В книге г-на Т. Оно содержится следующее рассуждение об экономии труда*:

«В нашей компании мы применяем термин «экономия рабочей силы» вместо «экономии труда». Термин «экономия труда» быстро начинает неправильно использоваться на производственном предприятии. Оборудование, экономящее человеческий труд, — кран или бульдозер, в основном используемые на строительных работах, — непосредственно связано с сокращением рабочей силы.

Однако на автомобильных заводах более насущной проблемой является проблема частичной и локализованной автоматизации. Например, при работе, которая делается в несколько этапов, автоматизируется только последний. Все остальные действия производятся вручную. Я нахожу подобный метод экономии труда в высшей степени ошибочным. Если автоматические устройства хорошо работают — прекрасно. Но если они используются для того, чтобы позволить успокоиться лишь кому-то, это слишком дорого».

Далее г-н Т. Оно объясняет концепцию в терминах минимальной рабочей силы**:

«Газета компании напечатала мою статью об экономии рабочей силы. В статье термин «экономия труда» был ошибочно заменен на «использование меньшего числа рабочих». Но когда я обнаружил это, подумал: «А ведь это правда!» «Использование меньшего числа рабочих» значительно ближе к сути проблемы, чем «экономия труда».

Когда мы говорим «экономия труда», это плохо звучит, потому что предполагает увольнение рабочих. Экономия труда обозначает, например, что работа, которую раньше выполняли 10 рабочих, теперь делают 8, значит, 2 человека были уволены.

Оно, Т. Производственная система Тойоты: Уходя от массового производства, 2-е изд., с. 113. **Тамже, с. 113-114.

«Использование меньшего числа рабочих» может обозначать, что мы используем пятерых или даже трех рабочих в зависимости от объема производства — это не фиксированное число. «Экономия труда» подразумевает, что менеджер сначала нанимает много рабочих, а затем сокращает их число, когда они перестают быть нужными. «Использование меньшего числа рабочих», наоборот, может означать, что это небольшое число работает с самого начала.

У компании Toyota имеется опыт участия в трудовом конфликте, произошедшем в 1950 г., когда мы были вынуждены провести сокращение. Сразу же после разрешения этого конфликта разразилась война с Кореей, а с нею появилось большое количество заказов. Мы выполнили эти заказы, располагая необходимым минимумом людей, и даже увеличили производство. Это было ценным опытом, и с тех пор мы производим те же объемы продукции, что и другие компании, но при этом количество рабочих у нас меньше на 20-30 %.

Как это стало возможным? Благодаря усилиям, творческому потенциалу и энергии персонала, который позволил компании Toyota на практике применить метод, воплотившийся впоследствии в производственную систему Toyota. И это не самонадеянное утверждение».

На первый взгляд, сказанное кажется предложением не сокращать рабочую силу для облегчения работы. Но я не думаю, что подразумевалось именно это.

Количественное и качественное сокращение рабочей силы

Рассмотрим некоторые примеры *качественного* сокращения рабочей силы:

- механическая энергия используется тогда, когда изделия слишком тяжелы для подъема людьми;
- механизация используется тогда, когда трудно транспортировать грузы на большое расстояние;
- механизация используется тогда, когда необходимость применения силы (хотя бы минимальной) в неестественном для человека положении может стать причиной болезни, например образования грыжи.

Производственная система Тойоты полностью учитывает такие случаи, где механизация используется для облегчения труда.

Теперь рассмотрим случай *количественного* сокращения рабочей силы, когда требуется лишь небольшая рабочая сила, а механизация используется для ускорения работы. Теоретические расчеты отдела организации производства показывают, что механизация позволяет сократить рабочую силу и достичь экономии времени на 30 %. Однако во многих случаях сокращение времени только увеличивает вре-

мя ожидания и не влияет на количество занятых рабочих. Производственная система Тойоты считает, что такие нововведения бессмысленны, если количество рабочих в действительности не уменьшается — независимо от того, какой эффект определяет расчетные значения, — даже если «труд» был сэкономлен.

Как мы увидим ниже, у механизации есть и другие недостатки. Производственная система Тойоты считает высоко приоритетными активные улучшения, так как механизация часто приводит к следующим ситуациям:

- Существует высокая вероятность того, что основные операции (например, резка и штамповка) и другие операции, повышающие ценность, имеют тесную связь с прибылью компании.
- Механизация вспомогательных операций (таких, как установка обрабатываемых заготовок и снятие готовых деталей или включение станка) дает только косвенные улучшения, поскольку такие операции повышают затраты, но непосредственно не связаны с увеличением добавленной стоимости.

Когда мы стремимся к улучшению, то ищем пути, как делать вещи легче, лучше, быстрее и дешевле; главный приоритет обычно отдается легкости изготовления. Причина этого проста: работа — это напряжение, и самое очевидное проявление напряжения — усталость. Поэтому инстинктивно возникает желание производить продукцию наиболее легким способом, и в этом нет ничего зазорного.

Анализ исторического прогресса человечества показывает, что любое улучшение сопровождалось экономией труда. Так же, как 6-дневная рабочая неделя была сокращена до 5 дней, а 45-часовая неделя — до 40 часов, в будущем она, вероятно, будет сокращена до 35 и даже 30 часов. Однако мы должны признать, что в любой исторический момент сокращение времени, называемое *экономией труда*, бессмысленно, если приводит только к увеличению ожидания.

Существует намного более продуктивный подход. Вместо того чтобы начинать с расточительным избытком людей и постепенно сокращать его, лучше начинать работу с минимальной рабочей силой и повышать производство не прибавлением людей, а творческими идеями по внедрению и рационализации. Иными словами, попытки постепенного совершенствования гораздо эффективнее, нежели поиск кардинальных улучшений в критическом положении.

Многие компании нанимают большое число людей. Когда объем работы падает, они продолжают работать на полную мощность, так как не хотят простоя рабочих. Это приводит к росту потерь из-за пе-

репроизводства, что в свою очередь вызывает потери других видов. Как показывает производственная система Тойоты, последствия перепроизводства можно предотвратить изготовлением только требуемых объемов продукции и построением системы, в которой задачи всегда выполняются минимальным числом рабочих. При этом ненужные изделия просто не производятся.

В производственной системе Тойоты применяются средства механизации — вилочные погрузчики и ленточные или цепные конвейеры. Обобщая, это означает, что:

- должны использоваться эффективные меры экономии труда;
- нужно избегать избыточного числа рабочих вначале, так как позже это вызовет необходимость сокращать рабочую силу;
- изменения производства нужно осуществлять, используя для начала минимальную рабочую силу;
- уменьшений рабочей силы, основанных на абстрактных вычислениях, нужно избегать, поскольку они бессмысленны; затраты не снизятся до тех пор, пока не сделаны сокращения рабочей силы.

Интеграция ожидания и сопутствующих действий

Безусловно, время ожидания считается потерей на любом промышленном предприятии. Однако в производственной системе Тойоты роли людей и станков совершенно различны. Например, термин «ожидание» используется в ситуациях, где человек наблюдает за станками, даже если станки работают не в автоматическом режиме.

Возьмем для примера станок, который рабочий запускает нажатием кнопки. Для «безопасности» кнопка должна оставаться в нажатом состоянии все время работы станка. В компании Toyota время, пока рабочий держит кнопку в нажатом состоянии в период работы станка, тоже относится к ожиданию. Подход компании Toyota состоит в том, что запуск должен производиться одним нажатием кнопки, а вопрос безопасности работы должен рассматриваться отдельно.

В производственной системе Тойоты предпринимаются шаги, чтобы освободить людей от таких операционных действий, как подача охлаждающей жидкости или удаление стружки. Кроме того, действия, обусловленные усталостью, и действия на рабочем месте (связанные с запоздавшими деталями, поломками станка) рассматриваются отдельно и не включаются в стандартное время производственного цикла.

Действия, обусловленные усталостью, выполняются во время перерывов в середине утреннего и послеобеденного рабочего времени, есть еще часовой перерыв на обед. Когда запаздывают детали или ломаются станки, проблема решается остановкой линии или оборудования и осуществлением фундаментальных шагов, обеспечивающих исключение повторных остановок.

Одно лишь устранение времени ожидания и выполнения сопутствующих действий из стандартного времени бессмысленно. Эти действия не помогут снизить затраты, если не связаны с минимизацией рабочей силы. Именно поэтому производственная система Тойоты подчеркивает необходимость устранения «изолированных островков». Г-н Т. Оно поясняет это понятие так*:

«Если рабочие изолированы друг от друга, они не смогут друг другу помогать. Но если изучить комплексные работы и распределить рабочие места таким образом, чтобы рабочие имели возможность помогать друг другу, можно уменьшить число работников. Когда производственный поток организован правильно, отдельных изолированных островков не возникает».

Размещение оборудования и эффективность рабочего

В производственной системе Тойоты люди и станки полностью отделены друг от друга. Поэтому размещение станков соответствует производственному потоку для продукции. Однако «поток людей» совершенно независим от станков и не должен привязываться к потоку продукции; впрочем, он должен учитывать только различные периоды времени автоматической обработки и операций перемещения, чтобы максимально повысить эффективность операторов и избежать появления «изолированных островков».

Это означает, что необходимы V-, L- или U-образные размещения оборудования, поскольку они соответствуют не только потоку продукции, но и потоку людей. Насколько возможно, оборудование следует размещать по периметру выбранной площади, а рабочих — внутри нее, чтобы снизить изоляцию и упростить процесс взаимопомощи.

Можно сказать, что один из важнейших путей увеличения производительности в производственной системе Тойоты — это объединение излишних возможностей оборудования, создаваемых за счет улучшения операций, с достижением минимального объема рабочей силы.

Там же, с. 182.

Когда существует некоторая изменчивость в выполнении реальных операций, например при совместных действиях на операции сборки, поощряется взаимодействие рабочих и оказание помощи друг другу. Как говорилось выше, существует две модели передачи эстафетной палочки от одного члена команды к другому: модель плавания и эстафетного бега.

В модели, используемой в плавании, следующий пловец независимо от его скорости не может начать плавание, пока предыдущий спортсмен не коснется края бассейна.

В модели, используемой в эстафетном беге, существует «зона передачи», позволяющая бегунам помогать друг другу. Если первый бегун бежит быстрее, он передаст палочку в конце зоны. Если же быстрее второй, то первый передаст ему эстафету в начале зоны.

Применяя эту концепцию к производству, можно отметить следующее:

- если рабочий А заканчивает свою работу раньше, он начинает работу над сверхплановыми узлами, полученными с предыдущего процесса;
- если рабочий А работает медленно, рабочий В берет у него один из узлов и помогает собирать, так в производственном потоке не возникает нарушений.

Использование такого подхода означает, что количество изделий на линии почти всегда кратно числу рабочих на ней.

Поскольку производственная система Тойоты не допускает накопления изделий между рабочими участками, все необработанные товары считаются запасом. Чтобы он не накапливался, система требует, чтобы каждый оператор изучил операции, выполняемые на двух соседних с ним участках. Как в любой хорошей команде, когда один рабочий отстает при выполнении своей задачи, рабочий следующего процесса помогает ему. Рабочего же, который заканчивает раньше, обычно просят подождать. Обязанность мастера состоит в перераспределении задач на этой основе. Фактически это один из типов визуального управления.

Такие ситуации четко отражают концепции беззапасного производства и всемерного устранения потерь производственной системы Тойоты.

Применение многостаночного обслуживания

Когда в 1955 году я впервые посетил компанию Toyota Motor, одной из поразивших меня вещей было применение многостаночного обслуживания. В то время компания Toyota насчитывала 3500 станков и только 700 рабочих — одного рабочего на 5 станков. Тогда на большинстве заводов один рабочий обслуживал один станок; более того, считалось вполне нормальным, если один станок обслуживался двумя или несколькими рабочими.

Многостаночное обслуживание предусматривает обслуживание одним рабочим более одного станка. Рабочий устанавливает обрабатываемые заготовки и снимает готовые детали на один станок, в то время как другой станок выполняет автоматическую обработку. При операциях такого рода может случиться, что станок прекращает обработку до времени подхода оператора. Если это снижает производительность станка, можно сократить число станков, обслуживаемых одним оператором. Но это приведет к ожиданию оператора. В таких случаях производственная система Тойоты почти всегда решает снизить скорость работы станка, не увеличивая времени ожидания оператора. Амортизация стоимости оборудования дает компании свободу использования станков, но людям нужно платить постоянно, причем со временем все больше. Кроме того, стоимость часа работы человека, как правило, примерно в 5 раз выше, чем работы станка.

В последние годы производственная система Тойоты усиленно пропагандирует «многопроцессное обслуживание», которое можно определить как выполнение многостаночного обслуживания в соответствии с потоком операций. Оно отличается от многостаночного обслуживания, означающего ответственность рабочего за несколько станков независимо от потока операций. Существует два типа многостаночного обслуживания:

- вертикальное многостаночное обслуживание, соответствующее многопроцессному обслуживанию;
- горизонтальное многостаночное обслуживание.

Применение многопроцессного обслуживания, в котором рабочий обслуживает несколько типов станков, задействованных в различных процессах, имеет два преимущества: во-первых, оно улучшает протекание процессов; во-вторых, оно повышает производительность рабочего.

На рис. 31 иллюстрируются эти принципы. Действительное время обработки одного изделия здесь таково: *процесс 1* — 30 секунд, *процесс 2* — 40 секунд, *процесс 3* — 25 секунд.

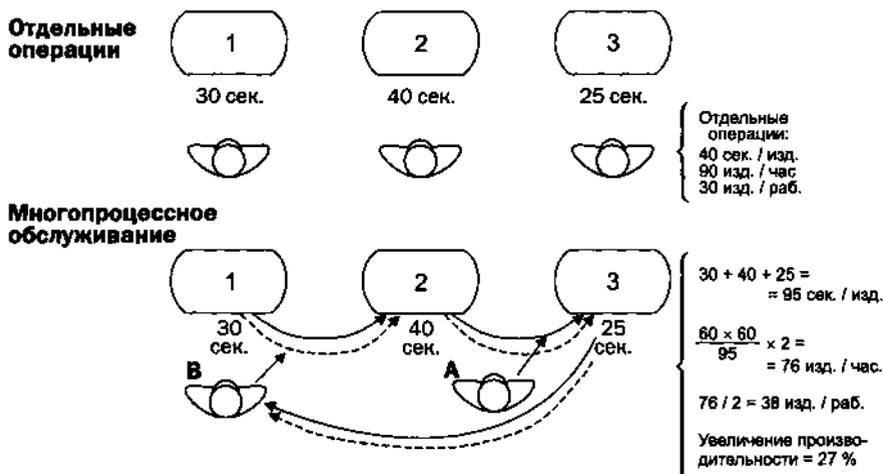


Рис. 31. Увеличение производительности за счет многопроцессного обслуживания.

Когда один рабочий обслуживает один процесс, наибольшая выработка составляет одно изделие каждые 40 секунд или 90 изделий в час при среднем часовом производстве 30 изделий на рабочего (90 изделий на трех рабочих).

Предположим, что мы используем многопроцессное обслуживание с двумя рабочими, обслуживающими параллельно все три процесса. Тогда выработка каждого рабочего составляет одно изделие на каждые 95 секунд (30 + 40 + 25). Для двух рабочих время будет 47,5 секунд (90%). Это почти такое же время, как и при работе трех рабочих, при этом по сравнению с тремя рабочими мы получаем увеличение производительности на 27 %.

Итак, многопроцессное обслуживание способно поглощать расхождения между временем обработки. Например, прессование может предусматривать три процесса, требующих различное время: штамповку, отжиг и гибку.

Многопроцессное обслуживание весьма эффективно в тех случаях, когда время отдельных процессов различается.

Пример 7.1 — многопроцессное обслуживание. В компании Sanei Metal Industries четверо рабочих должны выполнять 4 процесса обработки с использованием одного пресса. Между процессами накапливаются запасы изделий, так как невозмож-

но произвести выравнивание времени обработки каждого процесса. Рабочий берет изделие из запаса и осуществляет его обработку на прессе. По технике безопасности при выполнении обработки нужно держать кнопки пуска пресса обеими руками. По окончании обработки изделие направляется на следующий процесс с помощью желоба.

В улучшенной схеме двое рабочих выполняют многопроцессное обслуживание, переходя последовательно от одного станка к другому. Для их безопасности предусмотрены устройства, позволяющие запускать каждый процесс одним нажатием кнопки. Это изменение привело к росту производительности на 82 %:

- до улучшения четверо рабочих выпускали 550 изделий в день;
- после улучшения двое рабочих выпускают 500 изделий в день.

Безусловно, здесь используется нечто большее, чем просто поглощение различий во времени обработки на отдельных процессах. Устранены движения по подниманию и опусканию. Рабочий теперь берет изделие с предыдущего процесса левой рукой. Он устанавливает его в пресс сразу же после того, как снимает предыдущее изделие правой рукой. Улучшение позволило устранить как неэкономные движения рабочего, так и время ожидания при удержании кнопки во время работы пресса в нажатом состоянии.

Многопроцессное обслуживание значительно повышает производительность по двум причинам:

- оно поглощает расхождения во времени протекания отдельных процессов;
- оно устраняет временное хранение между процессами.

«Противопотоковое» многопроцессное обслуживание, при котором операции выполняются в порядке, обратном протеканию процесса, порой даже облегчает устранение временного хранения.

В таких случаях временное хранение может использоваться, если станки размещены далеко друг от друга. Хотя некоторые считают, что противопоточные операции увеличивают ожидание между процессами, проблема заключается не в направлении движения производственного потока, а в том, насколько близко размещены станки. Несмотря на то что многопроцессное обслуживание в некоторых случаях снижает дневной объем производства, оно всегда повышает производительность. Безусловно, дневной объем производства важен при выполнении заказов, но в то же время единственный путь повышения прибыли компании — это рост производительности, а простое увеличение выпуска не ведет к этому. Объемы произведенной продукции могут расти с ростом числа рабочих, но это не ведет к автоматическому росту прибыли. Если необходимо увеличить объем производства, может оказаться достаточным всего один час сверхурочной работы. С другой стороны, предприятие может увеличить объем производства, поставив дополнительно двух рабочих на 4

пресса с многопроцесным обслуживанием для производства другого изделия. Несомненно, такой подход является продуктивным и ведет к повышению прибыли предприятия.

Время работы человека и станка

Рассмотрение элементов времени работы человека и станка дает лучшее понимание роли многопроцессного обслуживания в улучшении операций.

Обычную операцию можно разбить на отдельные элементы:

1. Снять обработанное изделие	время человека
2. Поместить его на стеллаж	"
3. Закрепить на станке следующее изделие	"
4. Включить станок	"
5. Выполнение автоматической обработки	машинное время
6. Окончание обработки, небольшая выдержка	"

В подобных процедурах число станков, которые может обслужить один рабочий, возрастает до уровня, когда станочное время начинает превышать время работы человека. Следовательно, если требуемый объем продукции можно произвести без 100 %-ной работы станка, количество станков, обслуживаемых одним рабочим, можно увеличить, повышая время ожидания станка (п. 6). Это справедливо для оборудования любой мощности.

С другой стороны, количество станков, обслуживаемых одним рабочим, может быть увеличено путем сокращения времени работы человека (п. 1-5). Часто в этом случае из-за соображений безопасности изменяют время включения станка (п. 4). Его можно сократить за счет использования включателей, требующих только одного касания, или дистанционных включателей. При многостаночном обслуживании количество станков, закрепленных за одним рабочим, обычно определяется отношением времени работы человека к времени работы станка. Более того, многопроцессное обслуживание имеет преимущество перед многостаночным — устранение временного хранения. Рассмотрим следующее сравнение:

- многостаночное обслуживание — требует операций п. 2 (поместить обработанное изделие на стеллаж);
- многопроцессное обслуживание — фактически рабочий снимает обработанное изделие (п. 1) и затем немедленно устанавли-

вает его на следующий станок (п. 3), тем самым исключая необходимость выполнения элемента 2 (поместить обработанное изделие на стеллаж). Этого можно добиться, разместив станки как можно ближе друг к другу.

Как мы уже видели, операции многостаночного обслуживания очень зависят от соотношения времени работы человека и времени работы станка. Вообще говоря, получаемые при многостаночном обслуживании преимущества относительно одностаночного обслуживания имеют следующий порядок:

- многостаночное обслуживание — это повышение производительности на 30-50 %;
- многопроцессное обслуживание — это повышение производительности на 50-100 %.

До сих пор я подчеркивал чрезвычайную результативность операций вертикального многостаночного обслуживания или многопроцессного обслуживания. Это не значит, что исключается важность операций горизонтального многостаночного обслуживания. Даже в изолированной операции, не предусматривающей изменений во времени процесса, установка и снятие рабочим изделий с одного станка, пока другой станок работает в автоматическом режиме, остается эффективным методом снижения затрат.

Таким образом, следует активно искать пути применения многостаночного или многопроцессного обслуживания в зависимости от характера рассматриваемых операций.

В табл. 7.1 приведены результаты сравнения преимуществ и недостатков многостаночного и многопроцессного обслуживания.

Автономизация: автоматизация с элементами человеческого интеллекта

Часто утверждают, что автономизация (или автоматизация с элементами человеческого интеллекта) — одна из отличительных особенностей производственной системы Тойоты, но я с этим не согласен. Производственная система Тойоты поддерживается двумя характерными элементами:

- беззапасное производство;
- снижение затрат на труд.

Таблица 7.1. Преимущества и недостатки многостаночного и многопроцессного обслуживания

Характеристики	Преимущества				Недостатки		Рост производительности
	Можно ли использовать время автоматической обработки?	Могут ли поглощаться задержки из-за различий во времени обработки?	Нужно ли временное хранение между процессами?	Скорость потока между процессами?	Эффективность загрузки оборудования снижается?	Потери из-за ходьбы между процессами?	
Категории							
Многостаночное обслуживание	да	возможно, да	да	нормальная	да	да	30 – 50 %
Многопроцессное обслуживание	да	в большой степени	да	возрастает	да	да	50 – 100 %

Автономизация — одно из средств для снижения затрат на труд. Однако я думаю, именно ее следует считать принципиальным средством для этого.

Человечество преуспело в передаче многих функций рук человека машинам. Мы видели постепенную эволюцию начиная от механизации основных операций (обработка или изготовление) и заканчивая механизацией вспомогательных операций (установка и снятие изделий, установка выключателей). Однако независимо от степени механизации такие усилия означают не больше, чем механизацию функций рук человека.

Для сравнения производственная система Тойоты раньше других дала толчок для разработки и внедрения станков с элементами человеческого интеллекта или способностью обнаруживать аномальные ситуации. Это был действительно первый тип автономизации, заслуживающий этого названия.

Без сомнения, движение компании Toyota к автономизации началось с г-на Тойода Сакити (Toyoda Sakichi) — человека большой прозорливости, который до этого изобрел автоматический ткацкий станок, отключающийся при обрыве нити.

Использование станков с элементами человеческого интеллекта сделало возможным четкое разделение рабочего и станка. Это понятие, в свою очередь, перешло в операции многостаночного обслуживания и помогло повысить производительность людей.

Когда эти достижения комбинируются с механизацией вспомогательных операций, станки становятся все более независимыми от людей. Именно это привело к беспрецедентному снижению затрат на труд за счет истинной автономизации.

К предавтоматизации

*Идея предавтоматизации** датируется 1969 годом, когда г-н Хасия (Hachiya) — менеджер предприятия Saga Iron Works — задал мне следующий вопрос: «Почему люди стоят возле станков, если они автоматизированы?» Действительно, почему?

После некоторого раздумья я ответил: «Причина в том, что у станков нет интеллекта, необходимого для обнаружения аномальностей». Мы могли бы достичь бесконтрольного выполнения операций за счет установки на станках различных устройств, позволяющих

обнаруживать не только неполадки в работе станков, но и несоответствия в получаемых изделиях. Именно это, как я понял, было сущностью «автономизации», о которой я тогда слышал в контексте производственной системы Тойоты.

Механизацию отличает от предавтоматизации то, есть ли у станков и другого используемого оборудования способность выявлять аномальности. Предавтоматизация дает эту способность:

- для основных операций (автоматизация обработки, изготовления и т.п.);
- для вспомогательных операций (автоматизация установки и снятия предметов труда, работа с выключателями станков и т.п.);
- для операционных сопутствующих действий (автоматизация подачи охлаждающей жидкости, удаления стружки и т.п.);
- для сопутствующих действий в цехе (автоматизация подачи материалов, хранения продукции и т.п.).

Более того, мы различаем 2 типа обнаружения аномальностей:

- обнаружения S-типа (обнаруживают причины аномальностей);
- обнаружения R-типа (обнаруживают результаты аномальностей).

Таким образом, предавтоматизация представляется логически последовательной системой. Конечно, можно обоснованно сказать, что она развилась на основе эволюции идеи автономизации. В недалеком будущем можно ожидать автоматизацию (включая и обнаружение аномальностей) переналадки.

Применение системы SMED

Объяснение системы SMED приведено в разделе о совершенствовании операций (см. гл. 3), поскольку она значительно повышает эффективность работы рабочих и станков.

Однако производственная система Тойоты еще больше, чем повышение эффективности работы, ценит в SMED то, что эта система открывает два пути снижения запасов готовой продукции и внутрипроцессных запасов — производство малыми партиями и быстрое реагирование на изменения спроса.

Вот почему я предпочел объяснить концепцию SMED в разделе о совершенствовании процессов.

Цель SMED — сократить время переналадки до минут. Следующий шаг — сократить это время до секунд за счет метода «в одно касание». Я мог бы привести много примеров, где это уже реализовано.

Структура производства и производственная система Тойоты

Далее приводится описание важных особенностей производственной системы Тойоты в контексте структуры производства.

Основные особенности производственной системы Тойоты

- Нацеленность на снижение затрат за счет всестороннего устранения потерь.
- Устранение перепроизводства за счет ликвидации запасов и снижение затрат на труд путем минимизации рабочей силы.
- Резкое сокращение производственных циклов путем применения системы SMED для достижения беззапасности, производства малыми партиями, выравнивания, синхронизации и сдвигания потока единичных изделий.
- Рассмотрение спроса в контексте производства, основанного на заказах. Для достижения этого при условии беззапасности все проблемы изучаются с целью нахождения фундаментальных причин.
- Приверженность идее, что производимый объем изделий должен быть равен заказанному.

Особенности процессов

Производственная система Тойоты рассматривает процесс обработки в целом следующим образом:

- 1) *обработка* — тщательный анализ действий и осуществление эффективного разделения труда;
- 2) *контроль* — операции контроля для устранения дефектов с помощью использования устройств пока-ёкэ;
- 3) *транспортировка* — использование, где только возможно, размещения станков в соответствии с производственным потоком, чтобы исключить операции транспортировки;

- 4) *задержка* — стремление к полному отсутствию запасов (безопасному производству):
- устраняются *задержки процесса* за счет выравнивания и синхронизации; альтернативно используются системы полного управления работой;
 - устраняются *задержки партий* за счет потоков единичных изделий, что также требует улучшения размещения станков и оборудования;
- 5) *нагара* — внедрение системы «нагара» (см. главу 6).

Особенности операций

1. Операции подготовки и последующей регулировки (операции наладки):
 - применяется SMED или наладка в одно касание.
2. Главные операции (основные и вспомогательные операции):
 - применяются операции многостаночного обслуживания, особенно многопроцессного обслуживания;
 - применяется автономизация.
3. Сопутствующие действия: минимизация рабочей силы за счет устранения «изолированных островков».
4. Основная задача: минимизация рабочей силы, а не экономии труда, поскольку главная цель — снижение затрат на труд.

Развивая эти идеи, производственная система Тойоты сделала два важнейших прорыва в представлениях о природе производства.

Во-первых, компания Toyota отказалась от принципа прибавления затрат, присущего многим компаниям, в пользу принципа вычитания затрат*. При снижении затрат, рассматриваемом как краеугольный камень менеджмента, она неуклонно избавляется от потерь.

Во-вторых, компания Toyota пересмотрела традиционное предположение, что идеальная форма производства — американский стиль массового производства крупными партиями, основывающийся на прогнозируемом спросе. Учитывая специфические характеристики японского рынка, компания поняла, что наиболее эффективным способом удовлетворения спроса будет производство, основанное на заказах. Сосредоточившись на понятии *безопаснос-*

В отличие от компаний, нацеленных на получении прибыли (Profit-making), компания Toyota пропагандирует принцип «зарабатывания» прибыли (Profit-earning). — *Прим. пер.*

ти, компания энергично перешла к производству малыми партиями и нашла последовательное решение ранее неразрешимых проблем, создав новую производственную систему.

Учитывая вышесказанное, уместно сказать, что производственная система компании Toyota представляет собой революцию в философии производства.

Глава 8

ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМЫ КАНБАН

Канбан — это метод управления, предназначенный для максимального повышения потенциала производственной системы Тойоты, но, кроме того, это система с собственными независимыми функциями.

В своей книге Тайити Оно подчеркивает*:

«Двумя принципами производственной системы Тойоты являются «точно вовремя» и автономизация — автоматизация с элементом человеческого интеллекта. Инструментом, используемым для управления системой, является канбан».

Далее г-н Т. Оно выступает против упрощенного понимания производственной системы Тойоты только как системы канбан.

Моя первая встреча с системой канбан

Примерно в 1960 году я побывал в компании Toyota, где у меня были некоторые дела в офисе и на заводе. Тогда мне случилось зайти к г-ну Оно, который в то время был менеджером завода. Он сказал, что хотел бы со мной кое-что обсудить, упоминая при разговоре ввод в действие «системы канбан». В ту пору мне еще не доводилось слышать это название, и я ответил, что весьма заинтересован. Я тогда работал в сфере железнодорожных перевозок, и то, что он рассказывал, напоминало так называемую «систему табличек», которую мы применяли на железной дороге.

Когда железнодорожный состав должен пройти в определенном направлении по однопутной линии, имеющей много разветвлений, инженер дает дежурному по станции «табличку» со специальным рисунком из дырок. Дежурный вставляет табличку в переключатель путей, позволяющий управлять стрелками, которые открывают необходимый путь на данном отрезке пути. Затем инженер передает дежурному табличку для следующего отрезка пути. Таким образом, только один поезд может проходить по данному отрезку пути в данное время.

Производственная система Тойоты: Уходя от массового производства. 2-е изд., с. 61.

Я сказал г-ну Оно, что система канбан, которую он описал, кажется, служит той же цели, что и эти таблички на железнодорожной станции. Я чувствовал, что это хорошая концепция, и убеждал его попытаться реализовать ее на практике.

При расставании г-н Оно заметил, что его заводские цеха постоянно производят слишком много. Эти слова запомнились мне; по сегодняшний день я убежден, что истинное значение системы канбан состоит в том, что она направлена на решение этой самой проблемы.

Разработка метода точки заказа

Соотношение между тонкой заказа и запасом

Один из способов управления повторяющимся производством — метод точки заказа*. В этом разделе он детально объясняется. Пожалуйста, используйте данные табл. 8.1, когда будете знакомиться с вычислениями.

Введем следующие обозначения:

- a — ежедневно потребляемое количество деталей;
- P — производственный цикл поставляемых деталей;
- a — минимальное количество в запасе;
- Q — размер одной поставляемой партии деталей.

Точка заказа OP , т.е. остаточное количество деталей, при котором детали следует заказать, определяется на основании следующей формулы:

$$OP = a \times P + a.$$

Элементы формулы определяются следующим образом:

1. a — ежедневно потребляемое количество деталей. Это значение устанавливается спросом и обычно выравнивается очень тщательно.
2. P — производственный цикл поставляемых деталей. Это не просто время, затрачиваемое на производство деталей, оно включает также задержки и транспортировку. Транспортиров-

Таблица 8.1. Изменение системы точки заказа

Стадия	Производственная система	Ежедневно по- требляе- мый объем* a	Произ- водствен- ный цикл P	$a \times P$	Мини- мальный запас α	Точка заказа $a \times P + \alpha$	Размер пар- тии** Q	Макси- мальный запас $Q + \alpha$	Колл- чество паллет n
1	Обычная система	100	15	1500	500	2000	5000	5500	110
2	Улучшения за счет устранения задержек процесса сократили производственный цикл (синхронизация)	100	12	1200	500	1700	5000	5500	110
3	Улучшения процесса переналадки сократили размеры поставляемой партии (и производственный цикл)	100	6	600	500	1100	1000	1500	30
4	Улучшения за счет устранения задержек партии сократили производственный цикл (поток единичных изделий)	100	3	300	500	800	1000	1500	30
5	Анализ колебаний производства позволил минимизировать запасы	100	3	300	200	500	1000	1200	24
6	Дополнительные улучшения переналадки снизили размеры партии поставки	100	2	200	200	400	400	600	12
7	Устранение минимального запаса	100	1	100	0	100	200	200	4

* Чтобы привести ясную иллюстрацию достигнутых улучшений, я предположил стандартный объем дневного потребления 100 изделий на каждой стадии.

** Различные размеры поставляемых партий ведет к изменению производственного цикла; использованы реальные цифры.

ка при поставке деталей от удаленных поставщиков — важный фактор.

Значительные колебания могут быть вызваны методом обработки:

- Большие или малые обрабатываемые партии?
- Насколько велики задержки процесса?
- Насколько хорошо синхронизированы процессы?
- Каков размер транспортируемых партий между процессами? Используются потоки единичных изделий?
- Сколько времени уходит на транспортировку?

3. а — минимальное количество деталей в запасе. Этот запас выполняет роль буфера в случае непредвиденных остановок производства.

- Он смягчает колебания в потреблении деталей — особенно важно избегать нехватки деталей, когда потребление резко увеличивается.
- Он играет роль буфера, когда запаздывают поставки из-за отсутствия рабочего, поломки станка, дефектов или других непредвиденных обстоятельств на заводе поставщика.

4. Q — размер поставляемой партии деталей. Здесь важнейший фактор — время переналадки. Обычно чем дольше время переналадки, тем больше размер партии, и, напротив, быстрые переналадки делают возможным использование партий меньшего объема.

Частота заказов уменьшается с увеличением размера партии; напротив, малые партии означают частые заказы. Таким образом, размер производственных партий оказывает чрезвычайное влияние на размер запасов.

С другой точки зрения, так как размер поставляемой партии должен быть больше или равен объему запасов в точке заказа OP , сокращение производственного цикла или уменьшение минимального количества деталей в запасе позволяют уменьшить нижний предел размера поставляемой партии (если $Q > OP$, то снижение P или a уменьшает Q).

Именно соотношение между точкой заказа, максимальным запасом и числом поддонов (в поставляемой партии) определяет эффективность производства. Для объяснения обратимся к описанию 7 стадий, каждая из которых представляет собой определенный этап улучшений при использовании метода OP (табл. 8.1 и рис. 32).

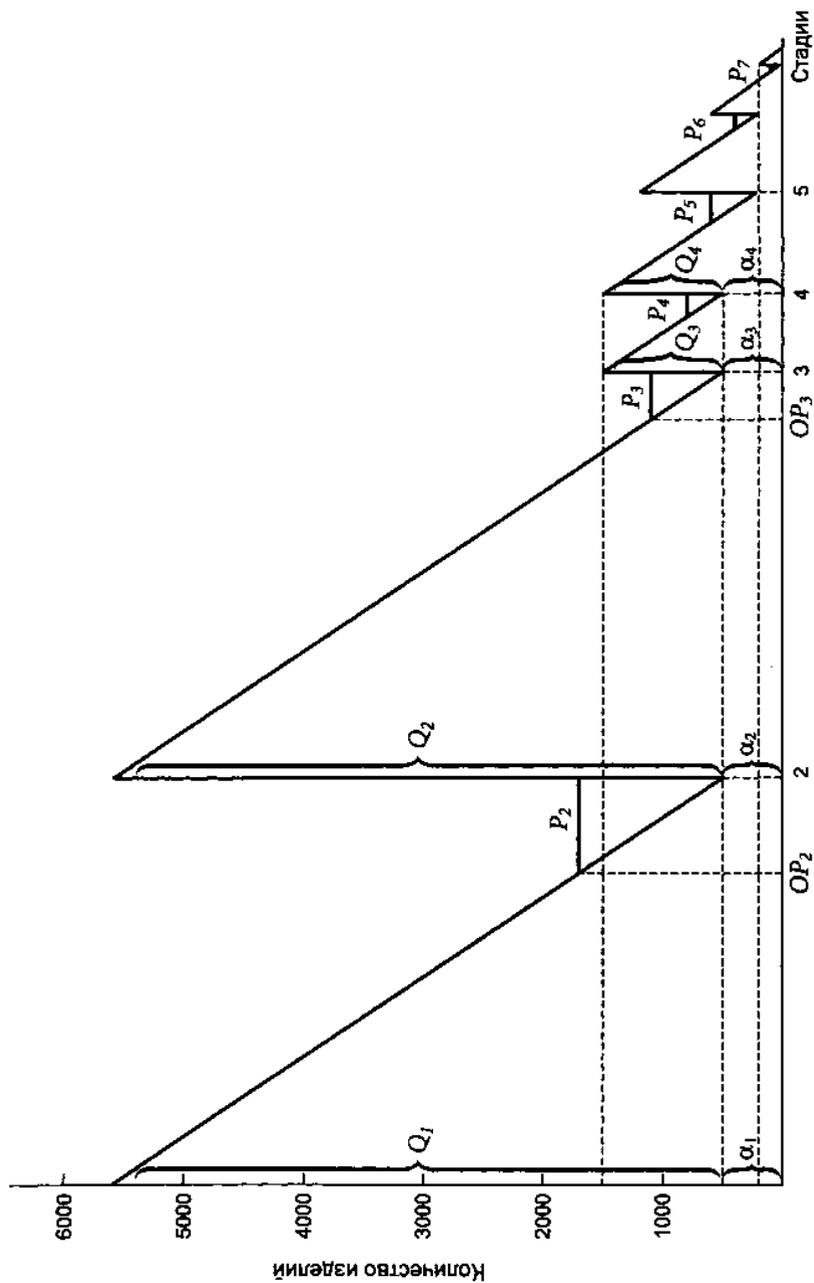


Рис. 32. Расположение точек заказа OP и изменение уровня максимальных запасов.

Стадия 1

На этой стадии выполняется обычное управление производством. Соотношение между тремя основными элементами таково:

Точка заказа	2000 изделий
Максимальный запас	5500 изделий
Число поддонов	110 (50 изделий на поддоне)

Стадия 2

Метод, применяемый на первой стадии, усовершенствован за счет определенной синхронизации процессов. В результате цикл производства сокращен до 12 дней:

Точка заказа	1700 изделий
Максимальный запас	5500 изделий
Число поддонов	110

Единственное изменение — точка заказа OP_2 снижена. Максимальный запас и число поддонов остались теми же, что и на первой стадии.

Стадия 3

Усовершенствования процесса переналадки позволили сократить размер партий поставляемых деталей в 3,7 раза относительно первоначального значения:

Точка заказа	1100 изделий
Максимальный запас	1500 изделий
Число поддонов	30

Снижение размера партий с помощью усовершенствования процесса переналадки поразительно повлияло на количества запаса. Точка заказа также несколько уменьшилась, но здесь влияние не очень заметно.

Стадия 4

Улучшение размещения позволило использовать поток единичных изделий и снизить задержки партий. В результате производственный цикл резко сократился и точка заказа понизилась:

Точка заказа	800 изделий
Максимальный запас	1500 изделий
Число поддонов	30

Точка заказа уменьшилась, но размер запасов не изменился.

Стадия 5

Минимальный запас устанавливается для сдерживания нестабильности производства, т.е. сбоев в самом производстве (вызванных отсутствием рабочих, поломками станков, переделками дефектных изделий и т.п.), и колебаний спроса. Различные исследования показали, что нет необходимости иметь большие запасы, поэтому объем запаса сокращен до минимума, требующегося для управления текущими ситуациями. Однако размеры поставляемых партий остаются теми же, что и на четвертой стадии:

Точка заказа	500 изделий
Максимальный запас	1200 изделий
Число поддонов	24

Это действие несколько уменьшило запас и в то же время пропорционально понизило точку заказа.

Стадия 6

Второй этап усовершенствований переналадок значительно сокращает как их время, так и размер поставляемой партии. Это приводит к значительному снижению максимального запаса. Кроме того, производство малыми партиями сокращает время производственного цикла, а точка заказа пропорционально снижается:

Точка заказа	400 изделий
Максимальный запас	600 изделий
Число поддонов	12

В этом случае, хотя можно и еще больше уменьшить размер поставляемой партии, потенциал снижения ограничен, поскольку размеры поставляемой партии не могут опускаться ниже точки заказа.

Стадия 7

Минимальный запас a устранен, а колебания производства исключаются жесткими предупредительными мерами. Это ведет к резкому уменьшению количества поломок станков и дефектов продукции. В целом само уменьшение точки заказа ведет к сокращению размера партий поставки:

Точка заказа	100 изделий
Максимальный запас	200 изделий
Число поддонов	4

Теперь мы видим, что размер поставляемой партии должен превышать точку заказа. Уменьшение этого размера сокращает время производственного цикла, а это обязательно понижает точку заказа. Снова начинается цикл взаимоотношений указанных факторов, так как они позволяют осуществлять дальнейшее уменьшение размера поставляемой партии. Таким образом, мы имеем следующую последовательность:

- улучшения переналадки снижают размеры поставляемой партии;
- в результате сокращается время производственного цикла;
- это, в свою очередь, уменьшает точку заказа;
- появляется возможность уменьшения размера поставляемой партии еще больше.

Итак, усовершенствования переналадки запускают описанный эволюционный цикл развития.

Кроме того, снижение минимальных запасов сокращает размер поставляемой партии и значительно влияет на общий объем запасов.

С другой стороны, производство малыми партиями проблематично, так как повышает частоту транспортировок. Для решения этого вопроса должны быть разработаны подходящие стратегии (такие, например, как улучшение размещения производственных участков).

Кажется, общепринято считать сокращение производственного цикла эффективной мерой снижения максимального запаса. Но на практике оно не оказывает прямого влияния на снижение макси-

мального запаса, хотя и приводит к снижению точки заказа. Поскольку сокращение производственного цикла определяет нижний предел размера поставляемой партии и допускает снижение до этого предела, оно может косвенно воздействовать на сокращение запасов до минимальных значений. Итак, мы должны понимать, что существует два фактора, непосредственно влияющих на уровень максимального запаса:

- снижение размера партии, происходящее из-за усовершенствования переналадки;
- снижение минимального запаса, поддерживаемого для сглаживания колебаний производства.

Влияние колебаний в потреблении

Чтобы упростить рассмотрение приведенных семи стадий, я сделал ежедневно потребляемое количество деталей a постоянным. В реальных производственных условиях, конечно, это значение также изменяется. Необходимо рассмотреть два случая:

Колебания, происходящие перед достижением точки заказа

Если ***потребление возрастает***, точка заказа достигается раньше прогноза. Если эта ситуация повторяется, то время между теми моментами, когда уровень запасов снижается до точки заказа, сокращается. При этом минимальный запас a служит буфером, и хотя величина запаса a имеет некоторое влияние, с увеличением потребления примерно до 30 % можно справиться за счет повышения частоты заказов. Конечно, при возрастании спроса производственные возможности придется увеличить за счет сверхурочных работ и других средств.

Если ***потребление уменьшается***, точка заказа достигается позже прогноза. Если ситуация повторяется, то время между двумя точками заказа увеличивается. Это означает более длительное хранение. Увеличение запаса упраздняет буферную роль минимального запаса a .

Эта ситуация приводит к быстрому появлению избытка производственных возможностей, поэтому эффективно использовать рабочую силу и рабочее время будет проблематично.

Колебания, происходящие после достижения точки заказа

В этой ситуации колебания в потреблении могут оказывать значительное влияние.

Если *потребление возрастает*, одним из способов справиться с колебаниями, возникающими после размещения заказов, является сокращение времени производственного цикла. Хорошо, если этого удастся добиться; когда же производственный цикл имеет обычное время или даже превышает его, потенциальных проблем будет значительно больше. В таких случаях сгладить эти колебания можно за счет большого минимального запаса a . Однако, как уже подчеркивалось, это приведет к увеличению запасов и дополнительным потерям.

С другой стороны, когда точка заказа низкая, влияние повышенного потребления ощущается очень быстро. В этом случае сокращение производственного цикла увеличит гибкость и до некоторой степени сгладит колебания. В этом смысле сокращение производственного цикла может быть весьма эффективным в противодействии колебаниям.

Если *потребление уменьшается*, время хранения запаса будет расти, но потери можно снизить за счет сокращения производственного цикла.

Как уже объяснялось, эффективным путем снижения максимального запаса является сокращение:

- размера поставляемой партии Q ,
- минимального запаса a .

В отношении минимального запаса a нужна политика предупреждения спада производственных возможностей, возникающего:

- из-за отсутствия рабочего или поломки станка;
- из-за появления дефектов.

Другой подход рассматривает факторы поставки и спроса по отдельности: проблемы со стороны *поставки* решаются путем устранения трудностей, обусловленных спросом, и принятием мер, предупреждающих возникновения нестабильности поставок.

Снижения размера поставляемой партии можно добиться следующими способами:

- использование SMED для резкого уменьшения времени переналадки и производства малыми партиями;

- производство малыми партиями, выравнивание, синхронизация и потоки единичных изделий для достижения ощутимого сокращения производственного цикла. Когда это сделано, снижение нижнего предела размера поставляемой партии происходит за счет снижения точки заказа.

Сокращение производственного цикла позволяет понизить нижний предел размера поставляемой партии с помощью снижения точки заказа, но для более существенного улучшения производства необходимо сосредоточиться на сокращении времени переналадки. Пока это не сделано, сохраняется угроза снижения уровня загрузки оборудования и задержек поставки. Таким образом, использование системы SMED — фундаментальный подход к беззапасной производственной системе.

Производственная система Тойоты использует метод ОР для продвижения производства вплоть до седьмой стадии и всесторонне совершенствует каждый элемент производства для минимизации запасов. В сущности, канбан — средство визуального контроля для поддержания деятельности системы.

Супермаркеты и система канбан

Говорят, что система канбан инспирирована системой работы супермаркета. У супермаркетов есть несколько отличительных особенностей, которые используются в системе канбан:

- 1) потребители непосредственно выбирают товары и покупают то, что им нравится;
- 2) потребители сокращают работу персонала магазина, сами перенося покупки к кассам;
- 3) вместо системы прогнозного пополнения продукции магазин восполняет только то, что было продано, избегая излишних запасов;
- 4) пункты 2 и 3 дают возможность держать более низкие цены; продажи и прибыли растут.

Принципиальная особенность, используемая системой канбан, — это пункт 3: вместо системы прогнозного пополнения магазин восполняет только то, что было продано, снижая тем самым ненужные запасы.

Эту особенность можно назвать «форматом замещающего заказа». Пополняются только те изделия, которые проданы. Однако есть

ли гарантия, что товары, проданные сегодня, будут проданы и завтра? По моему мнению, мы можем утверждать только то, что существует высокая вероятность, что продукты, которые были популярны и продавались сегодня, будут так же продаваться завтра.

В конечном счете, мы надеемся уйти от запасов готовой продукции, переходя к производству на заказ, где изготавливаются только те изделия, которые будут проданы. Поэтому наилучший метод — ориентироваться на заранее известные заказы и продавать только то, что заказано. Поскольку ориентация только на заказы связана с существенными дополнительными издержками, была принята супермаркетная система замещения заказа. В этом случае рассматривается соотношение между периодом заказа D и производственным циклом P .

Пополняется лишь то, что купил потребитель; заказы идут в обратном направлении по цепочке от одного процесса к другому:

(потребитель) → производитель (потребитель) →
→ поставщик первого уровня (потребитель) →
→ поставщик второго уровня.

В сущности, это приводит к производственной системе «вытягивания». Но вместо обсуждения тривиального вопроса о «толкающих» и «тянущих» системах следует четко объяснить фундаментальные концепции производственной системы Тойоты, и тогда станет понятно, что более всего подходит именно «тянущая» система.

Как мы видели в примере производства модели Celica, приводимого в главе 5, наиболее желательная ситуация для производителей — иметь потребителей, которые терпеливо будут ждать своего заказа от момента размещения заказа через производство, отгрузку и продажу. Однако это нереально — люди хотят быстро удовлетворить свои потребности.

- канбан выполнения работы содержит идентификационный ярлык и ярлык рабочей инструкции;
- канбан изъятия содержит идентификационный ярлык и ярлык передачи.

Циклический характер автомобильного производства сформировал два отличительных свойства системы канбан:

- канбаны используются повторно;
- число канбанов ограничено, чтобы ограничивать поток продукции, устранять потери и поддерживать запас на минимальном уровне.

Сам канбан сохраняет функцию ярлыка рабочей инструкции, так что при нециклическом производстве он указывает объем работ и передает инструкции. Однако при нециклическом производстве канбан должен изыматься с места работы по ее окончании.

Сколько карточек использовать?

Вопрос, сколько карточек использовать, — основной вопрос системы канбан. Ответ зависит от количества поддонов в системе *ОР*, описанной выше. Так, число карточек N можно вычислить по следующей формуле:

$$N = \frac{\text{максимальный запас } (Q + a)}{\text{емкость } I \text{ поддона } (n)}$$

В производственной системе Тойоты важно не то, как определить N , а то, как улучшить производственную систему, чтобы *минимизировать* N . Иными словами, необходимо:

- выполнять производство крайне малыми партиями и минимизировать размер каждой производственной партии Q с помощью снижения времени переналадки;
- использовать меры для сокращения производственного цикла;
- устранять минимальные запасы a , которые используются как страховка от колебаний производства.

Значение этого процесса двойко. Во-первых, применение указанных мер способствует снижению точки заказа и сокращению нижнего предела Q ; во-вторых, уменьшение числа канбанов N связано с сокращением времени переналадки для снижения абсолютного значения Q .

Короткое время переналадки делает возможным быстрое реагирование на колебания. Более того, короткий цикл производства позволяет обойтись минимумом канбанов.

Для достижения таких результатов процесс совершенствования с использованием метода точки заказа, описанный выше в 7 стадиях, необходимо понимать в полной мере.

Кроме того, хотя низкая точка заказа могла бы определять нижнюю границу размера партии поставки Q , на точку заказа значительно влияет цикл производства P .

Соотношение между D (период от заказа до поставки) и P (производственный цикл) является очень важным в рамках системы канбан.

1. Период от заказа до поставки — сколько деталей потребляет процесс сборки и за какое время?
2. Цикл производства включает:
 - время, чтобы доставить канбан изъятия на предыдущий процесс;
 - время на замену канбана изъятия канбаном выполнения работы до начала обработки;
 - время производства партии поставки;
 - время хранения партии, которая должна обрабатываться;
 - время транспортировки обработанных изделий на линию сборки.

Транспортировка канбанов и изделий малыми партиями может занять большую часть всего времени обработки, поэтому нужны меры для решения этой проблемы. Это особенно важно, когда обработка проводится вне компании.

В этом отношении компания Toyota Motor имеет преимущество, поскольку ее заводы и заводы ее поставщиков размещены вблизи города Toyota City.

Приступая к определению числа используемых канбанов, нужно ответить на следующие вопросы:

- Сколько изделий может помещаться на поддон?
- Сколько партий необходимо при данной частоте транспортировки?
- Будет ли каждый вид изделий транспортироваться отдельно или будет использоваться смешанная транспортировка?

Как циркулируют канбаны

Для минимизации запасов готовых изделий производственная система Тойоты в основном ориентирована на производство, основанное на заказах. Именно поэтому используется система «вытягивания», при которой последующие процессы обращаются к предыдущим, с тем чтобы взять необходимые изделия. Схема циркуляции карточек канбан показана на рис. 34.

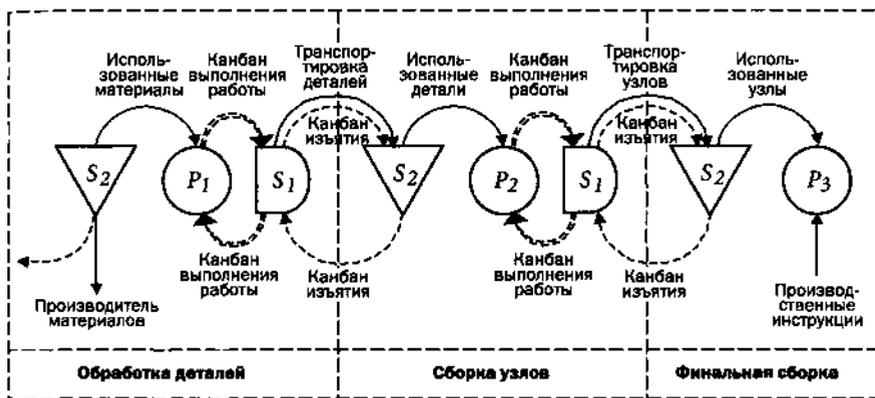


Рис. 34. Схема циркуляции карточек канбан (S — хранение, P — процесс).

1. Как только собранные узлы поступают на линию финальной сборки P_3 , с поддона удаляется канбан изъятия и помещается на определенное место участка сборки узлов (S_2 — S_2).
2. Рабочий с участка сборки узлов направляет канбан изъятия на предыдущий процесс P_2 , чтобы получить изготовленные детали. Он изымает канбан выполнения работы с поддона поставленных деталей и помещает его на определенное место. Канбан изъятия помещается на поддон, который транспортируется к линии финальной сборки (S_1 — S_2).
3. Канбан выполнения работы, удаленный с поддона у предыдущего процесса, используется как ярлык рабочих инструкций, чтобы начать обработку изделий, поставленных с предыдущего процесса (P_1 — S_1).
4. Когда это происходит, ярлык выполнения работы удаляется с процесса перед предыдущим и заменяется канбаном изъятия (S_1 — S_1).

Так цепная реакция обменов канбанов изъятия на канбаны выполнения работы проходит путь обратной последовательности эта-

пов обработки. При этой системе оповещать об изменении планов нужно только на линии конечной сборки. К предыдущим процессам оповещение о данном изменении проходит автоматически, просто и надежно.

Этот порядок позволяет получить дополнительную выгоду — упрощение бумажной работы. Когда производство, основанное на заказах, сталкивается с изменениями спроса, инструкции даются только на конечный процесс и передаются к предыдущим процессам легко и быстро. Напротив, когда производство проводится с выдачей инструкций на каждый процесс, некоторые из них могут задержаться или производство, основанное на предполагаемых планах, может создать ненужный запас. Система канбан предотвращает такие потери.

Производственная система Тойоты нацелена на минимизацию запасов как незавершенного производства, так и готовой продукции. По этой причине она требует производства малыми партиями с большой частотой поставок и частыми транспортировками. Рабочие инструкции и передаточные ярлыки, широко использующиеся при обычной системе управления процессами, не применяются. Взамен подробно расписываются время и место поставок. Система базируется на следующих принципах:

- поставки осуществляются несколько раз в день;
- подробно расписываются фактические места доставки, чтобы избежать помещения узлов на хранение и затем необходимости извлечения их и передачи на линию сборки;
- место для хранения доставленных изделий ограничено, чтобы накопление лишнего запаса было невозможно.

Движение канбанов регулирует движение изделий. В то же время число канбанов ограничивает число циркулирующих деталей. Так, основополагающее условие системы можно выразить фразой: «Канбаны всегда должны двигаться с изделиями». Поэтому нужно уделять значительное внимание проблеме утерянных канбанов.

При обработке деталей нескольких типов крайне важно — для поддержания минимального запаса — начинать обработку с тех деталей, чьи канбаны циркулируют быстрее, а затем идти по порядку.

Циркуляция канбанов и точка заказа

Циркуляция канбанов от последующих процессов к предыдущим будет, в свою очередь, определяться соотношением между точкой заказа и размером партии поставляемой продукции. Рассмотрим два примера (рис. 35).

Точка заказа и размер поставляемой партии равны. В этом случае точка заказа уже достигнута к моменту возвращения канбана, так что производство нужно начать немедленно. В производственной системе Тойоты, где так называемый «минимальный запас» *a* устранен, задержка на начальном этапе производства вызовет нехватку комплектующих на линии сборки.

Размер партии поставки превышает точку заказа. Предположим, один поддон содержит 50 деталей, и имеются следующие условия:

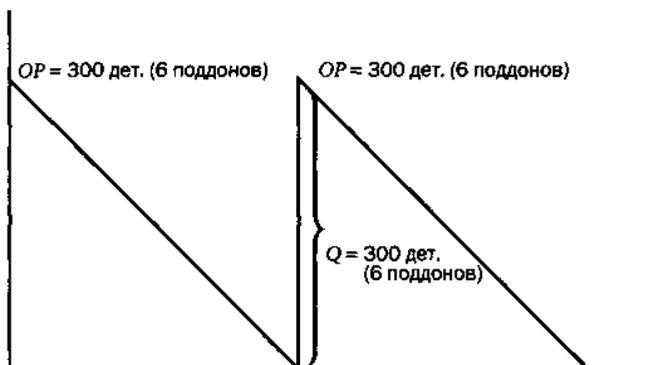
- точка заказа — 300 деталей (6 канбанов);
- размер поставляемой партии — 400 деталей (8 канбанов).

Тогда имеем следующее:

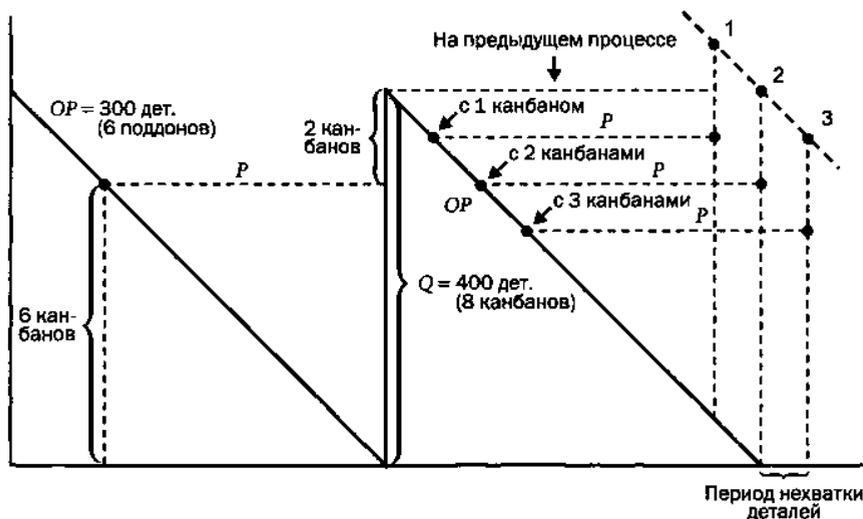
- Если на предыдущем процессе остается *один* канбан, на следующем процессе имеются еще 7 канбанов ($8 - 1$) и 350 деталей (50×7). Это больше, чем точка заказа 300 деталей, поэтому нет особой необходимости начинать производство немедленно.
- Если на предыдущем процессе накопились *два* канбана, на следующем процессе будет 6 канбанов ($8 - 2$) и 300 деталей (50×6). Это значит, что число деталей равно точке заказа, по этому производство нужно начать немедленно.
- Если на предыдущем процессе накопились *три* канбана, на следующем процессе будет 5 канбанов ($8 - 3$) и только 250 деталей (50×5) — т.е. меньше точки заказа на следующем процессе. В обычной системе начало производства уже запаздывало-бы и нехватка уже проявилась бы на последующем процессе, поэтому должны немедленно предприниматься особые меры.

Итак, мы видим, что установление числа канбанов косвенно определяет точку заказа последующего процесса согласно числу канбанов, накопленных на предыдущем процессе, что, в свою очередь, дает возможность узнать крайний срок начала производства. Следовательно, число канбанов, которые могут накапливаться на предыдущем процессе, должно быть четко указано. Например, запись на канбане «1, 8, 2» показывает, что каждый день (1) будет 8 поставок (8) и можно накапливать до 2 канбанов (2).

1) Когда точка заказа и размер поставляемой партии равны (1 поддон = 50 дет.)



2) Когда размер поставляемой партии превышает точку заказа (1 поддон = 50 дет.)



1. Предположим, 1 канбан сигнализирует производство 800 деталей (Q). Когда производство на предыдущем процессе останавливается, на линии сборки будет оставаться один канбан и общая частота потока увеличится. Ситуация не изменится, если производится только 50 деталей, соответствующих одному канбану.
2. Предположим, 2 канбана сигнализируют производство 800 деталей (Q). Детали следует доставить сразу, когда запас на линии сборки закончится.
3. Предположим, производство 800 деталей (Q) на предыдущем процессе не начинается, пока не накопятся три канбана. Нехватки появятся на линии сборки, когда производство следует обычному циклу P.
4. При внедрении системы канбан жизненно важно рассмотреть надлежащее соотношение между точкой заказа OP и размером поставляемой партии Q.

Рис. 35. Случай, когда карточки (канбаны) накапливаются на предыдущих процессах.

Однако следует учитывать следующее:

- большое время переналадки неизбежно будет означать большие партии, если система SMED еще не применялась;
- существует высокая вероятность того, что задержки или другие факторы помешают своевременной транспортировке деталей от поставщиков.

Итак, целесообразно рассматривать поддержание размера поставляемой партии выше точки заказа как компенсацию времени на переналадку и страховку от колебаний производства.

Функции регулирования системы канбан

Система канбан помогает подстроиться под ежедневные колебания нагрузки.

Нагрузки не подвержены ежедневным колебаниям

В этом случае нужно лишь периодическое изменение моделей автомобилей, дат и объемов поставки. Передача производственных заданий на линию конечной сборки позволяет системе канбан вносить необходимые исправления автоматически, распространяя рабочие задания на предыдущие процессы. В этом смысле система канбан вполне удобна.

Однако важно помнить, что основная функция системы канбан — легкая и быстрая передача информации. Ее применение почти бессмысленно, если сама производственная система не усовершенствована за счет внедрения системы SMED или использования потоков единичных изделий. Тот факт, что система канбан может обеспечить точную настройку при колебаниях нагрузки, должен быть осознан с учетом двух контекстов: самой системы канбан и производственной системы Тойоты в целом.

Нагрузки подвержены ежедневным колебаниям

Хотя нагрузка может оставаться одинаковой от месяца к месяцу, она может изменяться кратковременно. С данной ситуацией удастся до некоторой степени справиться, повышая частоту точек заказа.

Система канбан обладает такой способностью: увеличение числа циркуляции канбанов не означает изменения числа канбанов. Но даже при этом локальные колебания нагрузки способны породить задержки или возрастание запасов.

В обычных системах, использующих точку заказа, для устранения этих изменений используется минимальный запас a . Однако у системы канбан этот буфер устранен, так как запас исключается. В системе канбан роль минимального буферного запаса может играть минимальный запас полуобработанных узлов (полуфабрикатов) между процессами. Однако колебания выше некоторой величины этим способом невозможно сдержать, тогда необходимо выравнивание производства.

Далее, если месячная нагрузка превышает прогнозы или если производство от месяца к месяцу растет, может понадобиться увеличить число канбанов. Кроме того, для увеличения производственных возможностей можно использовать сверхурочную работу и временных рабочих.

Когда же нагрузка меньше ожидаемой, иногда достаточно уменьшить частоту циркуляции канбанов, а изменение числа канбанов может и не понадобиться. Тем не менее, когда появляются излишние производственные возможности, должны быть предприняты определенные меры. Когда уменьшение нагрузки существенно, можно уменьшать число канбанов.

Опыт показывает, что изменения нагрузки на 10-30 % можно сгладить без изменения числа циркулирующих канбанов. Более надежную оценку этих значений можно произвести путем внедрения системы на конкретном предприятии. Очевидно, следует уделить много внимания выравниванию производства, чтобы предупредить такие изменения.

Функции улучшения системы канбан

Система канбан способствует улучшениям в двух направлениях:

- канбаны позволяют обнаружить аномальные ситуации, вызываемые отказами станков или дефектами продукции;
- постепенное уменьшение числа канбанов ведет к уменьшению запаса, что снижает роль запаса как буфера при нестабильности производства. Это позволяет выявлять процессы с нехваткой производственных возможностей, создающие аномальности,

и упрощает выявление элементов, нуждающихся в совершенствовании. Общая эффективность повышается за счет концентрации внимания на самых проблемных элементах.

Как показано на рис. 36, аналогия с водоемом хорошо иллюстрирует роль канбана в снижении запаса: когда уровень воды (запаса) в водоеме понижается, становится видна неровность дна X_x (колебания производства). Когда неровность устранена, водоем становится глубже; дальнейшее понижение уровня воды обнажает другие неровности X_2 и X_3 , которые необходимо устранять. И так до тех пор, пока мы не спустим всю воду и не увидим весь выровненный ландшафт дна.



Рис. 36. Функция улучшения (кайдзен) системы канбан.

Итак, снижение числа канбанов имеет значение не только само по себе, но и для обеспечения возможности осуществлять производство с минимальными запасами.

Сущность этого подхода заключается в снижении запаса за счет сокращения числа канбанов. Они — не более чем средство для этой цели.

Выводы

Карточки (канбаны) и система канбан — не больше чем *средство*, и их роль состоит в улучшении производственной системы.

Карточки (канбаны) и система канбан имеют большую ценность: число канбанов помогает регулировать поток изделий и поддерживать запас на минимальном уровне; кроме этого, использование канбанов позволяет осуществлять визуальный контроль.

Система канбан значительно упрощает офисную работу, поскольку придает большую автономность производственному цеху, что приводит в результате к более гибкому реагированию на колебания.

Одно из преимуществ системы канбан состоит в том, что, давая задания на заключительный процесс, она обеспечивают передачу информации ко всем предыдущим процессам легко и быстро.

В основном систему канбан можно применять на заводах с повторяющимся производством. Однако повторяющийся характер производства может не оказывать большого влияния, если существуют временные или количественные колебания производственного процесса.

Система канбан *неприменима* при единичном производстве изделий каждого вида, основанном на периодических непредсказуемых заказах.

Более других от внедрения канбана выигрывает производство, имеющее дело с деталями, изготовление которых требует общих процессов.

Если систему канбан использовать только на основании отмеченных выше характеристик, ее можно было бы применять хоть завтра. Но если перед этим не было сделано никаких улучшений в общей системе производства, то простое копирование системы канбан не оградит вас от существенных задержек, ожиданий и других видов потерь.

Когда мы рассматриваем систему канбан, следует четко различать, с одной стороны, ее позитивную роль в производственной системе Тойоты, а с другой — ее собственные функции и характеристики.

Глава 9

НЕКОТОРЫЕ ВТОРОСТЕПЕННЫЕ, НО ВАЖНЫЕ ВОПРОСЫ

Производственная система Тойоты: пояснение

Устранение семи видов потерь

В данной главе обсуждается три вопроса, которые на первый взгляд кажутся второстепенными, но на самом деле весьма существенны для полного понимания производственной системы Тойоты: потери, распространение системы на предприятия поставщиков, планирование потребностей в материальных ресурсах (Materials Requirement Planning — MRP).

В производственной системе Тойоты различают 7 видов потерь (рис. 37):

- 1) перепроизводство;
- 2) ожидания, простои;
- 3) ненужная транспортировка;
- 4) лишние этапы обработки;
- 5) лишние запасы;
- 6) ненужные перемещения;
- 7) потери из-за выпуска дефектных изделий.

Эти виды потерь не равноценны по статусу и последствиям. Мы рассмотрим их с точки зрения структуры производства.

Процессы

Обработка. Сначала должен быть проведен всесторонний анализ потока создания ценности. Например, вместо того чтобы пытаться найти способ повышения скорости резки, следует задаться вопросом, почему мы делаем данное изделие именно так и применяем данный метод обработки (вид потерь № 4 — лишние этапы обработки).

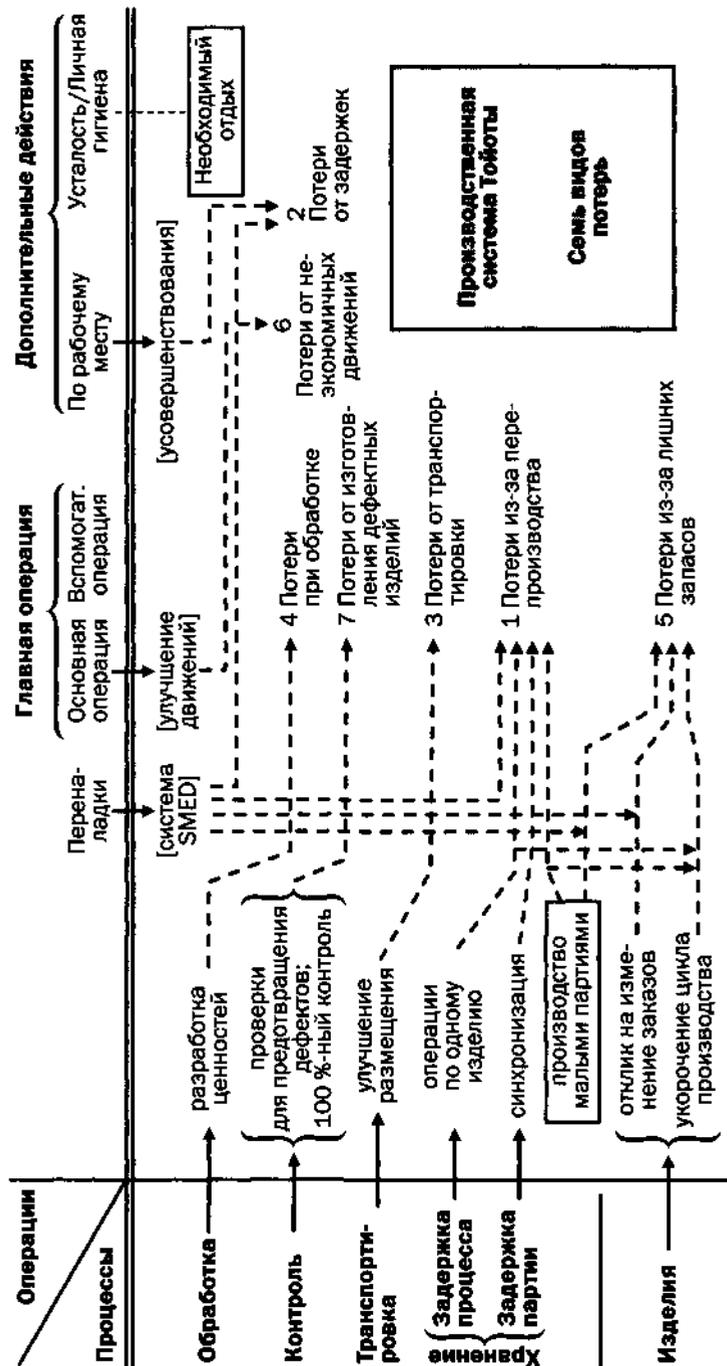


Рис. 37. Производственная система Тойоты и 7 видов потерь.

Контроль. Контроль должен устранять, а не обнаруживать дефекты. Для этого более эффективен сплошной контроль, нежели выборочный. Контроль источника, самоконтроль и последующие проверки в этом случае очень результативны, так же как и использование устройств пока-ёкэ (вид потерь № 7 — потери из-за выпуска дефектных деталей или изделий).

Транспортировка. Транспортировка никогда не увеличивает ценность. Поэтому мы с самого начала должны максимально сократить необходимость транспортировки, улучшив размещение производственных мощностей. Следующий шаг — сделать транспортные средства более рациональными (вид потерь № 3 — ненужная транспортировка).

Задержки. В прошлом запас считался полезным, так как упор делался на его буферную роль в условиях нестабильного производства. Он допускался, поскольку переналадки оборудования занимали много времени. Использование системы SMED устраняет эту проблему. Благодаря развитию SMED оправдание запаса длительным временем переналадки потеряло силу. Наличие запасов явно расточительно, а потери из-за них значительны. Поэтому мы должны исключить необходимость запаса, устранив условия нестабильности.

Выравнивание и синхронизация процессов сокращают задержки процесса, а поток единичных изделий помогает ликвидировать задержки партий. Поскольку эти меры повышают частоту транспортировок, основной предпосылкой их использования является улучшение размещения производственных мощностей.

Именно поэтому в производственной системе Тойоты мы можем достичь одной из главных целей — устранение потерь от перепроизводства (вид потерь № 1 — потери от перепроизводства).

Запасы продукции. Соотношение между периодом от заказа до поставки (D) и циклом производства P оказывает значительное влияние на объем запасов продукции. Если D значительно больше P , продукция производится исходя из прогнозов спроса, что приводит к неизбежному росту запасов.

Производство, основанное на заказах, не предполагает длинного периода D поэтому производственный цикл должен быть существенно сокращен за счет выравнивания, синхронизации и использования потока единичных изделий. Другая очень эффективная мера — производство малыми партиями, но его можно достичь только с использованием системы SMED. Эти действия способствуют существенному снижению запасов продукции (вид потерь № 5 — потери из-за лишних запасов).

Операции

Установка и последующая регулировка (операции переналадки). Длительные переналадки снижают темп работы людей и станков. К сожалению, потребность в снижении затрат делает необходимым производство крупными партиями, что, в свою очередь, создает ненужные запасы. В этом случае улучшение переналадки за счет снижения времени на установку инструмента или приспособлений и исключения последующей регулировки может оказать огромное влияние на устранение как ненужных задержек, так и необходимости осуществлять производство крупными партиями (виды потерь № 1 — потери от перепроизводства, № 2 — потери из-за простоев, № 5 — потери из-за лишних запасов).

Главные операции. Нужно всесторонне совершенствовать движения рабочих и определять наиболее эффективные стандартные операции. Часто мы склонны замечать лишь поверхностные аспекты операции — время ее выполнения. Поскольку время — только отражение движений, наши усилия по совершенствованию следует направлять в первую очередь на глубинные движения операций, а не на поспешные улучшения оборудования. Когда оборудование улучшается до усовершенствования базовых действий, это часто приводит лишь к механизации неэффективных, расточительных операций.

Важную роль в главных операциях играют контейнеры (боксы) для размещения заготовок. Это удобные приспособления, поэтому следует обратить особое внимание на их функции:

- четкое разделение деталей;
- размещение деталей по принципу однородности;
- обеспечение подачи деталей по одной.

Следует также рассмотреть возможности применения поворотных контейнеров, чтобы было удобно доставать нужные детали. Особенно эффективно использовать подвижные контейнеры, подающие необходимые детали поштучно, когда это требуется (вид потерь № 6 — ненужные перемещения).

Интеграция системы канбан и производственной системы Тойоты

Тайити Оно ясно обозначил, что производственная система Тойоты — это метод изготовления, а система канбан — только способ применения этого метода. Однако в действительности производственная система Тойоты и система канбан интегрированы, поэтому многие не делают между ними различий.

Интеграция двух систем распространяется на 6 правил канбана, перечисленных ниже. Для ясности изложим данные правила по очереди, подчеркивая различия между правилами канбана и производственной системой Тойоты. Это позволит четко представить взаимозависимость этих систем.

Правило 1

Последующий процесс получает детали от предыдущего процесса в соответствии с канбаном (канбан содержит инструкцию по изъятию или транспортировке).

Это правило включает 2 элемента:

- получение ровно такого количества деталей, которое установлено канбаном;
- для получения деталей от предыдущего процесса нужно отправить канбан с последующего процесса.

Понятно, что если последующий процесс получает детали от предыдущего процесса без перемещения канбана, появляется ненужный запас.

Поскольку производственная система Тойоты ориентирована на производство, основанное на заказах, а не на прогнозах, то основное правило получения деталей последующими процессами от предыдущих — делать только то, что уже продано. Следовательно, это правило не только канбана, но и всей производственной системы Тойоты.

Правило 2

Предыдущий процесс производит детали в количествах и в последовательности, указанных в канбане (канбан содержит инструкцию по производству).

Канбаны позволяют предотвратить потери от перепроизводства, ограничивая общий производственный поток деталей. Поэтому ни одну деталь не следует делать без канбана. Канбан также сводит межоперационный запас к минимуму, поэтому изготовление деталей в ином порядке, чем установлено канбаном, приводит к потерям. Таким образом, это тоже правило производственной системы Тойоты, которое устанавливает применение канбана в качестве средства визуального контроля. Когда между операциями существует значительный запас, необходимость в этом правиле отпадает.

Правило 3

Ни одна деталь не производится и не перемещается без канбана (канбан предотвращает перепроизводство и использование лишней транспортировки).

Поскольку канбаны позволяют избежать перепроизводства, то без соблюдения правила № 3 производственная система Тойоты разрушилась бы. Несомненно, это правило — важнейшее правило системы канбан для обеспечения беззапасного производства по всей производственной системе Тойоты.

Правило 4

Карточка канбан всегда сопровождает детали (канбан — идентификационная этикетка, удостоверяющая потребность в деталях).

Система не могла бы функционировать, если бы канбаны перемещались отдельно от деталей. Следовательно, это важное правило системы канбан.

Правило 5

Каждая деталь должна быть приемлемого качества (канбан предотвращает производство дефектной продукции, выявляя, на каком именно этапе появляются дефекты).

Циркуляция большого количества канбанов не приводит к колебаниям производства. Это происходит потому, что производственная система Тойоты «сжимает» запас до минимума и использует лишь необходимое число канбанов. Значит, это тоже правило всей производственной системы Тойоты, а не только канбана.

Правило 6

Число канбанов постепенно снижается (канбан позволяет обнаруживать существующие проблемы и помогает управлять запасами).

То, что применение канбанов может сократить запасы до надлежащих объемов, контролируя, что следует и не следует делать, безусловно, является правилом системы канбан. С другой стороны, правило 6 показывает применение канбана для обнаружения проблем и снижения запаса в производственной системе. По сути, оно делает невозможным игнорирование необходимости усовершенствования системы, а это означает, что данный принцип правильнее считать правилом производственной системы Тойоты.

Мы попытались ясно показать различия между системой канбан и производственной системой Тойоты, хотя на практике они считаются почти идентичными. Однако если не учитывать существующие различия, усилия по совершенствованию перечисленных принципов могут привести к неверным выводам и поверхностным мерам.

Распространение системы на поставщиков

Однажды производственную систему Тойоты назвали «дьявольской системой». Почему? Многие думают, что ее изначальный концептуальный подход заложен в понятии «точно вовремя»*. В свою очередь, это понятие поверхностно трактовалось как система минимизации запасов, в которой желаемое изделие поставляется в желаемое время в желаемых количествах. Исходя из этой концепции, поставщики деталей, сырья и материалов полагали, что от них требуется поставлять компании Toyota необходимое изделие в необходимое время и в необходимом количестве — и все это для удобства Toyota. Кроме того, они боялись, что придется делать большие запасы, поскольку они не могут точно знать, когда и сколько продукции понадобится.

Если бы это действительно отражало суть производственной системы Тойоты, название «дьявольская система» было бы вполне заслуженным. Но в реальности ежемесячные производственные планы компании Toyota сообщаются заранее, и компания получает от поставщиков согласованные количества деталей и материалов. В то же время крайне малые партии и запросы на частую поставку вместе

Just-in-time.

с неизбежными изменениями означают, что дочерние предприятия и поставщики материалов должны улучшить свои производственные системы, чтобы быть способными быстро реагировать на нужды компании Toyota. Вот почему после 30-летнего внедрения на собственных производствах компании Toyota потребовалось еще почти 10 лет, чтобы создать систему, охватывающую как саму Toyota Motor, так и ее поставщиков. Поставщики и дочерние предприятия получают теперь более высокие прибыли благодаря усовершенствованиям их собственных производственных систем. Очевидно, что обвинение производственной системы Тойоты в «дьявольской работе» безосновательно.

Причиной этого «дьявольского» прозвища могут оказаться результаты ошибочного использования системы за пределы компании Toyota, а не сама производственная система Тойоты.

Некоторые люди все еще поверхностно понимают производственную систему Тойоты. Они полагают, что настойчивость компании Toyota в получении нужной продукции, в нужных количествах и в нужное время продиктована желанием переложить ответственность за недоделки в своей работе на поставщиков. Если тщательно проанализировать подобный взгляд, то выявляется полное непонимание этими людьми сущности производственной системы Тойоты.

Производственная система Тойоты и MRP

В последние годы американские фирмы с энтузиазмом приняли на вооружение как последнюю новацию в методах менеджмента планирование потребностей в материалах. Его применяют также несколько японских компаний.

Заявленная цель системы MRP — «эффективное использование ограниченных производственных ресурсов — человеческих, материальных и финансовых». В этом смысле цель MRP не отличается от цели любого метода менеджмента или метода управления.

Отличительная особенность MRP — интенсивное использование компьютеров для совершенствования производства за счет отыскания оптимальных условий между многими изменяющимися факторами.

Поскольку система MRP появилась в Японии и США примерно в то же время, что и производственная система Тойоты, их часто противопоставляют. Но являются ли две системы несовместимыми?

Я не изучал систему MRP детально и не имею твердого представления о ее сущности. Однако у меня складывается впечатление, что

MRP — *система менеджмента* для нахождения ранее неизвестных оптимальных условий с помощью применение компьютерной обработки в обычных системах управления производством. Думаю, что это подлинно новаторская техника.

По той же причине я не верю, что MRP направлена на совершенствование обычной производственной системы так же, как производственная система Тойоты, которая осуществляет фундаментальные улучшения системы управления и менеджмента за счет:

- резкого снижения времени переналадки;
- использования быстрой переналадки, позволяющей достичь производства малыми партиями;
- выполнения последовательных операций в потоке единичных изделий, начиная с обработки деталей и заканчивая сборкой узлов и готовой продукции;
- нацеленности производства на работу по заказам с помощью системы вытягивания.

Сомневаюсь, что MRP придерживается идеи столь фундаментальных улучшений.

Поэтому мне кажется, что систему MRP и производственную систему Тойоты нельзя сравнивать. Предприятия могут применять систематические методы MRP в дополнение к фундаментальной и революционной системе — производственной системе Тойоты.

MRP — не единственная новая форма управления процессами с использованием компьютеров. Другая концепция, упоминавшаяся в данной книге, — экономичный объем партии, предусматривающий то, что длительные переналадки можно оставить при использовании крупных партий. Поскольку при этом растут запасы, должен соблюдаться баланс между размерами партий и величиной запаса. Впрочем, основная причина разработки и использования этой концепции — большое время переналадки. В любом случае развитие системы SMED сделало эту концепцию бессмысленной.

Рассмотрим еще один вопрос: основной концептуальный подход статистического управления качеством был превосходным; однако на практике, перенасыщенный компьютерами и статистикой, он только мешал полному устранению дефектов.

В каждом из приведенных примеров чрезмерно полагались на компьютеры, которые являются лишь средством, а подлинным новаторством в обычных производственных системах пренебрегали. Я искренне надеюсь, что эта тенденция изменится.

Глава 10

БУДУЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ

Будущее производственной системы Тойоты предусматривает абсолютное устранение потерь при стремлении к максимальному снижению затрат.

Движение к «точно вовремя»

Мне говорили, что термин «точно вовремя» означает просто «своевременно». На самом деле он означает «точно ко времени», т.е. «точно в определенное время». Каково бы ни было различие, очевидно, что цель производственной системы Тойоты — поставка изделий строго в определенное время, для того чтобы избежать запасов. Эта цель достигается в основном за счет соотношения между периодом заказ — поставка D и циклом производства P . Как уже отмечалось, если $D > P$, производство, начатое после получения заказа, будет закончено ко времени, без создания запаса.

Хотя исследование рынка повышает точность прогнозов спроса, также необходимы методы увеличения периода заказ — поставка. Ниже объясняются некоторые из таких методов. Их можно применять при производстве не только автомобилей, но и обычных потребительских товаров, например бытовой электротехники:

- обращение к вашим потребителям с просьбой делать заказ, основываясь на ожидаемых сроках службы купленных в прошлом товаров;
- обращение с просьбой о покупке автомобиля к тем, кто еще только учится вождению или получает водительские права;
- предложение о покупке электротехники тем, кто строит новые дома;
- выявление людей, которые могут быть заинтересованы в заказе оборудования, на основании анализа объявлений о свадьбах и найме на работу.

Существуют и другие стратегии. Их цель — использовать события, предшествующие реальному спросу, для удлинения периода заказ-поставка.

Конечно, нужно стремиться и к сокращению цикла производства. Это можно сделать, например, следующим образом:

- внедрить производство максимально малыми партиями;
- резко сократить время переналадки (в дополнение к возможности производства малыми партиями это позволяет более гибко реагировать на изменения);
- применить методы выравнивания, синхронизации и потока единичных изделий ко всему процессу для максимального сокращения производственного цикла.

От системы SMED к наладке в одно касание

В производственной системе Тойоты постоянно подчеркивается необходимость устранения потерь из-за перепроизводства. Только при производстве малыми партиями можно работать в условиях спроса, характеризующегося широкой номенклатурой продуктов и небольшим количеством. В этом случае внедрение системы одноминутной замены штампов (SMED) вдвойне эффективно, поскольку система обеспечивает и возможность быстрого реагирования на изменения спроса.

Из этого следует, что время наладки следует сокращать еще больше. Переналадку, которая при использовании SMED исчисляется минутами, нужно снизить до нескольких секунд с помощью методов наладки в одно касание. Далее обсуждаются два подхода, способствующие решению этой задачи.

Автоматические замены

Быстрее прийти к автоматическим заменам позволяет метод наименьшего общего кратного, описанного в главе 2. Вот три примера автоматической замены.

Пример 1. Для того чтобы иметь возможность устанавливать на подающий конвейер изделия разных размеров, ширина направляющих должна изменяться. Были разработаны устройства для изменения ширины направляющих в одно касание за счет втягивания на-

правляющих с одной стороны пружинами, введением 4-ступенчатых клинообразных прокладок и использованием электромагнитов для движения прокладок вверх и вниз.

Пример 2. Для того чтобы ограничить перемещение штампа при штамповке изделий различной длины использовался конечный выключатель, закрепляемый на основании штампа. Ранее штамп нужно было двигать и регулировать положение выключателя. Кардинальным решением была установка 5 конечных выключателей в 5 фиксированных положениях, каждое из которых соответствовало определенной длине изделия, а также подключение к электросети необходимого выключателя. Поэтому замена в одно касание выполнялась простым включением в схему требуемого выключателя. Кроме того, это устранило необходимость регулировать положения выключателя.

Пример 3. На заводе стиральных машин штампы для двух моделей нужно было полностью менять, несмотря на идентичные внутренние размеры данных моделей, поскольку:

- отверстия для крепления орнаментальных украшений по углам были в разных местах для двух моделей («Standard» и «Deluxe»);
- положения отверстий различались для правосторонних и левосторонних моделей.

Для улучшения операции штамповки все необходимые элементы были собраны в одном штампе, а введением «платы выбора» между штоком и штампом разрешалась пробивка отверстий для одной из двух моделей. Когда плата убиралась, шток ударял по штампу, пробивались отверстия для одной модели, а когда плата устанавливалась — для другой. Введение платы выполнялось в одно касание с помощью автоматического выключателя, настроенного таким образом, что соотношение между моделями было 2:1 — после двух моделей «Standard» производилась штамповка для одной модели «Deluxe».

Итак, один из очень эффективных подходов к наладке в одно касание — для начала разобраться, какие части штампов идентичны, а какие различаются, а затем разработать простой метод переключения только для различающихся частей.

Методы без касания

Существует поговорка, что «легче всего провести изменение, если ничего не изменять». Она прекрасно подходит к методам сокращения времени переналадки без касания. Наиболее результативен здесь метод «комплекта», когда переналадки устраняются за счет производства комплектов деталей.

Пример 1. Для того чтобы упаковать стиральную машину, применяются пенопластовые прокладки 4 типов. Ранее для каждой прокладки использовалась своя форма, так что формы менялись 4 раза. Но этот подход был усовершенствован, и теперь все формы для прокладок А, Б, В и Г вставлены в одну большую форму, так что одним штампом устанавливают весь набор прокладок. Это устраняет необходимость замены форм и переналадки штампа.

Пример 2. На формовочной машине делались похожие пластмассовые ручки управления двух видов (А и Б) для разных моделей телевизоров. Ранее приходилось менять штампы, поскольку для этих ручек использовался разный тип резины. После усовершенствования данной операции формы А и Б вставляются в один штамп под прямым углом одна к другой. Теперь каналы для резины можно поворачивать на 90 градусов, что устраняет необходимость снимать и закреплять штампы (рис. 38).

Пример 3. Формы для деталей А и Б одной модели выполнены на одном штампе прессы, так что можно непрерывно производить комплекты деталей без замены штампа.

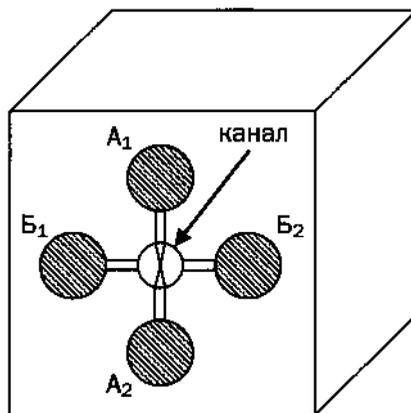


Рис. 38. Переналадка без касания для производства ручек (на рисунке течение резины направлено в А1 и А2).

Эти примеры показывают, что производство деталей комплектами может полностью устранить необходимость замены, если общие элементы выявлены и умело объединены. При этом важными являются следующие вопросы:

- Являются ли рассматриваемые детали специфическими для конкретного изделия или общими для ряда подобных изделий?
- Одинаковые ли материалы применяются для различных деталей?

Вместо того чтобы считать замены и переналадки неизбежными, следует искать способы, позволяющие производить несколько деталей без переналадок. Такие усилия на удивление часто приводят к созданию систем без касания, не требующих замен вообще.

Если замены все же неизбежны, необходимо сосредоточить усилия на разработке автоматических устройств с одним касанием.

Разработка системы совершенного производственного потока

Задача снижения потерь от перепроизводства предусматривает устранение запасов готовой продукции и в самом производственном процессе.

Применение выравнивания, синхронизации производства и использование потока единичных изделий позволяет исключить задержки в производственном процессе (задержки процесса и задержки партий) и представляет собой огромное преимущество производственной системы Тойоты перед системой Форда. В последней синхронизированный поток по одному автомобилю использовался лишь в процессе конечной сборки. В отличие от этого в производственной системе Тойоты процесс конечной сборки связывается с предыдущими процессами обработки и окраски при помощи выравнивания, синхронизации и потоков единичных изделий. Такое объединение различных процессов позволило резко сократить цикл производства и сделало возможным оперативное реагирование на заказы, требующие быстрой доставки, и на колебания спроса.

Следующая задача производственной системы Тойоты — связать воедино и обеспечить выравнивание, синхронизацию и производство в потоке единичных изделий на более ранних процессах, таких, как раскрой листового металла, прессование, сварка, ковка и литье. В дальнейшем их можно объединить с существующими процессами обработки, окраски и сборки и получить комплексную систему интегрированного потока.

Контуры такой системы можно увидеть в операциях «нагара». Вот три примера.

Пример 1. Здесь предусматривается создание потока операций пробивки отверстий, нарезания резьбы и окраски в небольшом окрасочном боксе. После окраски детали немедленно направляются на следующую операцию сборки узлов. Этим устраняется необходимость транспортировать детали в окрасочный цех и далее на сборку.

Пример 2. Между процессами механообработки деталей располагается оборудование для нанесения покрытия, что позволяет наносить покрытие не в специализированных цехах, а непосредственно в производственном потоке. Это дает возможность немедленно направлять детали на следующий процесс сборки.

Пример 3. Рядом с процессом точечной сварки кузова установлен простой пресс с гидроцилиндром. Это позволяет рабочему-сварщику, выполнив прессовую операцию, тут же приступить к сварке запрессованных деталей в кузов.

Такие операции «нагара» отвергают традиционное, но неверное положение, чтоковка должна проводиться в кузнице, окраска — в окрасочном цехе, а покрытие — в цехе покрытий. Здесь не обязательно использовать высокопроизводительные станки. Напротив, в некоторых случаях для общей синхронизации требуется, чтобы станки имели меньшую производительность, чем существующее в специализированных цехах оборудование. Этот подход представляет собой большой скачок вперед, достигаемый в результате тщательного анализа размещения оборудования и продуманной последовательности процессов.

Я верю в то, что расширение потоков единичных изделий дальше и дальше к началу производства будет главной составляющей дальнейшего развития производственной системы Тойоты.

Расширение и распространение смешанного производства

Производственная система Тойоты подчеркивает важность использования малых партий. Ее нижний предел — смешанное производство, которое весьма эффективно по двум причинам:

- запасы продукции можно свести к минимуму;
- предыдущим процессам можно обеспечить выровненную нагрузку.

Смешанное производства такого типа будет находить все большее применение в производственной системе Тойоты не только на

сборочных линиях, но и на предыдущих процессах, таких, как обработка, прессование, сварка, ковка и литье. Оно уже применяется на линиях окраски, связанных с процессом сборки, и в скором времени планируется его расширение на другие процессы выше по потоку. Сейчас большинство производств является повторяющимся, основанным на относительно фиксированном уровне дневного производства разных моделей автомобилей. Я уверен, что принцип смешанного производства позволит производству в будущем стать более гибким. Использование наладок без касания, выравнивания, эффективной системы контроля для исключения дефектов и устройств пока-ёкэ будет ключевым для подобной эволюции.

Развитие системы канбан

Система канбан также будет развиваться в направлении усовершенствований производственной системы, описанных выше. Я ожидаю следующих достижений:

- резко сократиться число канбанов между процессами;
- существующая система, в которой канбаны изъятия или вытягивания распространяются на *непосредственно предшествующий* процесс, могут быть заменены на такие, где канбаны распространяются дальше — на заготовительные и обрабатывающие процессы. Это возможно только при значительном сокращении цикла производства и создании общего потока операций, распространяющегося вверх по процессам. Другими словами, если процессы в начале потока будут производить необходимые детали, в то время как процессы сборки будут опустошать поступающие от них поддоны с деталями, и *в то же время* поток деталей будет достаточно быстрым, то отпадет необходимость использовать канбан изъятия для непосредственно предшествующего процесса. Данное улучшение существенно снизило бы число канбанов и резко сократило объемы межоперационных запасов.

Сокращение трудовых затрат

Производственная система Тойоты подчеркивает, что прежде чем совершенствовать оборудование, нужно всемерно улучшить движения рабочих. Недорогая механизация повышает эффективность

операции на 20 %, однако эти преимущества теряются, если улучшение движений рабочих может принести такой же эффект. Поэтому устранение потерь в движениях имеет неоспоримый приоритет.

Следующий шаг — механизировать работу людей, и не только механизировать ее, но и наделить станки функциями человеческого интеллекта. Это необходимо, чтобы провести автономизацию или предавтоматизацию, придавая станкам способность обнаруживать неполадки, тем самым перенося все больше работы людей на машины.

Полная автоматизация последует тогда, когда станки будут снабжены устройствами для обнаружения аномальных ситуаций и реагирования на них.

Затраты на труд можно сокращать тогда, когда пройдены следующие стадии:

1. Улучшены движения людей.
2. Интегрированы сопутствующие действия.
3. Работа людей передана станкам.
4. Станки способны обнаруживать аномальные ситуации.
5. Станки способны не только обнаруживать такие ситуации, но и реагировать на них.

На каждой стадии потребуются воображение и новаторство, чтобы выполнить механизацию и автоматизацию при малых затратах.

Развитие операций многостаночного обслуживания

Как говорилось выше, операции обслуживания нескольких станков бывают двух видов:

- многостаночное обслуживание (горизонтальное многостаночное обслуживание);
- многопроцессное обслуживание (вертикальное многостаночное обслуживание).

Нужно приложить все усилия, чтобы внедрить операции многопроцессного обслуживания, поскольку в результате они дают наибольший эффект. Нужно совершенствовать задачи, стоящие перед людьми, и активно передавать работу от людей станкам, чтобы довести до максимума число процессов, обслуживаемых одним рабочим.

Поскольку потери в единицу времени для рабочих в 5 раз больше, чем для станков, нужно принимать все меры, чтобы освободить

людей от ожидания, даже если станки при этом будут работать в меньшем темпе.

Многостаночное обслуживание основано на положении, что порой нет никакой необходимости в высокой скорости работы станков. В то же время следует разрабатывать и строить свои недорогие станки, имеющие специфические характеристики. Эти специальные станки должны быть наделены способностью к трансформации, чтобы с помощью простых модификаций их можно было адаптировать к работе с изделием, которое придет следующим.

Не следует забывать об основной цели всех этих усилий — сделать работу станков независимой от рабочих.

Устранение поломок и дефектов

Отказы станков и оборудования требуют, чтобы мы занимались обнаружением аномальных ситуаций, мгновенно останавливали станки при возникновении неполадок и предотвращали появление подобных случаев.

Подход к дефектам аналогичен. Цели «ноль дефектов» можно достичь только за счет контроля, который будет *предупреждать* дефекты, а не *обнаруживать* их. Следовательно, главной задачей устройств пока-ёкэ должна стать невозможность возникновения дефектов в данном процессе; простого недопущения установки дефектной детали в приспособление для следующего процесса недостаточно.

Наконец, ошибочно думать, что контроль первого и последнего из 100 изделий высокоскоростного пресса — это разновидность сплошного контроля. Для реального предупреждения дефектов нужно высокоскоростное контрольное устройство, работающее с такой же скоростью, как и контролируемый пресс.

Повышение гибкости производственных возможностей

Производственная система Тойоты считает аксиомой, что с колебаниями спроса следует справляться без увеличения персонала, если это возможно. В ответ на колебания спроса в течение месяца вводится смешанное выровненное производство. Если этим методом не удастся погасить колебания, количество основной рабочей силы сохраняется на уровне, необходимом для работы с минимальной за-

грузкой, а для увеличенной нагрузки применяются сверхурочные работы и помощь вспомогательных сотрудников.

Если спрос длительное время остается высоким, можно нанять временных рабочих или использовать субподрядчиков. В этом случае усовершенствованные и упрощенные действия позволяют новым работникам включиться в работу в течение 3 дней. При обычном выполнении операций также есть некоторый запас для увеличения скорости работы производственного оборудования. Когда нагрузка растет, число станков, обслуживаемых одним оператором, сокращается, и скорость их работы увеличивается для повышения дневной выработки.

Сокращения нагрузки создают более серьезные проблемы. В этом случае возможны следующие контрмеры:

- сокращение количества работников пропорционально нагрузке;
- увеличение числа станков, обслуживаемых одним рабочим;
- снятие лишних рабочих с линии для выполнения таких задач, как неплановое обслуживание станков, работа по снижению времени переналадки, изготовление приспособлений, инструментов и других устройств в рамках проектов улучшений;
- если некоторых рабочих все же не удается чем-либо занять, лучше пусть простаивают.

В будущем для решения этих проблем, без сомнения, будут разработаны улучшенные методы. Самый эффективный путь — применение предавтоматизации. Наиболее результативное использование труда рабочих предполагает, с одной стороны, увеличение часов ненаблюдаемой работы оборудования при возрастании нагрузок и, с другой стороны, их сокращение при уменьшении нагрузок.

Вовлечение поставщиков

Поскольку автомобильная промышленность — разносторонняя интегрированная отрасль, опирающаяся на поставщиков, существует предел улучшениям, которого можно достичь только рационализацией родительского завода.

В будущем станет более привычным помогать поставщикам в улучшении их собственных производственных систем. Нужно приложить усилия, чтобы распространить производственную систему Тойоты на всю группу предприятий компании Toyota, так чтобы родительская компания и ее поставщики смогли развиваться как интегрированное целое.

Глава 11

ВНЕДРЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ

В данной главе обсуждается внедрение производственной системы Тойоты на американских производственных предприятиях, особенно на тех предприятиях, где работают читатели этой книги. Глава отвечает на два вопроса.

Первый: «Что следует учитывать при внедрении производственной системы Тойоты в обычной компании?»

Второй: «Какие элементы производственной системы Тойоты необходимо адаптировать при перенесении в вашу компанию?»

При ответе на эти вопросы в данной главе сначала повторяются базовые принципы производственной системы Тойоты, а затем даются конкретные рекомендации и комментарии по ее внедрению.

Я считаю, что было бы ошибкой имитировать внешние свойства производственной системы Тойоты. Систему нельзя правильно применить без всестороннего понимания ее принципов. Кроме того, важно начинать внедрение только после ясного осознания, как вписываются отдельные методы в общую картину производства. Эти предостережения в равной степени относятся и к системе канбан.

Если внедрять производственную систему Тойоты и систему канбан без учета основных принципов, результаты не только не совпадут с ожидаемыми, но также возникнут побочные нежелательные эффекты.

Стадия подготовки

Основной тон в менеджменте производственной системы Тойоты задает не традиционный принцип затрат, а принцип вычитания затрат. Этот принцип базируется на том, что конечную цену устанавливает *потребитель* и что у компании не будет прибыли, если она не снизит затраты путем устранения потерь. Полное устранение потерь требует радикальных перемен в привычном производственном мышлении.

В стремлении к этой цели производственная система Тойоты отказывается от традиционного производства крупными партиями на основе прогнозов в пользу производства малыми партиями, основанного на заказах. Более того, она требует безоговорочного соблюдения принципов беззапасного производства.

Поэтому принятие производственной системы Тойоты невозможно без подлинной революции в производственном мышлении. Каждый работник, от высшего руководителя до рабочего цеха, должен ясно понимать следующие вопросы, касающиеся как *процессор* так и *операций*:

Процесс

Производственная система Тойоты настаивает на устранении запасов, т.е. потерь от перепроизводства. В прошлом запас считался полезным для смягчения последствий нестабильности производства. Важно понимать, что производственная система Тойоты принципиально нацелена на планируемое перепроизводство (слишком быстрое изготовление товаров) вместо количественного перепроизводства (изготовление излишнего количества товаров).

Революционность производственной системы Тойоты заключается в том, что здесь тщательно анализируется все многообразие причин, обуславливающих необходимость запасов. Ранее отказы станков и дефекты продукции вели к неопределенности и нестабильности производственного процесса. Борясь с возникновением этих явлений, производственная система Тойоты в первую очередь устраняет их основные причины. Вот некоторые примеры:

- Когда цикл производства P больше периода заказ — поставка D производственная система Тойоты старается резко сократить P , связывая процессы с помощью выравнивания, синхронизации и создания потоков единичных изделий.
- Принятие системы SMED сделало возможным резкое уменьшение времени переналадки, применение производства малыми партиями и быстрое реагирование на изменения в заказах.

Операции

Стремясь к общему снижению затрат, производственная система Тойоты проводит всесторонние сокращения рабочей силы, что само по себе поддерживает стремление к автоматизации. Она добивается этой цели без обычного в таком случае повышения скорости работы станков. Пока решается задача снижения затрат на труд, низкие скорости работы оправданы. Без этой стратегии невозможно перейти к обслуживанию нескольких станков (многостаночному и многопроцессному).

Что касается поломок и дефектов, то необходима разработка фундаментальных мер, предотвращающих их повторение. Невозможно использовать производственную систему Тойоты без твердой решимости высшего руководства останавливать производственные линии при необходимости.

В прошлом запасы использовались как буфер для предотвращения задержек, но производственная система Тойоты отказывается мириться с запасами на любых основаниях и называет их потерями от перепроизводства.

Это был общий обзор производственной системы Тойоты; ее частные особенности детально рассмотрены в других разделах данной книги. Серьезному читателю можно порекомендовать еще 3 другие книги:

1. Тайити Оно. Производственная система Тойоты: Уходя от массового производства, 2-е изд. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006. (Taiichi Ohno. *Toyota Production System*, MA: Productivity Press, 1988).
2. Сигео Синго. Фундаментальный подход к менеджменту предприятия. (Shigeo Shingo. *A Fundamentals-Oriented Approach to Plant Management*).
3. Тайити Оно. Менеджмент рабочего места. (Taiichi Ohno. *Workplace Management*, Cambridge, MA: Productivity Press, 1988).

Перед тем как применять принципы производственной системы Тойоты в вашей компании, было бы полезно посетить завод, уже внедривший эту систему.

Совершенствование производственной системы

Кроме признания методов производственной системы Тойоты важно понимание концепций, лежащих в их основе. Если такого понимания нет, неизбежны ошибки в применении.

Система буферного запаса

Цель производственной системы Тойоты — создание беззапасной системы, т.е. системы, исключающей потери от перепроизводства. Однако в реальных условиях работы запас часто играет роль буфера и защищает от нестабильности производства в случае отказов станков, появления дефектной продукции, изменений графиков поставки и других неполадок. Поэтому резкий переход к беззапасному производству (исключению запасов) привел бы к большим проблемам в цехе. Часть их порождалась бы реальными нарушениями производства, но усиливались бы они непониманием происходящего у мастеров и рабочих.

Итак, было бы разумно на первых стадиях перехода к производственной системе Тойоты использовать то, что я называю *системой буферного запаса*:

1. Назовите имеющийся запас «буферным» и изолируйте его.
2. Не полагаясь на этот запас, сделайте пробу, при которой каждый день нужные детали от процессов или поставщиков поставляются малыми партиями прямо на линию сборки.
3. «Займите» изделия из буферного запаса только в том случае, если возникают дефекты или ломается оборудование.
4. Восполняйте «зайствованные» количества на следующий день.

При таком подходе вы узнаете точно, какой буферный запас нужен при существующем уровне управления. Кроме того, вы будете чувствовать себя в безопасности, зная, что имеющийся буфер сохранит вас от непредвиденных проблем.

Ранее мы приводили случай с компанией Asahi National Electric, которая использовала систему буферного двухмесячного запаса при производстве систем омыwania стекол. Вот некоторые результаты этого эксперимента:

- из 60 деталей, входящих в систему омыwania, 24 детали (40 %) не требовали замены; поэтому их запас был устрaнен;

- для остальных 36 деталей в среднем пришлось поддерживать не более трети запаса;
- одна из этих деталей была повреждена из-за ошибок при сборке зеркала, и дважды пришлось остановить линию из-за того, что нужные детали не были своевременно поданы на линию.

Наблюдение обнаружило неожиданное возрастание частоты поломок. Причина заключалась в том, что на операции отсутствовал опытный рабочий и его заменял менее опытный сотрудник. Внимательное изучение ситуации привело к разработке нового кулачкового устройства, что облегчило правильное вставление зеркал в рамки даже для неопытного рабочего. Это полностью устранило поломку зеркал.

Как свидетельствует приведенный случай, снижение запасов до минимального уровня способствует улучшениям, так как выявляет проблемы, ранее скрытые в тени запасов.

Этот пример показывает, что при использовании системы буферного запаса могут стать необходимыми остановки линии сборки. Эта система может работать только в том случае, если высшее руководство с самого начала согласится с тем, что остановки линии допустимы. После двух месяцев эксперимента мастера и рабочие стали лучше понимать, какой размер запаса реально требуется при данном уровне управления. Они успокоились и не возражали против поддержания такого запаса, который действительно нужен. Система буферного запаса — идеальный промежуточный этап при переходе к производственной системе Тойоты. Переход можно осуществить легко и гладко, избежав нежелательных побочных эффектов.

К переналадкам с системой SMED

Производственная система Тойоты нацелена на производство, основанное на заказах, но без SMED невозможно быстро реагировать на изменения в заказах. Конечно, никакой переход к производственной системе Тойоты невозможен без резкого снижения времени переналадки.

Более того, система подчеркивает важность устранения потерь из-за перепроизводства, поэтому производство малыми партиями — крайне важная стратегия, ведущая к устранению запасов готовой продукции. В свою очередь эта стратегия требует принятия системы SMED, которая должна обеспечивать переналадку в одно касание и без такового.

Именно поэтому полезно посетить завод, который успешно внедрил данную систему. Первый шаг, первая существенная предпосылка — поверить в эффективность системы SMED для сокращения времени переналадки. Если вы скажете обычному рабочему в цехе, что двухчасовую установку штампа можно выполнять, например, за 6 минут, в 99 случаях из 100 вам не поверят; и даже тот один человек, кто поверит, подумает, что такое радикальное улучшение потребует более совершенного оборудования или повысит затраты.

Когда рабочие видят реальную переналадку со SMED и изучают оборудование, они поражаются, что столь потрясающий эффект дают такие простые меры. Понимание приходит мгновенно, а мышление радикально перестраивается.

После подобной демонстрации вы можете начать с внедрения SMED на двух штампах на собственном заводе и убедить остальных рабочих, показав им улучшенную переналадку.

Сокращение цикла производства

Поскольку производственная система Тойоты ориентирована на достижение беззапасного и основанного на заказах производства, существенная роль отводится способности быстро выполнять заказы на поставку. Это требует резкого сокращения производственного цикла. Здесь можно использовать несколько подходов:

- выполнять производство малыми партиями;
- применять выравнивание, синхронизацию и потоки единичных изделий для каждого процесса, включая сборку, механическую обработку, прессование, ковку и литье;
- связать все заводы в систему общих интегрированных поточных операций.

Начало интегрированного поточного производства

До недавнего времени большинство людей считали, что поточные операции возможны только на линиях сборки, но этот подход одинаково применим и к процессам обработки, прессования, и к другим процессам. Для его использования необходимо выполнить несколько простых мер:

- выровнять и синхронизировать последовательные процессы;

- поскольку поток единичных изделий повышает частоту транспортировки улучшить размещение и, в случае необходимости, поставить конвейеры или другие дополнительные транспортные средства.

Улучшение размещения дает три основных преимущества:

- снижение затрат на межпроцессную транспортировку;
- устранение межпроцессных задержек и снижение трудовых затрат при работе с этими задержками;
- снижение запасов готовой продукции.

Итак, совершенствование размещения — фундаментальная предпосылка введения *потока*, столь важного для производственной системы Тойоты. Именно на основе выравнивания, синхронизации и производственного потока единичных изделий должны выполняться операции.

На этой стадии очень полезно объединить общие и подобные процессы, применив «закон определения размещения станков на основе коэффициента сложности транспортирования», объясненный в моей книге «Методы совершенствования размещения станков» (*Technique of Machine Layout Improvement*, 1965).

Применение системы «нагара» как строительного блока

Как отмечалось выше в данной главе, попытка достичь производства с интегрированным потоком вызывает трудности на многих заводах. У среднего завода наибольший шанс успешного его внедрения — применить систему «нагара» для основного продукта. Следует начать с изменения традиционного разделения труда между заводами и затем выстроить сборочные процессы согласно протеканию процессов обработки для отдельных деталей. Например, можно интегрировать поток операций от механообработки к окраске и к сборке узлов.

Применение такого пошагового подхода постепенно приведет к широкому развитию операций интегрированного потока. Вероятность успеха данного подхода очень высока.

Целесообразность этого подхода заключается еще и в том, что он помогает разрушить определенные стереотипы: традиционное размещение производств заставляет людей думать, что окраску следует проводить в окрасочных цехах, а прессование — в прессовых. Когда

этот концептуальный барьер преодолен, линия может представлять реальную последовательность процессов изготовления продукта. Хотя долгое время это было белым пятном в производственном менеджменте, пересмотр старых предположений произведет настоящий переворот в мышлении, облегчит открытие и внедрение новых мощных идей.

К совершенному интегрированному поточному производству

На сегодняшний день существует немного компаний, где попытались объединить операции в общий интегрированный поток, охватывающий все заводы в единую последовательную производственную систему. Пример усилий в этом направлении — связь цеха механообработки и сборочного завода с использованием выравнивания, синхронизации и потока единичных изделий.

Такой вид организации производства с совершенным интегрированным потоком позволил бы резко сократить цикл производства и создать очень благоприятные условия для осуществления производства, основанного на заказах. В то же время это позволило бы существенно повысить производительность, сократив трудовые затраты по транспортировке и хранению. Как отмечалось выше, главная предпосылка для этого — улучшение размещения производства.

К сегментированной производственной системе

Ежемесячное планирование производства на большинстве заводов часто вызывает неразбериху в цехах, поскольку неожиданное увеличение спроса приходится удовлетворять либо в следующем месяце, либо прибегая к сверхурочной работе.

Поэтому ежемесячно нужно определять только планы по избыточным возможностям и материалам, а планы производства следует устанавливать на недельный или 10-дневный срок. Таким образом, можно переходить на сегментированное производство, где месячный объем, например, в 30 000 автомобилей производится по 10 000 единиц каждые 10 дней.

Этот подход устраняет основную часть путаницы в цехах. Сверхурочной напряженной работы не потребуется, поскольку возника-

ющие изменения спроса удовлетворяются расширением производства в следующий 10-дневный период.

Конечно, сегментированный подход более тесно связывает производство со спросом. Поскольку производство начинается в следующий 10-дневный период, запасы можно значительно снизить, так как запасы готовой продукции как буфер против неожиданных колебаний спроса больше не нужны.

Выравнивание и система смешанного производства

У производственной системы Тойоты есть сильные аргументы в пользу выравнивания. Оно имеет две цели:

- предоставлять предыдущим процессам сбалансированные нагрузки;
- снижать запасы готовой продукции.

Ранее для подготовки сбалансированных нагрузок предыдущим процессам применялось выражение «регулирование нагрузки», так что сама идея не нова. Большим прорывом в традиционном мышлении было объединение этой идеи с производством малыми партиями и совмещение регулирования нагрузки с понятием «безопасности» за счет смешанного производства.

При смешанном производстве параллельно изготавливаются разные виды изделий. Это часто приводит к существенному снижению запасов готовой продукции. Значительное улучшение также достигается от сокращения потерь при переналадках.

С другой стороны, при смешанном производстве заметно возрастает частота переналадок. Поэтому крайне важно применение устройств переналадки в одно касание или без касания. Последовательная сборка нескольких изделий также делает необходимым применение устройств пока-ёкэ для исключения дефектов (пропуска деталей или установки бракованных деталей).

Опыт показывает, что со смешанным производством, несмотря на различные трудности, серьезных проблем возникает мало. Процесс внедрения проще, чем кажется, а результаты весьма впечатляющие. Права старая поговорка — не нужно бояться ничего, кроме самого страха.

Надеюсь, многие компании подхватят идею смешанного производства.

К многостаночному обслуживанию

Обслуживание нескольких станков одним рабочим — важный элемент производственной системы Тойоты.

Как мы уже видели, существует два типа таких операций: многостаночное и многопроцессное обслуживание. С точки зрения внедрения каждый из них имеет ряд преимуществ.

Многостаночное обслуживание. При таком типе обслуживания между однотипными станками А и Б нет процессной связи. Это дает два преимущества:

- повышается результативность работы, так как станки работают автоматически; когда станок А производит обработку в автоматическом режиме, рабочий может отойти от него и устанавливать заготовки на станок Б и наоборот;
- упрощается процесс запуска станка, поскольку рабочий не должен одной рукой нажимать кнопку пуска; станки можно включать дистанционно одним нажатием кнопки.

Этот подход повышает производительность рабочего на 30-50 %.

При многостаночном обслуживании число станков, обслуживаемых одним рабочим, зависит от того, сколько времени занимают автоматическая обработка, установка / снятие деталей и нажатие кнопок. Станки должны останавливаться после завершения обработки автоматически.

Многопроцессное обслуживание. В данном случае станки А и Б связаны последовательностью операций. Это устраняет необходимость временного хранения заготовок, характерного для многостаночного обслуживания. Рабочий одной рукой снимает деталь со станка А, а другой рукой вставляет необработанную заготовку в зажимное приспособление станка А. Затем он включает станок Б, нажав кнопку, расположенную возле станка А. Наконец, одной рукой он снимает обработанную деталь со станка Б, а другой — вставляет изделие, обработанное на станке А в зажимное приспособление станка Б, после чего включает станок Б кнопкой, расположенной возле станка А.

При многопроцессном обслуживании производительность рабочего обычно повышается на 50-100 %.

При многопроцессном подходе иногда имеет смысл изменять последовательность процессов в момент, когда дело доходит до последнего процесса. В этом случае последовательность А — Б — В незамедлительно менялась бы на В — Б — А.

Еще одним преимуществом многопроцессного обслуживания является способность поглощать дисбаланс линии, который возникает, если время обработки детали на соседних процессах различается. Наконец, оно упрощает работу в условиях колебания спроса: все, что нужно делать, — это увеличивать или уменьшать количество станков, обслуживаемых одним рабочим.

Существует два основных аргумента за проведение операций обслуживания нескольких станков:

- в то время как физический и моральный износ обесценивает станок, рабочим всегда нужно платить зарплату, причем со временем повышать ее;
- затраты на человека в единицу времени в среднем в 5 раз выше, чем на станок.

Из этого следует, что высшим приоритетом является устранение простоев рабочих, даже за счет снижения загрузки станков. До недавнего времени операции обслуживания нескольких станков вообще не рассматривались, поскольку изготовители ориентировались исключительно на высокую загрузку станков. Теперь и здесь определяющим должен стать приоритет снижения затрат.

К предавтоматизации

Предавтоматизация или автономизация имеет место, когда станкам передаются функции человеческого интеллекта в дополнение к функциям рук. Ее можно назвать систематизированной формой такой передачи. Предавтоматизация существенно снижает трудовые затраты. Причина заключается в том, что при нормальных условиях у оператора нет необходимости стоять у станка. Присутствие рабочего требуется лишь в одном случае — если станок сигнализирует об отклонениях от нормы. Частоту отклонений можно снизить, а их воздействие смягчить, если быстро реагировать на каждое отклонение, анализировать его и принимать корректирующие действия. В долгосрочной перспективе такой подход снижает трудовые затраты.

Заводы могут быстро реагировать на колебания нагрузки путем увеличения или сокращения периода ненаблюдаемой работы станков. Это особенно важно, когда нагрузка уменьшается, так как остановка станков ведет к незначительным потерям.

Вызов «нуль дефектов»

Дефекты — сами по себе потери, но они генерируют и другие потери. Поэтому при внедрении производственной системы Тойоты мы должны ставить себе высокую планку — достижение «нуля дефектов». Этого результата позволяют добиться следующие усилия:

Контроль. Фокус контроля должен быть перенесен с *обнаружения* к *предупреждению* дефектов. Это требует ухода от выборочного и перехода к сплошному контролю — эффективному способу обеспечения качества.

Управление качеством. Методы управления качеством должны базироваться на вышеуказанном подходе, включая такие методы, как контроль источника, самоконтроль и последующие проверки.

Устройства пока-ёкэ. Разрабатывайте и устанавливайте такие устройства, как практические средства, обеспечивающие выполнение вышеперечисленных условий.

К системе канбан

Как подчеркивалось выше, система канбан представляет собой лишь средство для практического внедрения производственной системы Тойоты, поэтому всесторонней рационализации производства нельзя достичь применением только этой системы. Полное внедрение производственной системы Тойоты, безусловно, должно включать систему канбан. Но правильная последовательность действий подразумевает вначале проведение всестороннего улучшения самой производственной системы. Внедрение системы канбан пройдет гладко и естественно, если акцент сделан на устранении потерь от перепроизводства и переходе к производству, основанному на заказах.

Канбан можно использовать для идентификации, создания рабочих инструкций и транспортных этикеток при изготовлении штучных изделий, но как целостная система он применим только в условиях повторяющегося производства.

При постепенном снижении количества канбанов можно ожидать следующих выгод:

- проясняется предел снижения запаса при существующем уровне управления;
- дальнейшее снижение числа канбанов высвечивает узкие места процессов, которые затем можно улучшать;
- запасы сдерживаются фиксированным числом канбанов.

Компания Sailor Pen создала систему производства, основанного на заказах. Запасы на заводе снижены до % предыдущего уровня, а запасы торгового дома — до X. Канбан сопровождает каждую коробку, отгружаемую с завода в торговый дом. Он возвращается на завод, когда соответствующая коробка отправлена оптовикам и завод производит только то, что уже продано.

Через полгода после внедрения этой системы компания достигла сокращения общих запасов на 60 %. Запасы торгового дома могли бы сокращаться и далее, поскольку теперь завод был способен удовлетворять даже неожиданные заказы.

Главным фактором успеха системы канбан оказалось то, что на заводе уже были достигнуты значительные улучшения за счет внедрения системы SMED и уменьшен цикл производства с помощью выстраивания потоков единичных изделий.

Конечно, можно внедрить систему канбан и без внедрения системы SMED — при помощи увеличения числа канбанов. Однако в этом случае следует ожидать лишь «вялых» результатов.

График внедрения производственной системы Тойоты

Процедуры внедрения производственной системы Тойоты и системы канбан показаны на рис. 39. Приведенный план соответствует обычному предприятию. Время выполнения отдельных этапов можно регулировать (пунктирные линии) в соответствии с существующими уровнями управления и возможностями конкретного предприятия. Внедрение систем может начаться с середины плана в том случае, если некоторые улучшения уже выполнены.

В общем случае, я думаю, порядок внедрения, приведенный на рис. 39, вполне приемлем в качестве исходного плана.

Для производственной системы Тойоты потребовалось 20 лет, чтобы достичь сегодняшнего положения*. Очевидно, предприятиям, осваивающим систему, для этого понадобится меньше времени. Главное условие — осознание высшим руководством необходимости преобразований и стремление довести начинаемые преобразования до конца. Но важнее всего обеспечить понимание и добиться согласия каждого работника на предприятии, особенно рабочих в производственных цехах. Именно это — ключевой фактор, который определит конечный успех или провал всего дела.

Оригинальное издание книги вышло в 1979 г. — *Прим. ред.*

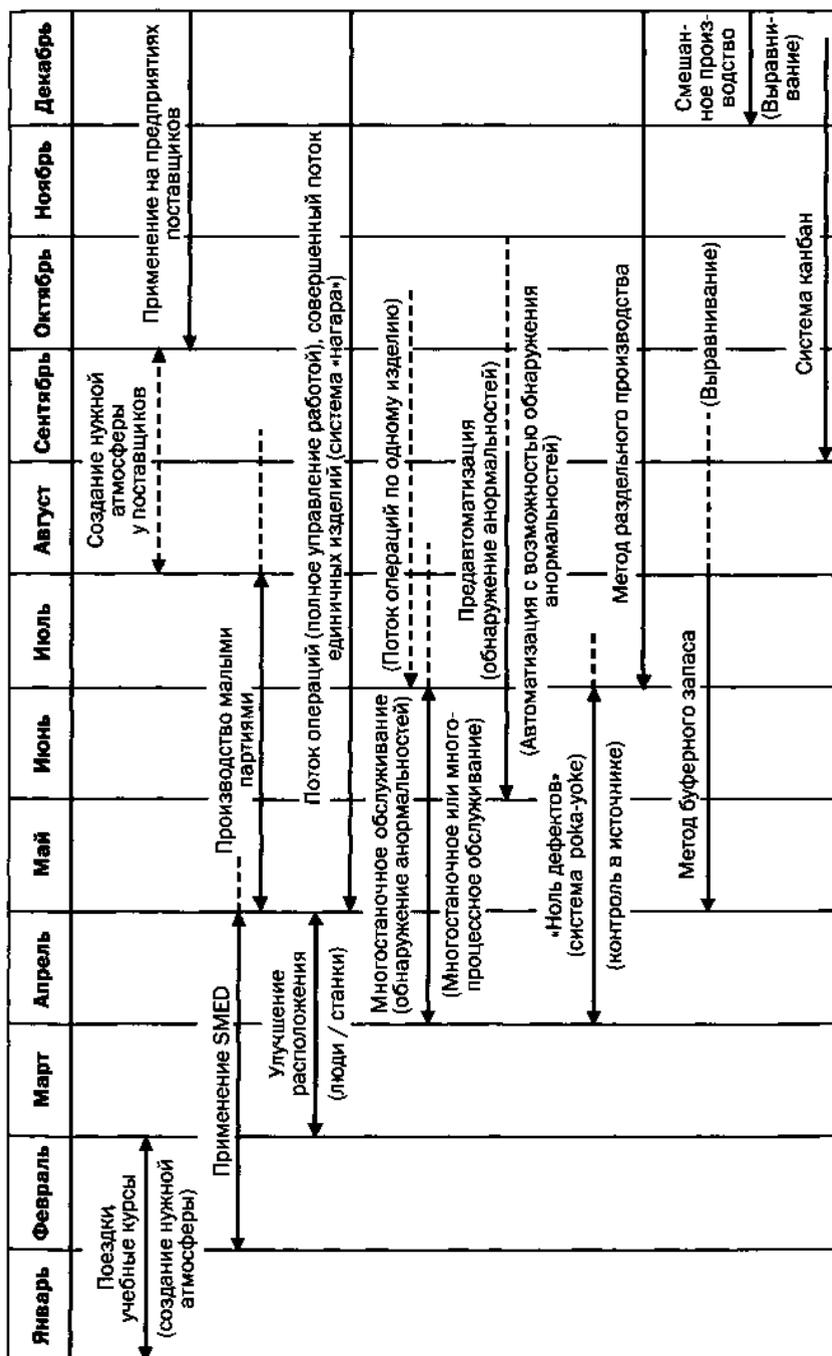


Рис. 39. План внедрения производственной системы Тойоты.

Глава 12

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТОЙОТЫ

Производственная система Тойоты на пути к существующему состоянию прошла через огромное число ошибок и преодолела немало трудностей. В данной главе обобщаются основные принципы, на которых построена данная система. Здесь представлены философские, методологические и общие аспекты перспективы этого революционного подхода к современному производству с точки зрения его развития.

1. Принцип вычитания затрат

Концепция, являющаяся основой производственного менеджмента, базируется на принципе вычитания затрат. Вместо использования традиционной формулы для расчета цены

$$\text{Затраты} + \text{Прибыль} = \text{Цена}$$

производители должны использовать рыночную цену для определения получаемой прибыли по новой формуле:

$$\text{Цена} - \text{Затраты} = \text{Прибыль}.$$

При таком подходе единственный способ повышения прибыли — снижение затрат. В свою очередь единственный метод снижения затрат — всестороннее устранение потерь. На этом базируются остальные принципы.

2. Безопасность: краеугольный камень устранения потерь

Какие потери следует устранять? В производственном менеджменте долгое время запасы были неприкасаемыми и считались «необходимым злом». Исследования показали: «зло» заключается в том,

что поддержание запасов фактически является очень расточительным. Это привело к решению об устранении запасов и разработке концепции «точно вовремя». Ликвидация потерь, обусловленных перепроизводством, стала возможной.

Также были проанализированы потери от несвоевременного производства. В прошлом системы производства крупными партиями создавали огромные запасы готовой продукции. Сомнения в обоснованности такого подхода привели к развитию производства, основанного на заказах, как более эффективному способу реагирования на изменения спроса.

Для производства, основанного на заказах, потребовались две очевидные вещи: производство малыми партиями и существенное сокращение производственных циклов.

3. К потокам операций

Организация производства, основанного на заказах, позволила найти решения многих проблем. Первая из них — организация потоков операций. Когда производственный поток внедрили на линии сборки, последовал другой вопрос: почему бы ни применить этот подход и к предшествующим процессам?

С тех пор концепция поточного производства была успешно применена к механической обработке, прессованию и другим процессам. После этого стало ясно, что выполнение операций в потоке может стать более результативным, если предшествующие процессы непосредственно связать с линией сборки, т.е. создать систему совершенного интегрированного поточного производства.

4. Уменьшение времени переналадки

Как отмечалось выше, производство, основанное на заказах — это производство большого количества видов товаров в небольших количествах (малыми партиями). Сокращение времени переналадки — необходимое условие производства по заказам.

В ответ на такую потребность я предложил систему SMED, и ее принятие привело к значительному продвижению вперед.

5. Устранение поломок и дефектов

Нестабильность производства (как результат поломок или выпуска дефектной продукции) порождает необходимость формирования запасов. В беззапасной системе производству устранению этих факторов придается особое значение. Должна осуществляться твердая политика: при возникновении аномальной ситуации станок или линия останавливаются. В качестве формы визуального управления используется система «андон» для того, чтобы информация о нарушениях нормального хода работы передавалась быстро, в легкой и доступной форме.

6. Введение выравнивания и беззапасного производства

В беззапасном производстве акцент на устранении запасов приводит к тому, что колебания спроса незамедлительно отражаются на загрузке участков, поэтому ожидания и увеличение времени операций становятся более частыми. Бытует мнение о невозможности исключить запасы из-за невозможности компенсировать изменения нагрузки без них. Тем не менее это кажущееся противоречие можно устранить, используя выравнивание и смешанное производство.

7. К совершенному интегрированному поточному производству

Совершенное интегрированное поточное производство достигается в результате дальнейшего развития поточных операций (см. выше п. 3). Так преодолеваются традиционные барьеры, создаваемые разделением труда по заводам и цехам.

Система «нагара» стала новаторским экспериментом в этой области, который, я полагаю, получит дальнейшее развитие и признание.

8. Снижение затрат на труд: второй краеугольный камень устранения потерь

Снижение затрат на труд — следующий ориентир в борьбе за устранение потерь. Оно было достигнуто в три приема:

- улучшение движений рабочих;
- объединение сопутствующих действий;
- передача движений от людей к станкам.

На основе убеждения, что для реального снижения затрат необходимо минимизировать рабочую силу, а не увеличивать экономию труда, были приняты меры по устранению «изолированных островков». Кроме того, переход от ручной обработки к машинной не делает станки полностью независимыми от человека до тех пор, пока они не смогут отключаться автоматически после окончания обработки. Создание устройств автоматического отключения позволило перейти к обслуживанию нескольких станков. Необходимость многостаночного и многопроцессного обслуживания обусловлена тем, что потери от простоя рабочих намного выше, чем от простоя станков.

9. От механизации к автономизации

Следующим шагом был перевод функций установки/снятия заготовок и включения/выключения оборудования от человека к станкам. Однако даже после этого рабочие стояли около станков, поскольку механизации оборудования — станкам передавалась работа человеческих рук — было недостаточно. Нужна была передача станкам еще и умственных функций человека, названная «автономизацией». В этом случае станки оборудуются устройствами, которые не только обнаруживают аномальные ситуации, но и отключают станки при возникновении любой проблемы. Такая систематизированная форма автономизации называется «предавтоматизацией».

10. Поддержание и развитие стандартных операций

Постепенно операции совершенствовались, и на каждом этапе были определены стандартные операции. Для поддержания уровня операций проводилась проверка отклонений от каждого отдельного стандарта. В это же время стандартные операции оформили в «листки стандартных операций», для того чтобы ими можно было пользоваться. Этот шаг облегчил процесс постоянного совершенствования и ускорил продвижение вперед.

11. К системе канбан

Постепенно базовая производственная система приняла форму, описанную выше. Изобретение системы канбан не было связано с необходимостью поддержания процесса совершенствования производственной системы. Система канбан стала эффективным средством, которое обеспечивает функционирование производственной системы как единого целого.

Канбан — это система упрощенного (но не примитивного) визуального управления на уровне цеха, позволяющая быстро реагировать на изменения в производстве. Дополнительно она позволила проводить дальнейшие улучшения, поскольку ограничение числа циркулирующих канбанов помогает выявить проблемные области.

Важное свойство системы канбан — постепенное повышение точности производственной системы, так как регулирование числа канбанов стабилизирует и само функционирование производственной системы. По аналогии, если пластину совместить с плоской поверхностью, недавно покрытой красной краской, на выступах пластины останется краска. Эти окрасившиеся выступы можно удалить, и пластина станет более ровной. Повторение этой процедуры позволит постепенно все более и более выравнивать поверхность пластины.

Это объясняет, почему внедрение производственной системы Тойоты может быть эффективным только тогда, когда есть четкое понимание процесса развития производственной системы и ее связь с системой канбан.

Выводы

Производственная система Тойоты имеет следующие главные особенности:

- Концепция, являющаяся основой производственного менеджмента, базируется на принципе вычитания затрат. Выживание компании зависит от снижения затрат. Это требует всестороннего исключения потерь.
- Предельной реакцией на спрос является производство на заказ. Для этого нужно отказаться от производства крупными партиями. Требования производства на заказ (высокая диверсификация, производство малыми партиями, быстрая поставка и учет изменений спроса) можно удовлетворить только при абсолютном устранении потерь от перепроизводства.

- Производственная система Тойоты бросает вызов затратам на труд и признает преимущества использования станков, работа которых не будет зависеть от рабочих. В производственной системе Тойоты снижение затрат на труд является постоянной задачей, символизируемой лозунгом «минимальная рабочая сила».
- Система канбан, сопровождающая создание революционной производственной системы Тойоты, представляет собой мощный, простой и в высшей степени гибкий способ управления. Эти две системы имеют синергическое воздействие.
- Компания Toyota преобразовала традиционно пассивную производственную систему, изучив обычное производство вглубь и проанализировав обычно принимаемые положения. В результате она создала абсолютно оригинальную систему, основанную на новых принципах.

На рис. 40 показаны основополагающие компоненты производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства. Вид и взаимосвязи этих компонентов отличаются от изложенного Тайити Оно в книге «Производственная система Тойоты: Уход от массового производства» (рис. 41).

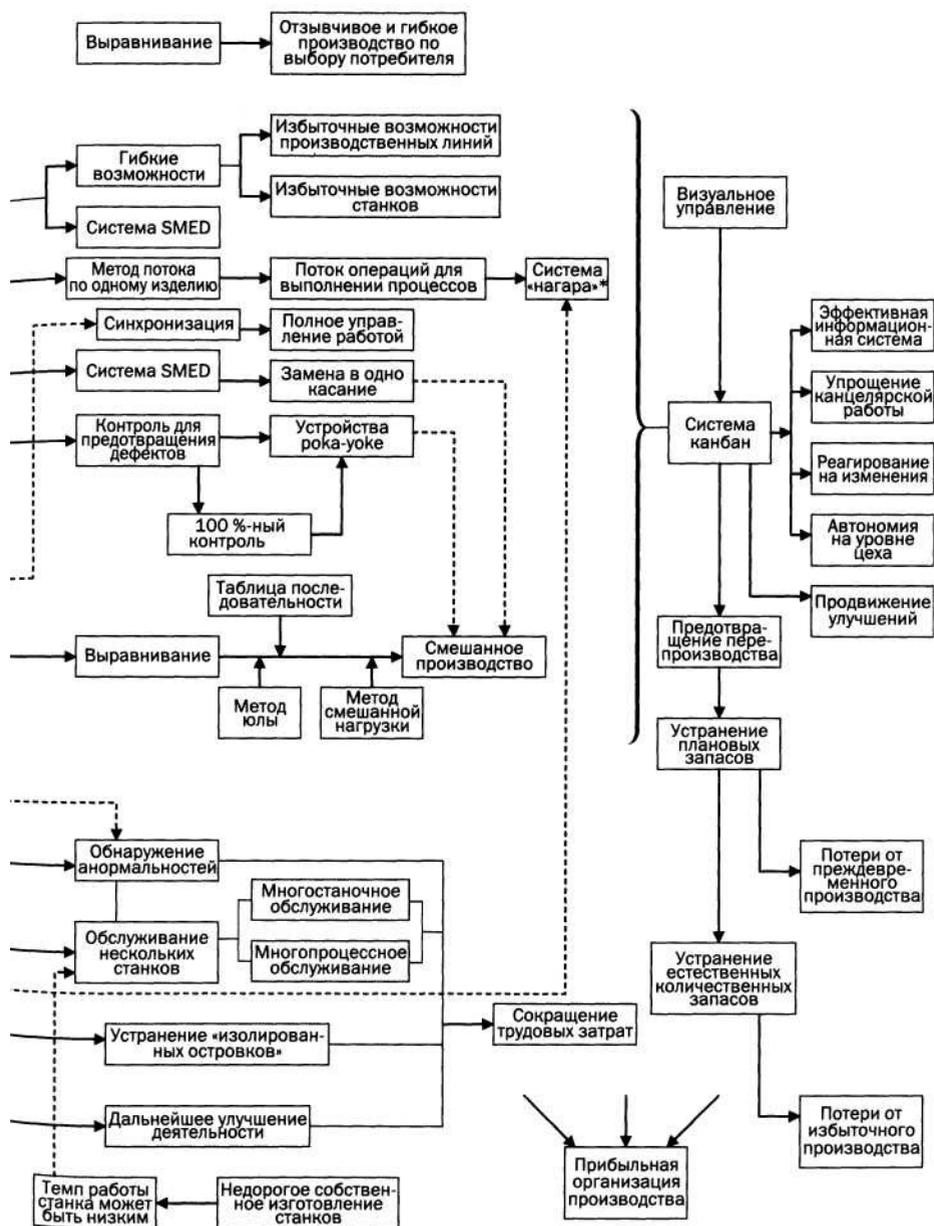


Рис. 40. Метод производства Toyota с точки зрения организации производства.

1945

СИСТЕМА «ТОЧНО ВОВРЕМЯ» (JUST-IN-TIME)

1949 ▶

Устранение промежуточных складов

1958 ▶

Ликвидированы складские бланки изъятия продукции

1950 ▶

Синхронизация работы станков и сборочных линий

1955 ▶

Объединение заводов сборки узлов и автомобилей

1948 ▶

Изъятие продукции с предыдущих процессов («обратная» транспортировка)

1953 ▶

Система супермаркета в цехах механообработки

1955 ▶

Введение системы требуемого объема поставки деталей

ИСТОРИЯ

ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ

СИСТЕМЫ

ТОЙОТЫ

1953 ▶

Система запроса в цехах механообработки

1955 ▶

Система водоворота (юлы) (небольшие поставки / смешанная транспортировка)

1945–1955 ▶

Переналадка (2–3 часа)

1957 ▶

Введение процедурной карты (система «андон»)

1947 ▶

Обслуживание 2 станков (параллельное или L-образное размещение)

1949–1950 ▶

Обслуживание 3–4 станков (подковообразное или прямоугольное размещение)

Начало разделения работы станка и человека

1950 ▶

Принята визуальное управление, система «андон» при сборке двигателей

1955 ▶

Принята производственная система для главной сборочной линии («андон», остановка линии, смешанная загрузка) (автоматизация → автономизация)

1953 ▶ В Ы Р

АВТОНОМИЗАЦИЯ

1945

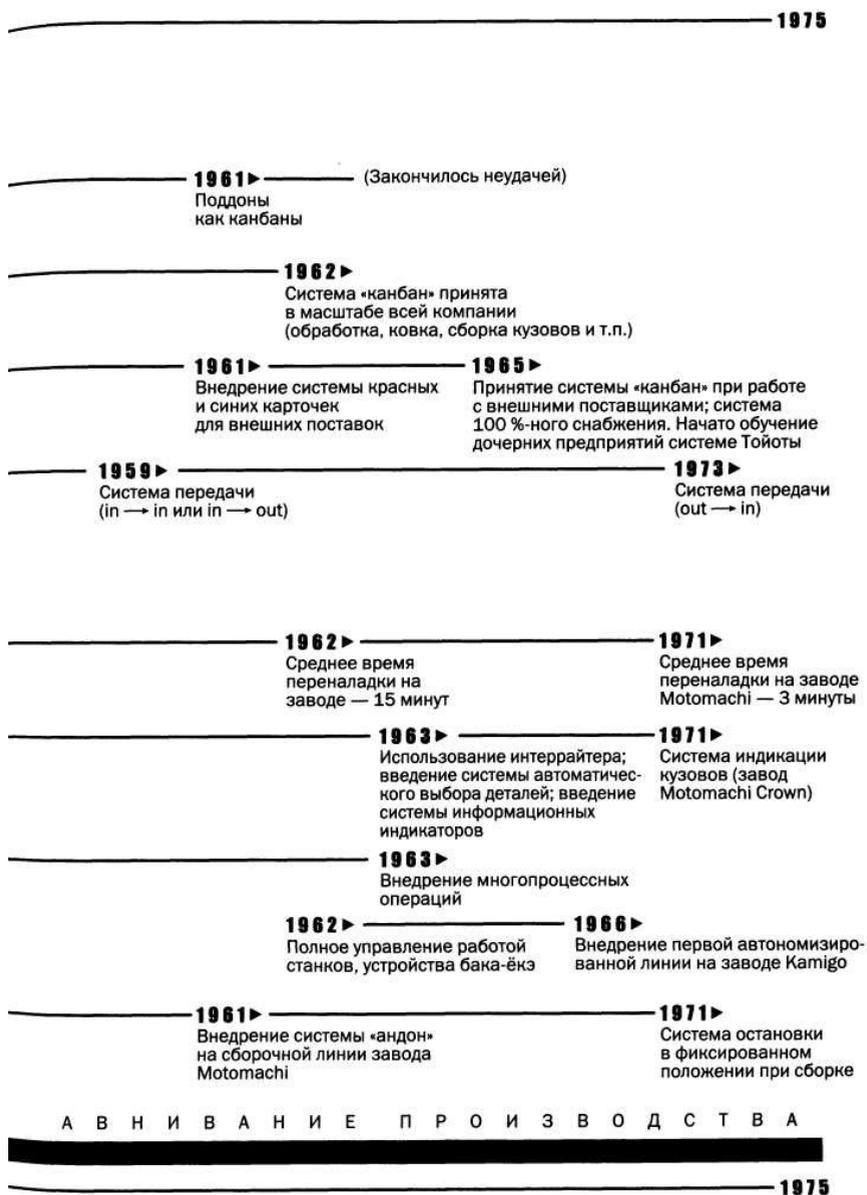


Рис. 41. История производственной системы Тойоты.

Послесловие

В диалектике вы начинаете с утверждения, называемого *тезисом*. Ему противостоит *антитезис*. В бытовом мышлении антагонизм между тезисом и антитезисом обычно разрешается компромиссом.

Однако философия позволяет решить проблему оппозиции иначе. Через *снятие* (по терминологии Гегеля) достигается *синтез* более высокого порядка. Оппозиция исчезает, и обе стороны удовлетворены. Этот метод рассуждения называется диалектическим.

Давайте используем диалектику, рассуждая о производственной системе Тойоты. Предположим, например, что наш тезис, выраженный в форме желания, таков: для снижения запасов осуществлять поставки 4 раза в день. Тут же возникает антитезис — более частые поставки снизят эффективность загрузки трейлеров. Обсуждение в рамках высказанных предположений приведет только к обострению противоречий и оппозиции, никакого разумного заключения не возникнет.

В подобной ситуации обсуждение в лучшем случае закончится некоторыми половинчатыми мерами, возможно, компромиссом — учитывая мнения обеих сторон, осуществлять поставки дважды в день.

Однако, подходя диалектически, преимущества обоих предложений можно объединить в синтезе, достигаемом за счет «снятия» противоречий обоих утверждений. Например, трейлеры могли бы развозить 4 смешанные партии в день, делая круг по нескольким компаниям и забирая в каждой часть партии. Это решение позволило бы и сохранить эффективность загрузки трейлеров, и уменьшить запасы.

Вначале обе стороны оперировали непроверенным утверждением, что продукты компании А должны транспортироваться трейлерами компании А. Отказ от этого предположения позволил разработать план более высокого порядка, предусматривающий совсем новый метод — частые поставки смешанными партиями.

Вот второй пример. Выдвигается тезис, что затраты на обработку можно снизить увеличением размера партий на операциях, требующих большого времени для переналадки. Антитезис — большие размеры партий вызовут потери из-за увеличенного запаса.

В данном виде эти утверждения непримиримы. Типичное решение — определить экономичный размер партий как компромисс между двумя утверждениями. Однако, как мы уже видели, эконо-

мичные размеры партий — не решение проблемы. Это в лучшем случае — компромисс.

Так в чем реальная проблема? Она заключается в не высказанном вслух предположении обеих сторон, что время установки нельзя снижать резко. Но с системой SMED 4-часовые замены проходят за 3 минуты. Это полностью устраняет противоречия между двумя утверждениями и позволяет прийти к решению более высокого порядка — к синтезу.

Однажды производственная система Тойоты ясно осознала, что диалектика применима повсюду.

Наиболее характерные особенности производственной системы Тойоты:

- устранение потерь (на основе убеждения, что единственный законный источник прибыли компании — сокращение затрат);
- производство в действительности должно быть основано на заказах, а не на прогнозах.

Производственную систему Тойоты сравнивали с выжиманием воды из полотенца. Это поистине система всепроникающего устранения потерь. Здесь под потерями понимается всё, что не способствует ходу процесса, не прибавляет ценности. Большинство активно поддержит устранение потерь, которые каждый считает потерями. Но остается многое, что не признается потерями, или то, что люди по разным причинам склонны терпеть.

Освободив себя от некоторых проблем и успокоившись, люди превратились в заложников рутины и утратили навык разрешения проблем. Возвращение к основам, выявление реального значения проблем и затем проведение фундаментальных усовершенствований можно видеть во всей производственной системе Тойоты.

Нужно понимать эту систему следующим образом: всестороннее устранение потерь — та сердцевина, вокруг которой строится система. Ее функционирование в свою очередь обеспечивается системой канбан.

Каждый, изучающий производственную систему Тойоты, сталкивается с концепцией SMED. Она необходима для производства малыми партиями и удовлетворения изменяющего спроса. Безусловно, она находится в центре производственной системы Тойоты.

Как пояснено в этой книге и в других источниках, концепция SMED — продукт, рожденный моим мышлением и практическим опытом в сочетании с пожеланием Toyota, чтобы установка 1000-тон-

ного пресса, которая уже была сокращена с 4 до 1 часа, была сокращена до 3 минут.

Некоторые считают, что предупреждающее обслуживание естественно ведет к SMED. Другие — сторонники развития навыков — утверждают, что Toyota потратила 30 лет, чтобы сократить 3-часовую переналадку до 3 минут, и что эта операция за период ее сокращения выполнялась около 340 000 раз.

Когда мне предлагают рассказать о SMED, я не могу заставить поверить на слово в то, что часовая переналадка урезана до 3 минут, я должен продемонстрировать это наглядно. Тогда я прошу час времени, иду в цех и делаю несколько вещей:

- прошу достать два штампа для 1000-тонного пресса;
- измеряю высоты штампов и добавляю пластины или блоки к более короткому из них, чтобы выровнять высоты;
- чтобы отцентровать штампы, измеряю их ширину и устанавливаю подходящие блоки сзади;
- измеряю высоту зажимов и использую блоки, чтобы согласовать ее;
- беру двух рабочих для выполнения параллельных операций;
- ставлю новый штамп на вилочный погрузчик и располагаю его около пресса; другой погрузчик располагаю так, чтобы он мог немедленно убрать старый штамп.

Затем я заявляю, что эти простые изменения делают возможной замену менее чем за 3 минуты, и мы тут же пробуем замену с новыми приспособлениями. Однажды мы урезали часовую замену до 2 минут и 26 секунд с первого раза. Очевидно, что успех концепции SMED не имеет отношения к навыкам, а зависит от усовершенствований теории и действий.

Как создатель SMED я получаю удовольствие от того, что эта система используется на сотнях японских предприятий, а также в Швейцарии и США. Однако я несколько обеспокоен, что в статьях о SMED часто даже не упоминают мое имя. Безусловно, элементарная вежливость требует хотя бы этого. Только Тайити Оно постоянно отдает мне должное всякий раз, когда он упоминает о системе SMED.

Поскольку производственная система Тойоты — это система менеджмента производства, то она не может полностью отличаться от обычных методов промышленного менеджмента. Именно поэтому я называю ее *экстраполяцией* системы менеджмента производства. При этом нужно понимать, что одна из ее ключевых особеннос-

тей — насыщенность собственными развитыми концепциями и сопровождающими их специальными методами. Это, однако, не значит, что можно просто скопировать отличительные внешние способы производственной системы Тойоты в другой производственной среде.

Например, было бы неразумно взять один из самобытных методов производственной системы Тойоты — смешанное производство — и применить его без выполнения необходимых условий. Это приведет к дефектам и снижению производительности. Правильный подход — начать с мер, подобных SMED, перейти к системе буферного запаса, к сегментированному производству и, наконец, к системе смешанного производства. Обобщая, можно сказать, что нет нужды хвататься за различные методы, пока не снижены затраты.

Аналогично не следует ожидать положительных результатов тому, кто считает производственную систему Тойоты синонимом системы канбан, и начинать ее внедрение без рационализации самой производственной системы.