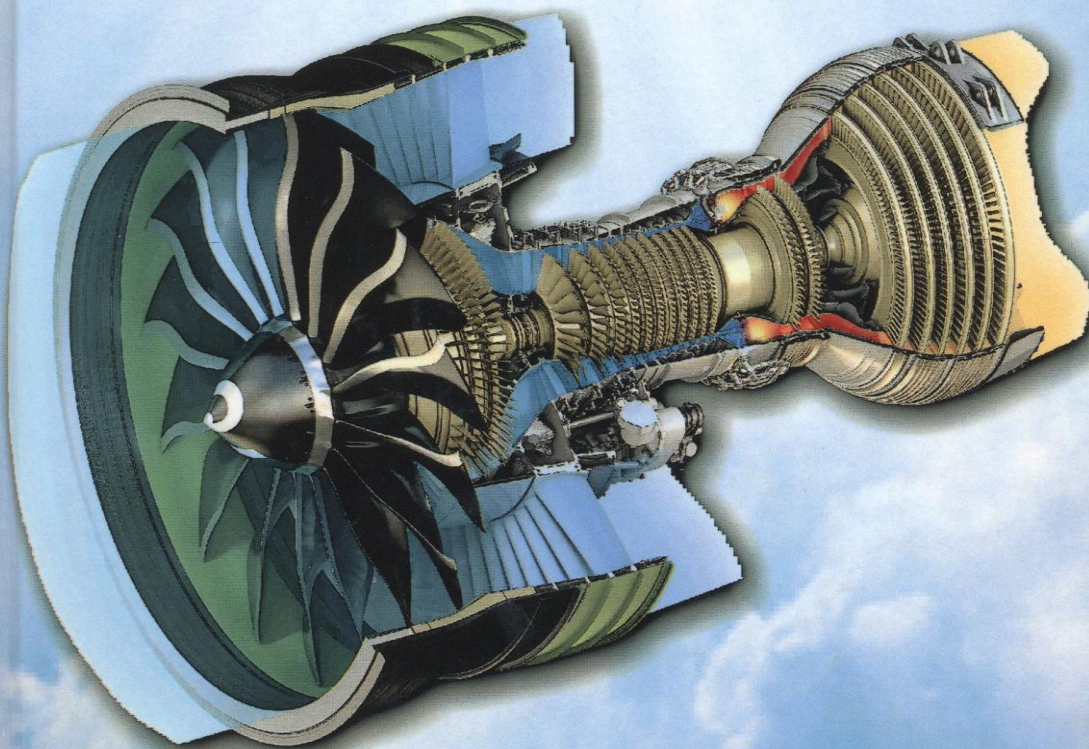


И.Д. Белоновская, Е.М. Езерская, А.И. Сердюк

ТЕХНОЛОГИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ МАШИНО- И АВИАСТРОЕНИИ



Оренбург 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

И.Д. Белоновская, Е.М. Езерская, А.И. Сердюк

**ТЕХНОЛОГИИ БЕРЕЖЛИВОГО
ПРОИЗВОДСТВА
В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ
МАШИНО- И АВИАСТРОЕНИИ**

Учебное пособие

Оренбург

2019

УДК 378:005.93
ББК 74.58+65.291.21
Б35

Рецензенты:

Р. М. Петрунева, доктор педагогических наук, профессор, проректор по учебной работе Волгоградского государственного технического университета
А. А. Черепашков, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения Самарского государственного технического университета

Б35 Белоновская, И.Д.

Технологии бережливого производства в автоматизированном машино- и авиастроении : учебное пособие / И.Д. Белоновская, Е.М. Езерская, А.И. Сердюк; – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2019. – 143 с.
ISBN 978-5-4417-0773-2

Учебное пособие содержит сведения об использовании в автоматизированном машино- и авиастроении принципов бережливых производств (Lean production). Представлены краткая история вопроса, основные понятия, методы, инструменты бережливых производств, их техническая, технологическая, организационная реализация. Даны иллюстрированный материал к лекциям, планы практических занятий, контрольные вопросы, задания для самостоятельной и исследовательской работы, практикум, рекомендуемая литература. Учебное пособие может быть использовано в целевой подготовке инженеров и в обучении магистрантов по направлениям подготовки 24.04.04 Авиастроение, 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств в рамках дисциплин «Методология научных исследований в машиностроении», «Современные проблемы авиационной науки, техники и технологии», «Автоматизация производственных процессов», а также в системе повышения квалификации инженеров и руководителей производств, педагогических работников инженерных направлений подготовки.

Учебное пособие подготовлено в рамках реализации проектов по совершенствованию содержания и технологий целевого обучения студентов в интересах организаций оборонно-промышленного комплекса («Новые кадры ОПК–2017»).

УДК 378:005.93
ББК 74.58+65.291.21

ISBN 978-5-4417-0773-2

© Белоновская И.Д.,
Езерская Е.М.,
Сердюк А.И., 2019

Содержание

Введение	6
1 Краткие сведения из истории разработки и распространения бережливых технологий.....	8
1.1 Предпосылки и тенденции создания новых концепций производств	8
1.2 Возникновение идей бережливого производства в середине XX века.....	12
1.3 Технологии бережливого производства на рубеже XX-XXI веков	14
1.4 Контрольные вопросы	18
1.5 Практическое занятие	18
1.6 Задания для самостоятельной и исследовательской работы	18
1.7 Рекомендуемая литература.....	19
2 Ценность и потери как основные понятия в технологиях бережливого производства на предприятиях автоматизированного машино- и авиастроения	21
2.1 Понятие «Ценность» в бережливом производстве на предприятиях автоматизированного машино- и авиастроения.....	21
2.2 Понятие «Потери» в бережливом производстве и виды потерь на предприятиях автоматизированного машино- и авиастроения.....	24
2.3 Экономическая эффективность внедрения бережливых производств	30
2.4 Контрольные вопросы	32
2.5 Практическое занятие	32
2.6 Задания для самостоятельной и исследовательской работы	33
2.7 Рекомендуемая литература.....	34
3 Методы бережливого производства в автоматизированном машино- и авиастроении	36
3.1 Основные принципы бережливого производства.....	36
3.2 Методы бережливого производства	37
3.3 Картирование потока создания ценностей в автоматизированном машино- и авиастроении.....	41
3.4 Контрольные вопросы	47

3.5 Практическое занятие	48
3.6 Задания для самостоятельной и исследовательской работы	48
3.7 Рекомендуемая литература.....	48
4 Техничко-технологические аспекты использования инструментов бережливого производства.....	50
4.1 Система 5S	50
4.2 Система Andon (визуализация контроля)	55
4.3 Система выстраивания потока (Continuous Flow)	56
4.4 Система SMED, быстрая переналадка	62
4.5 Система Джидока (Jidoka)	67
4.6 Система «Точно в срок» (Just in time, JIT).....	70
4.7 Система «Постоянное улучшение» (Kaizen).....	72
4.8 Система «Канбан»	74
4.9 Общая эффективность оборудования	78
4.10 Система «Рока-Йоке», «пока-йоке» (Защита от ошибки).....	81
4.11 Система ТРМ - всеобщее производительное обслуживание.....	87
4.12 Контрольные вопросы	91
4.13 Практическое занятие	91
4.14 Задания для самостоятельной и исследовательской работы	92
4.15 Рекомендуемая литература.....	93
5 Внедрение концепции бережливых технологий в кластерах автоматизированного машино- и авиастроения.....	97
5.1 Внедрение технологий бережливого производства в отечественном машиностроении.....	97
5.2 Внедрение технологий бережливого производства в авиастроении	99
5.3 Внедрение технологий бережливого производства на оборонных предприятиях машиностроения	105
5.4 Контрольные вопросы	109
5.5 Практическое занятие	110
5.6 Задания для самостоятельной и исследовательской работы	110

5.7 Рекомендуемая литература.....	110
6 Факторы активизации и сдерживания внедрения бережливых технологий в автоматизированном машино- и авиастроении	116
6.1 Совместимость «бережливого производства» с международным стандартом системы менеджмента качества и национальной системой стандартов Российской Федерации. Проблемы внедрения	116
6.2 Правовое регулирование отношений в сфере государственного оборонного заказа и внедрения бережливого производства	118
6.3 Перспективы развития идей бережливого производства в автоматизированном машино- и авиастроении	120
6.4 Контрольные вопросы	125
6.5 Практическое занятие	126
6.6 Задания для самостоятельной и исследовательской работы	126
6.7 Рекомендуемая литература.....	127
7 Практикум.....	128
Работа № 1. Анализ актуальной информации о бережливых производствах на сайтах предприятий авиа- и машиностроения	128
Работа № 2. Анализ внедрения бережливых производств на предприятиях отрасли в России и за рубежом.....	129
Работа № 3. Анализ проблемы организации производственных потоков	130
Работа № 4. Анализ действующих стандартов в сфере бережливого производства	130
Список использованных источников	132

Введение

Современные предприятия автоматизированного машино- и авиастроения входят число отраслей, образующих основу грядущего (шестого) технологического уклада. Их эффективная деятельность основана на развивающейся системе фундаментальных и прикладных знаний. К таким новым знаниям относится концепция бережливого производства. Основная идея концепции состоит в выявлении и устранении всех видов потерь. Эта концепция¹ зародилась в середине XX века в Японии, была реализована в компании Тойота с помощью специально разработанных инструментов (методов, стилей и организации работ). Эффект внедрения состоял не только в существенном снижении себестоимости продукции, но и в повышении ее качества.

Новую концептуальную модель производства затем использовали в США и в Германии, она доказала свою эффективность и универсальность, независимость от национального менталитета и государственного устройства, но обязательность корректного и системного использования всех своих основных инструментов. Систему Тойота постоянно изучали и совершенствовали как в Японии, так и за рубежом. В Америке системы Тойота получила названия *lean manufacturing* («стройное (худое, тощее) производство»), *lean management* (бережливое управление), *Lean*.

В России эта система под названием «концепция бережливое производство» была впервые апробирована на КАМАЗе в начале нового века и также доказала свою эффективность. В настоящее время и в ближайшей перспективе концепция бережливого производства или ее составляющие

¹ Концепция - (от французского слова – «conception» (концепция) и латинского слова – «conspicere» (собирать)) дают по смыслу понятие – система, главный замысел, способ понимания явлений (мировых, природных, общественных). Это точка зрения на события в различных видах деятельности, определяющая направление и стратегию действий.

становятся неотъемлемой частью системы менеджмента качества крупных предприятий различных отраслей. Идеи и инструменты бережливого производства не только существенно обновили методологию машиностроения, но и определили образ мышления, стратегию и тактику организации и ведения производства многих крупных и средних предприятий. Интерес предприятий, в том числе и оборонно-промышленного комплекса, к концепции бережливого производства потребовал ее изучения в вузе.

Данное учебное пособие содержит краткие сведения об использовании в автоматизированном машино- и авиастроении технологий бережливых производств. Учебный материал представлен в рамках целевой подготовки будущих инженеров и разделов дисциплин «Методология научных исследований в машиностроении», «Современные проблемы авиационной науки, техники и технологии», «Автоматизация производственных процессов» программ магистратуры.

Поскольку организационные аспекты бережливых технологий достаточно полно представлены в научной и учебной литературе (например, [20, 2, 21, 22, 38, 51, 70]), основное внимание в данном учебном пособии уделяется особенностям бережливых технологий в условиях автоматизированного машиностроительного комплекса и авиастроения, результатам внедрения данной концепции, а также технико-технологическим решениям при внедрении инструментов бережливого производства.

При подготовке материалов был использован опыт работы ведущих машиностроительных предприятий России и зарубежья, сведения из диссертационных исследований, патентов, монографий, научных журналов, публикаций различных конференций, а также открытых Интернет-источников.

1 Краткие сведения из истории разработки и распространения бережливых технологий

1.1 Предпосылки и тенденции создания новых концепций производств

Машиностроение как отрасль промышленности возникла в Европе в XVIII веке, в России сформировалось к середине XIX века. Переход от мануфактуры к машинному производству открыл эпоху крупной машинной индустрии, промышленный капитализм ознаменовал полный технический переворот и общую ломку общественных отношений на производствах. Достаточно длительный период развития отрасли машиностроения (от середины XIX века до настоящего времени) привел к созданию машиностроительного комплекса², который в России начала XXI века включает в себя 12 крупных отраслей³ и примерно 100 специализированных отраслей, подотраслей и производств. Машиностроительный комплекс связан со всеми отраслями отечественной экономики, так как его продукция используется в них как средства производства. Машиностроение оказывает непосредственное влияние на уровень научно-технического прогресса страны, обороноспособность и определяет развитие прочих отраслей народного хозяйства. Для машиностроительного комплекса характерна широкая кооперация с другими отраслями в выпуске конечного продукта.

Постоянно возникают новые отрасли производства (рисунок 1), определяющие необходимость новых подходов к их эффективной деятельности.

² **Машиностроительный комплекс** - объединение взаимосвязанных отраслей [машиностроения](#), обеспечивающее необходимым оборудованием все подразделения народного хозяйства, а население – товарами народного потребления. Характеризуется унификацией технологических процессов предприятий, применяемого оборудования и используемых материалов.

³ **Отрасль** – это совокупность предприятий и производств, обладающих общностью производимой продукции, технологий и удовлетворяемых потребностей.

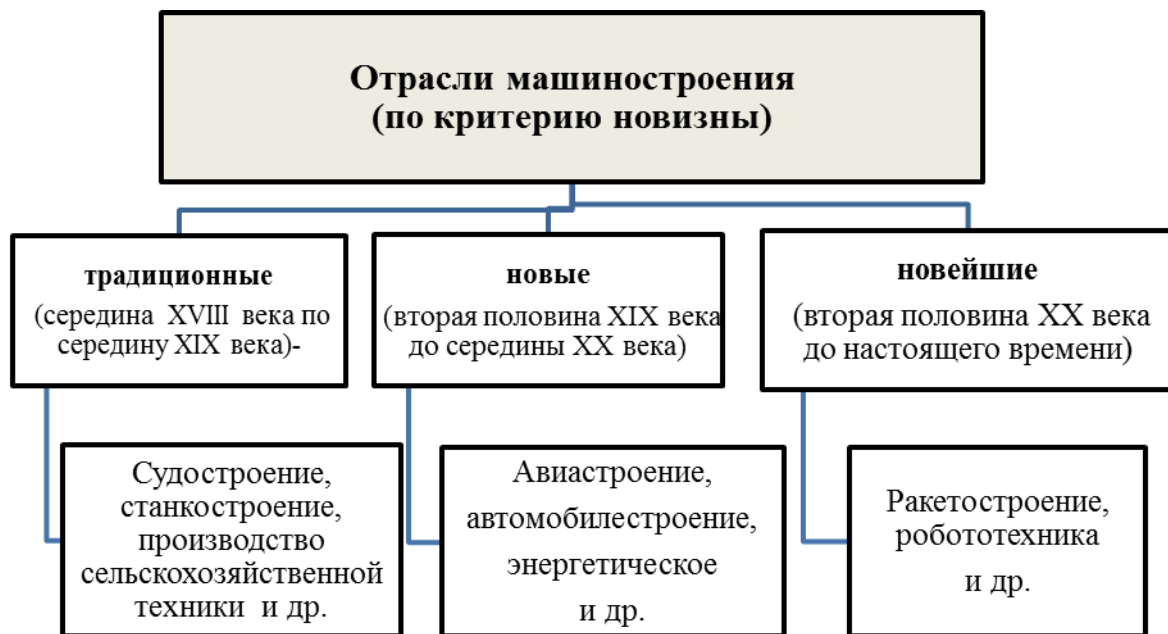


Рисунок 1.1 – Примеры выделения отраслей машиностроения по критерию
НОВИЗНЫ

В машиностроении возможно определить основные направления развития производства.

В первую очередь речь идет о совершенствовании средств производства – оборудования и его технологического оснащения. Здесь технический прогресс прошел путь от решения задачи механизации процесса резания на токарном станке (конец XVIII в.) до современных нам разработок металлорежущих высокоскоростных обрабатывающих центров с интеллектуальными системами числового программного управления (ЧПУ).

Другим важнейшим направлением стало совершенствование методов организации производства. Ярким примером сочетания новых методов организации производства и совершенствования технологического оснащения является внедрение поточного производства. Поточное производство представляет собой прогрессивный метод организации производства, характеризующийся расчленением производственного процесса на отдельные, относительно короткие операции, выполняемые на специально оборудованных, последовательно расположенных рабочих местах - поточных линиях [25].

Поточная линия называется конвейером, если обеспечивается автоматическое перемещение производимых деталей вдоль линии.

Благодаря поточному производству человечество за последние восемьдесят лет получило невиданный прирост материальных благ. С его повсеместным внедрением промышленность развитых стран вышла на новый, качественно другой уровень и оказалась через несколько десятилетий готовой к внедрению новых высоких технологий – всеобъемлющей механизации, автоматизации и роботизации производства, то есть всего того, что принесла научно-техническая революция 50-90-х годов нашего века.

Следующим крупным шагом в развитии машиностроения стало внедрение гибких производственных систем. Предшественником этого события было внедрение станков с ЧПУ. Гибкое производство, создание универсальных многоцелевых станков с ЧПУ обеспечило обработку детали централизованно полностью на одном станке [48].

Примером важного направления развития машиностроения является программируемая автоматизация, которая широко распространилась в конструкторских работах, в подготовке и планировании производства. Созданы системы автоматизированного проектирования – САПР (англоязычная аббревиатура CAD (Computer Aided Design) означает «конструирование с помощью ЭВМ») [26]. К области САПР относится и понятие АРМ – автоматизированное рабочее место. САПР может применяться для решения технологических задач. Такая технологическая САПР получила название «автоматизированная система технологической подготовки производства» (АСТПП). Для управления предприятием разработана автоматизированная система управления предприятием (АСУП). В зарубежной практике используется для всех этих систем один термин – САМ (Computer Aided Manufacturing) – «использование ЭВМ в производстве». В зарубежной практике употребляется термин «CAD-CAM», который может приравниваться к «САПР+АСТПП+АСУП». Обобщающим термином является

«СІМ» (Computer Integrated Manufacturing), т.е. «компьютерная интеграция производства».

В современном понимании гибкие производственные системы (ГПС) – это совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ (числовое программное управление), роботизированных комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного времени, обладающая свойствами автоматизированной переналадки при производстве изделий с произвольной номенклатурой.

ГПС представляет собой систему, допускающую иерархическую организацию, с комплексно автоматизированным производственным процессом, работа всех компонент которой (технологического оборудования, транспортных и складских средств, погрузочно-разгрузочных устройств, мест комплектации, средств измерения и контроля и т.п.) координируется как единое целое системой управления, обеспечивающей быстрое изменение программ функционирования элементов при смене объектов производства [48]. Анализ дальнейшего развития машиностроительного производства за прошедший длительный период определяет несколько направлений повышения его эффективности.

К ним относятся следующие направления повышения эффективности машиностроительного производства [82]:

- совершенствование средств производства (оборудования, оснастки);
- изменение технологии машиностроения в аспекте видов и способов обработки поверхностей;
- возникновение новых видов материалов, используемых в изготовлении инструментов и деталей, вспомогательных материалов;
- переход к стандартизации процессов;
- рост уровня автоматизации производственных процессов;
- качественное изменение направления и видов автоматизации (от отдельных приемов работы станочника к автоматизации проектных работ);

- развитие интеллектуальных систем управления;
- внедрение компьютерной интеграции производства;
- модернизация организации труда на производстве и т.д.

Наиболее эффективные решения в машиностроении формируются на стыках этих направлений, когда возникает общая инновационная идея, которая их объединяет в единую концепцию машиностроительного производства. К таким инновациям и поворотным моментам в развитии машиностроения относят, например, концепции поточного производства, гибких производственных систем, компьютерной интеграции, жизненного цикла изделия.

В результате внедрения в практику машиностроения указанных идей возникли предпосылки концепции бережливого производства.

1.2 Возникновение идей бережливого производства в середине XX века

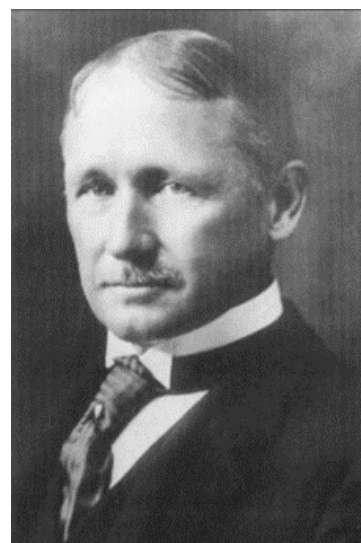
Исследования, связанные с попытками улучшить организацию труда, появились практически одновременно с появлением и развитием крупного промышленного производства.

Основоположником науки о труде во всём мире принято считать американского учёного Фредерика Тейлора (рисунок 1.2).

Ученый в начале 1900-х годов опубликовал несколько работ, посвящённых исследованию рабочих операций и сделанным на основе этих исследований выводам об эффективном управлении производством.

Идеи Тейлора с успехом использовал Генри Форд (рисунок 1.3), разработавший для своей компании стратегию производства.

Все производственные процессы



**Рисунок 1.2 – Фредерик Тейлор
(1856 – 1915 гг.)**

были разбиты на максимально простые операции (конвейер), эти операции были стандартизированы. За счёт разделения труда и повышения темпа работы компания Форда очень быстро выбилась в лидеры мирового производства автомобилей. Произошло это в конце 1920-х – начале 1930-х годов.

Параллельно в СССР в 1920-х годах был создан Центральный институт труда (ЦИТ). Возглавил его инженер и экономист Алексей Капитонович Гастев

Именно А.К. Гастев стал основным теоретиком и практиком НОТ – научной организации труда. Дело было поставлено на «широкую ногу»: внедрением новых методик и сбором рацпредложений занимались тысячи отделов и лабораторий по нормированию труда. ЦИТ занимался как исследованиями по рационализации труда и производства, так и разработкой методик подготовки квалифицированных кадров для промышленности.

Исследовались организация рабочих мест, распределение рабочего времени, возможность использования разных технических приспособлений и даже физическое и психологическое состояние работников.

После войны в Японии предприниматель и инженер Тайити Оно (Taiichi Ohno) [84] при организации производства компании «Тойота» использовал американские и советские наработки. Конечно, это не было переносом

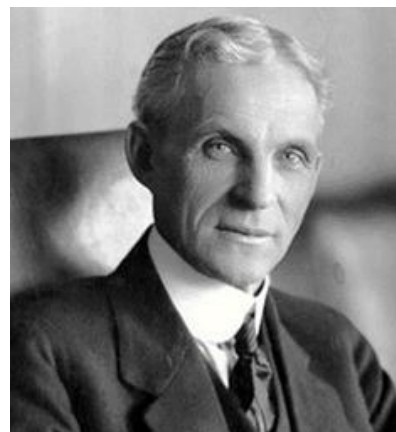


Рисунок 1.3 – Генри Форд
(1863 – 1947 гг.)



Рисунок 1.4 – Алексей
Капитонович Гастев
(1882 – 1939гг.)

«под копирку»: все наработки были переосмыслены, систематизированы и адаптированы для внедрения в корпорации, да и само постепенное внедрение заняло десятки лет. За это время «Тойота» из производителя дешёвых машин трансформировалась в лидера мировой автомобильной промышленности.

Разработка новой концепции производства началась в середине прошлого века (1950 годы). Новая концепция получила название Производственная система Toyota или Toyota Production System (TPS) [59].

Основная идея производственной системы Тойота заключается в следующем: если какое-то действие, операция или процесс не добавляет ценности конечному продукту с точки зрения потребителя, то это действие, операция или процесс рассматриваются как потери, то есть действия приносящие убытки компании.

Были определены основные принципы (инструменты) бережливых производств, такие как «Система организации рабочего места 5S», «Система «Точно вовремя» («Just in Time»), «Канбан», «Кайдзен», «Быстрая переналадка» («SMED»), «Предотвращение ошибок» («Пока-ёкэ»), «Составление карты потока создания ценности» («Value Stream Mapping»), «Всеобщий уход за оборудованием» («система TPM – Total Productive Maintenance»), «Визуализация», «Переналадка в одно касание» («One-touch setup») и другие.

1.3 Технологии бережливого производства на рубеже XX-XXI веков

Бережливое производство как концепция производства, включающая в себя ряд принципов и инструментов, развивалась и совершенствовалась в ходе внедрения в производство.

Значительный вклад в развитие теории бережливого производства внёс соратник и помощник Тайити Оно – Сигео Синго (Shigeo Shingo) (рисунок 1.5), создавший в числе прочего важнейший инструмент бережливых технологий, разработанный в те годы – метод SMED [77].

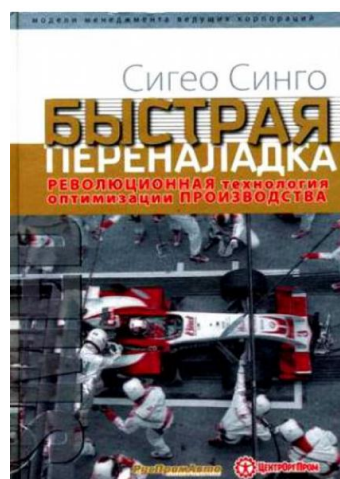


Рисунок 1.5 – Сигео Синго (1909 - 1990) и его книга «Быстрая переналадка: Революционная технология оптимизации производства»

Система SMED – это аббревиатура английского термина Single Minute Exchange of Dies (быстрая замена штампов, «быстрая смена пресс-форм»). Система SMED – это набор теоретических и практических методов, которые позволяют сократить время операций наладки и переналадки оборудования. Изначально эта система была разработана для того, чтобы оптимизировать операции замены штампов и переналадки соответствующего оборудования, однако принципы «быстрой переналадки» можно применять ко всем типам процессов.

Принцип (инструмент) «Кайдзен» как элемент бережливого производства был разработан и внедрен Масааки Имаи (Masaaki Imai) (рисунок 1.6). Его первая книга «Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success» была издана в 1986 году и переведена на 20 языков [58].

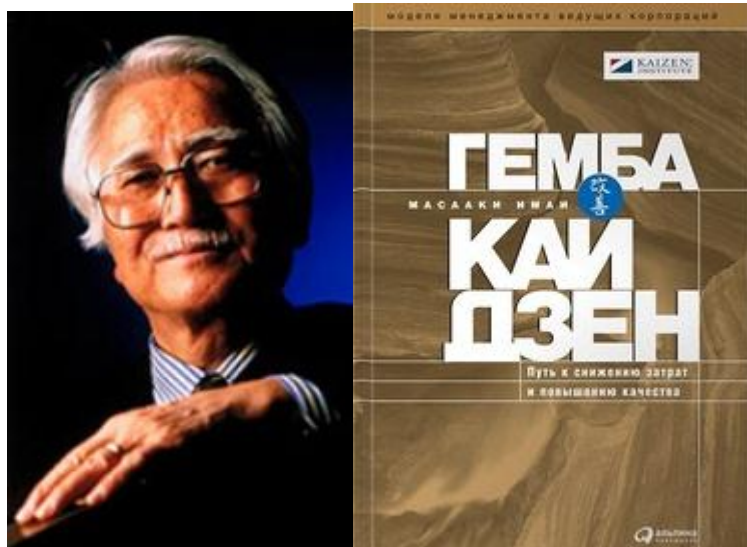


Рисунок 1.6 – Масааки Имаи и его книга «Гемба кайдзен. Путь к снижению затрат и повышению качества»

Успех «Тойоты» произвёл впечатление на весь мир, и в 1980-х годах производственная система этой компании начала изучаться и широко применяться в США под названием Lean Manufacturing – «Бережливое производство». Термин lean был предложен Джоном Крафчиком (рисунок 1.7) одним из американских консультантов.

Первоначально бережливое производство завоевало Запад и Японию в автомобилестроении. Первые результаты были перспективными, главное состояло в том, что основное изменение производства касалось исключительно организации (почти на 80 %). Таким образом, наиболее дорогостоящие технологическая перестройка и техническое перевооружение затрагивались незначительно.



Рисунок 1.7 – Джон Крафчик

В современном мире

бережливое производство стало особой новой культурой, всеобщей прогрессивной идеей, которая создает новые возможности развития предприятию, клиентам, поставщикам. Развитые промышленные страны имеют центры исследований бережливых производств (Lean Enterprise Institute (США) и Lean Enterprise Academy (Великобритания)). Достаточно часто внедрение и исследование этой концепции пользуется финансовой поддержкой государства.

Бережливое производство активно развивается как целостная система взглядов, методов, инструментов, не является догмой или инструкцией для неотступного использования. Это набор инструментов и методов, используя которые, компания строит фундамент собственного пути совершенствования. Усреднённые результаты внедрения концепции бережливого производства по данным [20] представлены ниже. Как показывает мировая практика, результатами применения бережливого производства являются:

- увеличение производительности на 30 %;
- увеличение эффективности оборудования на 25 %;
- высвобождение производственных площадей на 45 %;
- сокращение незавершенного производства на 50 %;
- сокращение производственного цикла на 60 %;
- снижение времени переналадки на 70 %;
- снижение уровня дефектности в 7 раз;
- сокращение времени простоев;
- изготовление того же объема продукции меньшим количеством человек;
- улучшение системы планирования;
- сокращение запасов;
- сокращение срока выполнения заказа;
- сокращение времени на создание нового продукта;
- повышение дисциплины и общей культуры производства.

В России интенсивно внедряются бережливые производства. В настоящем учебном пособии далее представлены общие подходы (ценность, потери), основные принципы, основные инструменты и методики их внедрения на предприятиях.

1.4 Контрольные вопросы

- 1) Какие предпосылки создания инновационных концепций производств сложились к настоящему времени?
- 2) Какие технологические и организационные инновации стали основой бережливого производства?
- 3) Какие отечественные и зарубежные ученые и практики внесли существенный вклад в идеи совершенствования производства?
- 4) Чем отличается концепция бережливого производства от концепции ГПС и интегрированного производства?
- 5) В чем заключается основная идея бережливого производства в ее современном понимании?

1.5 Практическое занятие

План занятия:

- 1) Обсуждение «Шестой технологический уклад в сфере авиа- и машиностроения»
- 2) Дискуссия «Будущее технологий авиа – и машиностроения»
- 3) Дискуссия «Роль инженера в региональном производстве – исполнитель, рационализатор, проектант, руководитель, менеджер...?»
- 4) Экспресс-опрос «История развития бережливых производств, основные определения в сфере инноваций производства»

1.6 Задания для самостоятельной и исследовательской работы

- 1) Подготовьте краткое сообщение о технико-экономических предпосылках, истории или/и тенденциях создания новых концепций

производств в форме презентации (10 слайдов), используя интернет-ресурсы и рекомендуемую литературу

2) Подготовьте краткое сообщение о внедрении технологий бережливого производства на предприятии машиностроения или авиастроения на основе интернет-источников (10-12 слайдов), используя интернет-ресурсы и рекомендуемую литературу

3) Подготовьте краткое сообщение об инновационных технологиях в развитии машиностроения или авиастроения, используя интернет-ресурсы и рекомендуемую литературу. Представьте иллюстрации в слайдовом формате.

1.7 Рекомендуемая литература

1. Альманах «Управление производством» : журнал. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.up-pro.ru>

2. Бережливое производство. Технологии победителей: журнал. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kamaz.ru/about/production/system/zhurnal-po-berezhlivomu-proizvodstvu/>

3. Вумек, Джеймс П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. / Джеймс П. Вумек, Дэниел Т. Джонс – М.,: Альпина Паблишер, 2011. – 120 с.

4. Вэйдер, М.Т. Инструменты бережливого производства. Мини-руководство по внедрению методик бережливого производства. / Майкл Томас Вэйдер. Альпина Паблишер – 2012. – 125 с.

5. Глезман, Л. В. Механизм управления техническим перевооружением производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса: монография / Л. В. Глезман, Д. М. Маликова; Рос. акад. наук, Урал. отд-ние, Федер. гос. бюджет. учреждение науки Ин-т экономики. – Екатеринбург : Ин-т экономики УрО РАН, 2017. – 204 с.

6. Давыдова, Н. С. Бережливое производство на предприятиях машиностроения: теория и практика внедрения : монография / Н. С. Давыдова,

Ю. П. Ключков ; Российская акад. естествознания. – М.: Издательский дом Акад. естествознания, 2012. – 111 с.

7. Индикаторы инновационной деятельности: 2016: статистический сборник. – М.: НИУ ВШЭ, 2016. – 320 с.

8. Козырев, Ю.Г. Гибкие производственные системы. Справочник. / Ю.Г. Козырев. Кнорус, 2017. – 364 с.

9. Левинсон, У. Бережливое производство: синергетический подход к сокращению потерь = Lean Enterprise. A Synergistic to Minimizing Waste / У. Левинсон, Р. Рерик; пер. с англ. А. Л. Раскина. – М. : РИА «Стандарты и качество», 2007. – 272 с.

10. ЛИН-технологии: бережливое производство. Научно-практический журнал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://panor.ru/magazines/lin_tekhnologii_berezhlivoe_proizvodstvo.html

11. Луис, Р. Система Канбан. Практическое руководство / Р. Луис. М.: РИА «Стандарты и качество», 2008. – 216 с.

12. Луйстер Т. Бережливое производство: от слов к делу / Т. Луйстер, Д. Теппинг ; пер. с англ. ; под ред. В. В. Брагина. – М. : РИА Стандарты и качество, 2008. – 132 с.

13. Монден, Я. Тойота : методы эффективного управления / Я. Монден ; пер. с англ. – М. : Экономика, 1989. – 288 с.

14. Публичный аналитический доклад по развитию новых производственных технологий / Сколковский институт науки и технологий, 2014. – 202 с.

15. Синго, С. Быстрая переналадка: Революционная технология оптимизации производства: Пер. с англ. / С. Синго. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 344 с.

16. Тайити Оно. Производственная система Тойоты: уходя от массового производства. — М: Изд-во ИКСИ, 2012. – 192 с.

2 Ценность и потери как основные понятия в технологиях бережливого производства на предприятиях автоматизированного машино- и авиастроения

2.1 Понятие «Ценность» в бережливом производстве на предприятиях автоматизированного машино- и авиастроения

Ценность – основное понятие в бережливом производстве. Оно определяет ту пользу, которая несет в себе товар для потребителя. Потребительская ценность товара – это соотношение между преимуществами, которые получает потребитель в результате приобретения и использования товара, и затратами на его приобретение и использование.

Как правило, производитель заинтересован в том, чтобы заказчик был удовлетворен получаемой ценностью. В этом случае продукт будет востребован, а производство сможет и дальше развиваться.

Устанавливается баланс между ценностью (качеством) продукции и ее стоимостью, что и определяет степень удовлетворенности потребителя. Сегодня выделяют 4 стратегии удовлетворённости потребителей:

- «устаревшее производство» – стратегия, базирующаяся на низкой ценности (качестве) и низкой стоимости продукции;
- «плохой бизнес» – стратегия, основанная на низкой ценности и высокой стоимости продукции;
- «ниша» – стратегия, основанная на высокой ценности и высокой стоимости продукции;
- «вызов конкурентам» – стратегия, базирующаяся на высокой ценности и низкой стоимости продукции

Ценность создается производителем в результате выполнения ряда последовательных технологических операций. В этой связи стержнем бережливого производства является процесс создания ценности и устранения

потерь в производственном процессе. Иллюстрации к этому понятию представлены на рисунке 2.1.

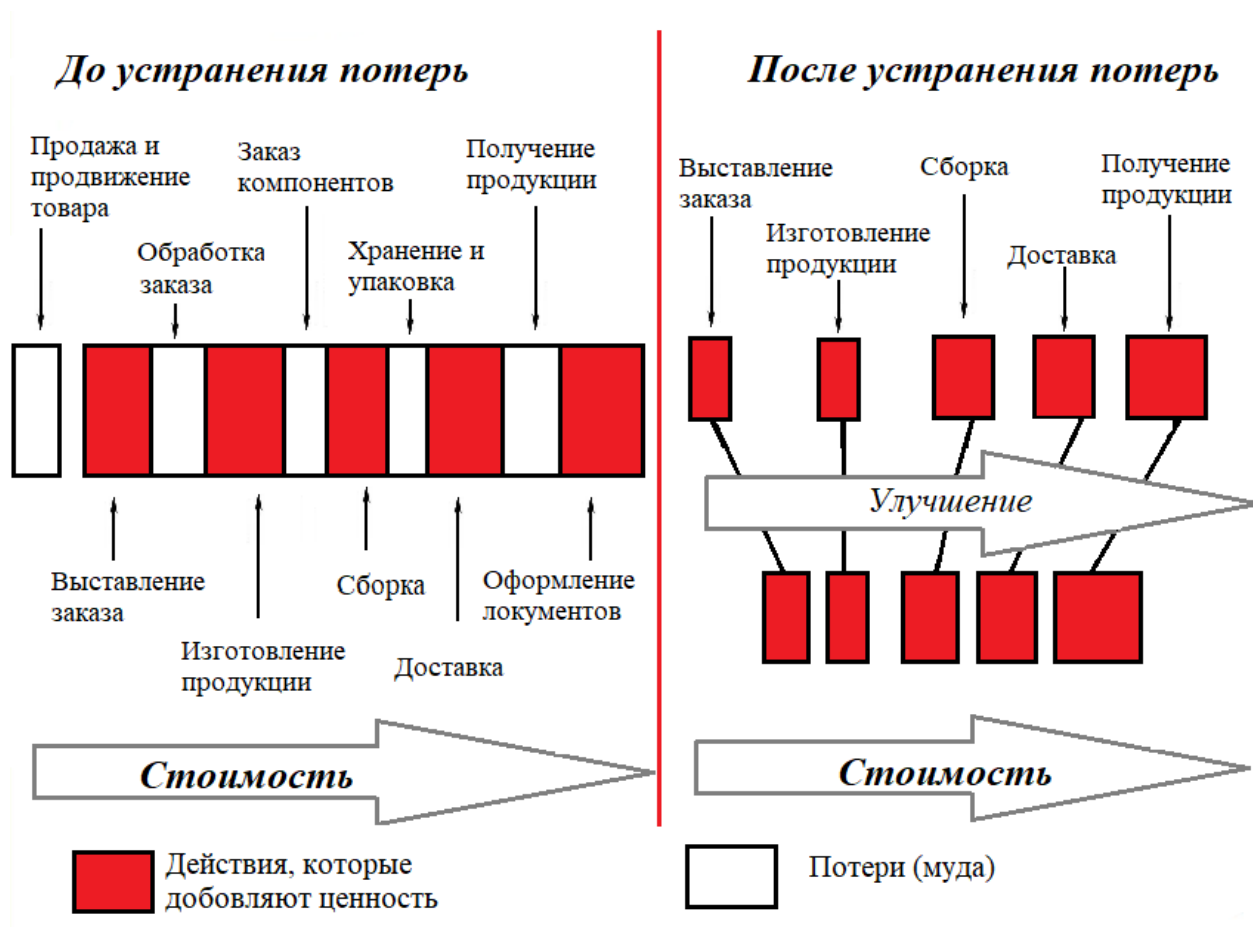


Рисунок 2.1 – Ценности и потери в общем цикле производства изделия

На рисунке 2.2 представлен пример выделения ценностей в технологическом процессе изготовления деталей типа тел вращения. Этот процесс получил названия создания потока ценностей. Светлые элементы определяют место создания новой ценности – нового состояния, новой формы, нового свойства продукта производства.

Условная карта потока создания ценности

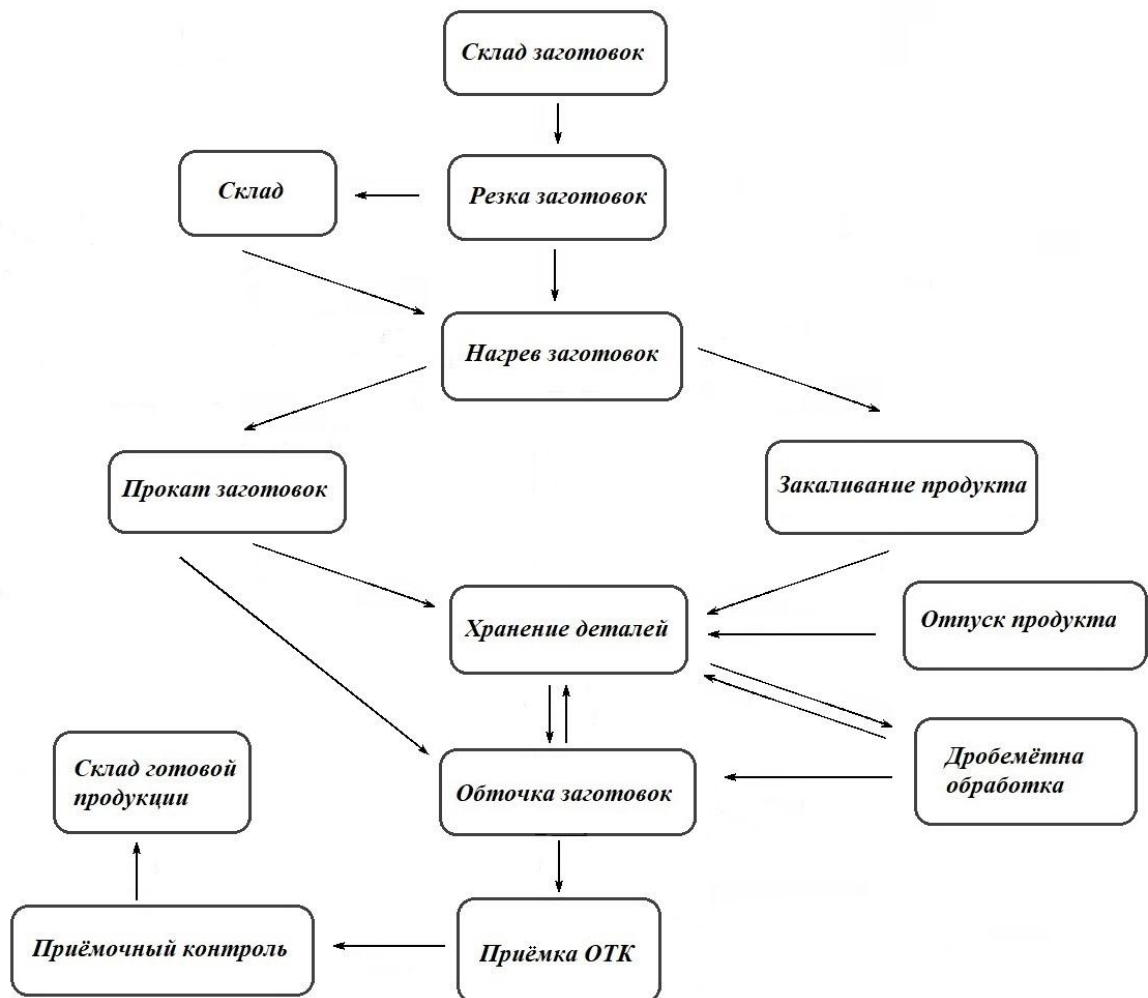


Рисунок 2.2 – Пример выделения ценностей в технологическом процессе изготовления деталей типа тел вращения

Темным цветом выделены элементы, символизирующие участки и процессы, не создающие ценность, поскольку продукт не приобретает каких-либо новых качеств и свойств с точки зрения потребителя.

2.2 Понятие «Потери» в бережливом производстве и виды потерь на предприятиях автоматизированного машино- и авиастроения

С понятием «ценность» неразрывно связано понятие «потеря». Потери в бережливом производстве составляют те ресурсы, которые были потрачены, но новой ценности не создали (муда – японское слово, определяющее любую деятельность, не создающую ценность).

Самым характерным видом потерь в производстве выступают склады полуфабрикатов и заготовок. Потребителю они не нужны, ценности для них не создают, но отнимают и потребляют значительные ресурсы. Их существование до сих пор является предметом ожесточенных споров, так как склады и запасы необходимы для снижения риска срыва поставок, непредвиденных обстоятельств, аварий и т.д. В то же время затраты складского хозяйства только повышают стоимость продукта, ложась ненужным грузом на потребителя.

При изготовлении продукции ценность для потребителя создается только непосредственно при *обработке* и *сборке* изделий, все остальные действия, например, хранение, транспортировка и другие, снижают ценность.

В бережливом производстве выделяют следующие характерные виды потерь, такие как (рисунок 2.3):



Рисунок 2.3 – Виды потерь на производстве

- потери из-за перепроизводства – производство изделий, которые не пользуются спросом; производство продукции в большем объеме раньше или быстрее, чем это требуется на следующем этапе процесса;
- потери времени из-за ожидания – перерывы в работе, связанные с ожиданием людей, материалов, оборудования или информации;
- потери из-за излишней обработки – дополнительная обработка изделия из-за низкого качества инструмента, ошибок проектирования;
- потери из-за лишних движений при выполнении операций – любое перемещение людей, инструмента или оборудования, которое не добавляет ценность конечному продукту;

- потери из-за лишних запасов – любое избыточное поступление продукции в производственный процесс, будь то сырье, полуфабрикат или готовый продукт;

- потери при транспортировке – ненужные перемещения или перемещения на большие расстояния материалов, деталей, продукции;

- потери из-за выпуска дефектной продукции – продукции, требующей проверки, сортировки, утилизации, замены или доработки;

- в настоящее время добавляют еще один вид потерь: потери из-за неиспользованного потенциала персонала – потери времени, идей, навыков, возможностей совершенствования и приобретения опыта сотрудников.

Все потери возможно разделить на два вида (рода).

От потери первого рода нельзя немедленно отказаться, второй род потерь вполне возможно быстро устранить.

Пример. На современном этапе развития технологий невозможно полностью устранить предварительную обработку поверхностей, по которым изделие базируют на чистовых операциях, что составляет потери первого рода.

В то же время возможно значительно сократить вспомогательное время, затраченное на переходы от станка к стелажам и тележкам.

Тщательный анализ позволил разработчикам этой концепции выявить еще некоторые важнейшие особенности производства.

Мури (muri) – «напряженность работы», означает напряженные условия как для сотрудников и оборудования, так и для процессов, например, перегрузка оборудования или операторов, возникающая при работе с большей скоростью или темпом и с большими усилиями в течение долгого периода времени – по сравнению с расчетной нагрузкой (проект, трудовые нормы). Мури заставляют работать на пределе возможностей. Перегрузка людей угрожает их безопасности и вызывает проблемы с качеством продукции. Перегрузка оборудования ведет к сбоям и поломкам.

Мура (mura) – «неравномерность работы», появляется тогда, когда нарушается ритм работы, поступления деталей или нарушается производственный график. Например, колеблющийся график работ, вызванный не колебаниями спроса конечного потребителя, а скорее особенностями производственной системы, или неравномерный темп работы по выполнению операции, заставляющий операторов сначала спешить, а затем ждать. Муда, мура и мури во многих случаях взаимосвязаны и устранение одного вида потерь ведет к устранению других видов. Пример такой взаимосвязи отражен в таблице 1.1, по данным Акционерного общества «ГФЗ Обуховский завод» [4].

Пример анализа потерь в процессе внедрения бережливого производства представлен на рисунках 2.5-2.7 по данным реализации программы развития производственных систем на принципах бережливого производства на ОАО «Бугульминский механический завод». Режим доступа: [\(https://pfcc.ru/consulting/consulting-services/company/455/project/459/\)](https://pfcc.ru/consulting/consulting-services/company/455/project/459/)

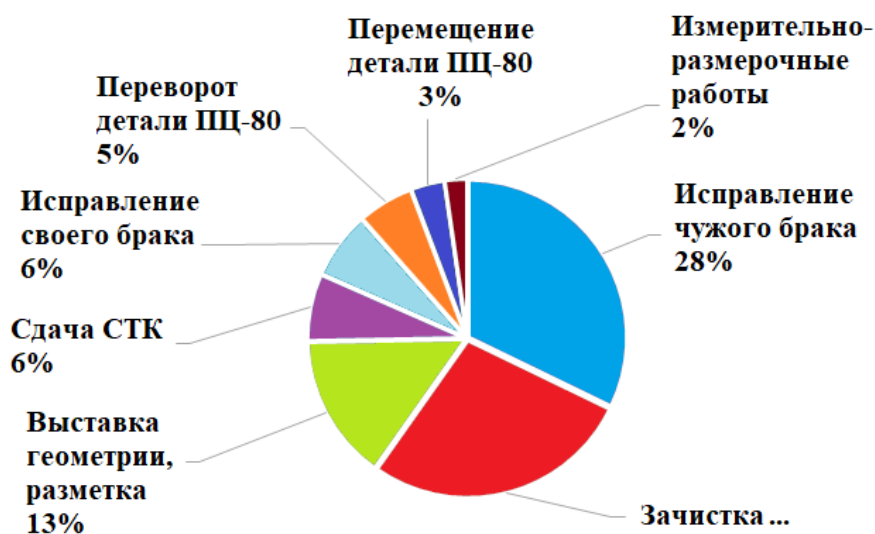
Таблица 2.1 – Взаимосвязь различных видов потерь на производстве [4]

Вид потерь	Следствие потерь
1	2
Перепроизводство	Преждевременный расход сырья и материалов. Чрезмерное увеличение запасов. Расширение используемых площадей. Рост транспортных и административных издержек
Избыточные запасы	«Замороженные» деньги в запасах сырья и материалов
Брак	Увеличение времени изготовления. Рост стоимости изделия из-за дозакупки материалов и сырья
Лишние движения	Увеличение времени изготовления изделия вследствие избыточных рабочих операций при создании изделия
Излишняя обработка	Затраты на ресурс оборудования с более жесткими допусками. Увеличение времени изготовления из-за повышенного контроля со стороны отдела технического контроля Расходы на более квалифицированный персонал

Продолжение таблицы 1

1	2
Простои: Запланированные (переналадка оборудования, плановый ремонт, проведение совещаний, регламентированные перерывы); Незапланированные (поломка оборудования, нехватка материалов, болезни и прогулы, простой оператора при автоматической работе станка)	Увеличение времени изготовления изделия
Транспортировка и перемещения	Увеличение времени изготовления изделия из-за ненужного или избыточного перемещения изделия между производственными помещениями
Неполное использование знаний и творческих способностей работников	Увеличение времени изготовления изделия по причине неправильного делегирования полномочий

Технологические потери (распределение по времени)



ПЦ – производственный цикл; СТК – служба технического контроля.

Рисунок 2.5 – Структура технологических потерь, выявленная в процессе внедрения концепции бережливого производства на ОАО «Бугульминский механический завод»

Структура технических потерь

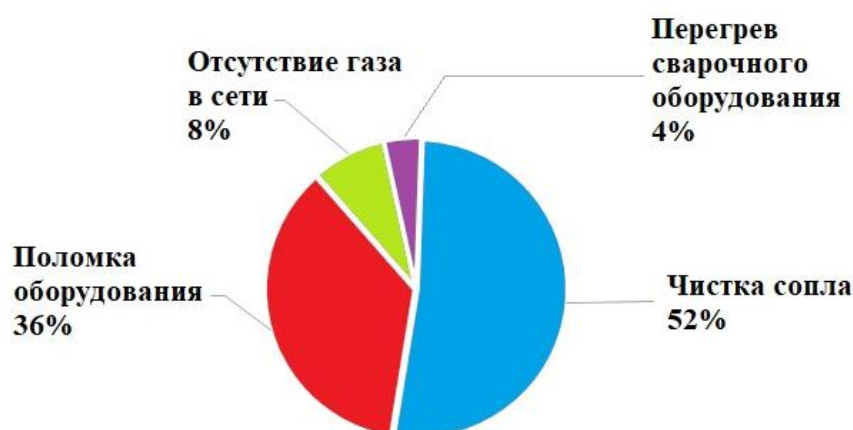


Рисунок 2.6 – Структура технических потерь, выявленная в процессе внедрения концепции бережливого производства на ОАО «Бугульминский механический завод»

Организационные потери



Рисунок 2.7 – Структура организационных потерь, выявленная в процессе внедрения концепции бережливого производства на ОАО «Бугульминский механический завод»

Анализ потерь является первым шагом к их устранению. Такой пример представлен на рисунках 2.8 – 2.9.

В результате грамотной организации хранения инструмента в три раза были снижены потери на ожидание при выдаче инструмента.

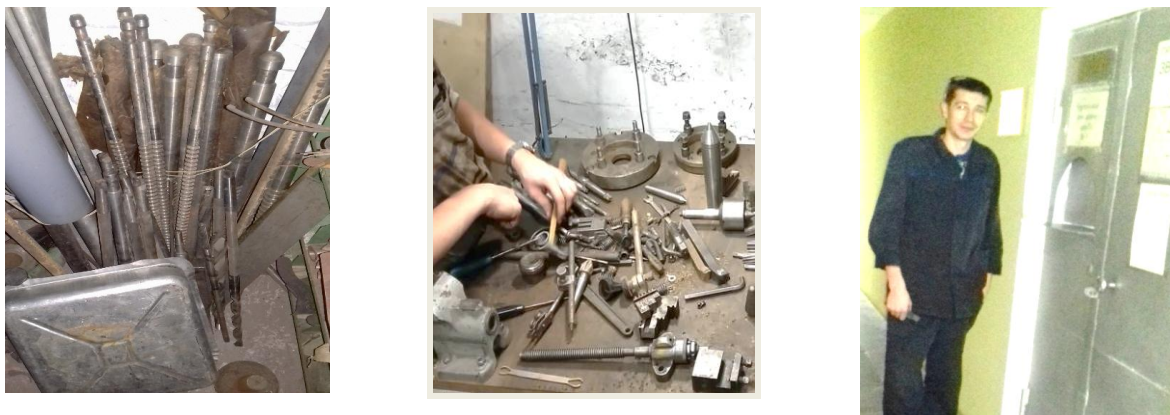


Рисунок 2.8 – Потери времени на поиск необходимого инструмента



Рисунок 2.9 – Устранение потери времени на поиск необходимого инструмента за счет организации хранения инструмента

2.3 Экономическая эффективность внедрения бережливых производств

Расчет экономического эффекта при внедрении бережливого производства осуществляется на основе ключевых показателей результативности [85]. К ним относятся такие как снижение запасов, сокращение маршрута транспортировки, сокращение времени незапланированных простоев оборудования и др.

Ключевые показатели отражают полученную экономию ресурсов или дополнительный выпуск продукции и учитываются как условный эффект.

$$\mathcal{E}_\phi = \mathcal{Z}_{\text{до}} - \mathcal{Z}_{\text{после}} - \mathcal{Z}_\text{м} , \quad (1)$$

где, $\mathcal{E}_\phi$ – экономический эффект (руб.),

$\mathcal{Z}_{\text{до}}$ – затраты до внедрения бережливых технологий (руб.),

$\mathcal{Z}_{\text{после}}$ – затраты после внедрения бережливых технологий (руб.)

$\mathcal{Z}_\text{м}$ – затраты на реализацию мероприятия (руб.).

Экономический эффект – это эффект, при расчете которого учитываются в стоимостном выражении все виды результатов и затрат, обусловленных реализацией мероприятия:

$$\mathcal{Z} = P_\text{р} \cdot C_\text{р}, \quad (2)$$

где $\mathcal{Z}$ – затраты (руб.),

$P_\text{р}$ – физический расход ресурсов (ед.),

$C_\text{р}$ – стоимость единицы ресурсов (руб.)

Затраты до внедрения рассчитываются на основе результатов картирования текущего состояния процесса или данных бухгалтерского, управленческого учета:

$$\mathcal{Z}_{\text{до}} = P_{\text{р до}} \cdot C_\text{р}, \quad (3)$$

где $P_{\text{р до}}$ – расход ресурсов до внедрения мероприятия, (ед.).

$$\mathcal{Z}_{\text{после}} = P_{\text{р. после}} \cdot C_\text{р}. \quad (4)$$

Затраты после – рассчитываются как планируемый (на этапе предварительной оценки) или фактический расход ресурсов после внедрения мероприятия

Затраты на реализацию мероприятия – это единовременные затраты на внедрение мероприятия (затраты на энергоносители, материалы, затраты на оплату труда и др.)

Важным этапом определения эффективности является определение ресурсов для реализации проекта, перечень внедряемых инструментов, параметры выравнивания производственных потоков, технологическая планировка, инструкции, перечень дополнительной оснастки и оборудования, план запуска производственных линий в эксплуатацию, рекомендации по организации производства, рекомендации по организации рабочих мест.

2.4 Контрольные вопросы

Ознакомьтесь с лекционным материалом и ответьте на вопросы.

- 1) Как Вы понимаете «ценность продукции» для потребителя?
- 2) Какие виды стратегии удовлетворённости потребителей известны?
- 3) Какие виды потерь выделяют в бережливом производстве?
- 4) Чем отличаются потери напряжённости работы от потери неравномерности работы?
- 5) Как определяется эффективность внедрения бережливых производств?

2.5 Практическое занятие

План занятия:

- 1) Обсуждение «Ценность изделий регионального предприятия машино- и авиастроения».
- 2) Дискуссия «К чему ведет устранение потерь: экономическая польза и социальный риск».
- 3) Экспресс – опрос «Основные понятия бережливого производства».

Отнесите перечисленные ниже характерные особенности к бережливому или традиционному производству:

- а) перепроизводство продукции, которая не нужна потребителю;
- б) выпускается только такое количество продукции, которое требуется на следующей стадии;
- в) оборудование переналаживается медленно;
- г) отсутствует брак;
- д) нет затрат на хранение;
- е) происходит накопление и складирование готовых изделий;
- ж) сокращаются затраты на устранение брака

2.6 Задания для самостоятельной и исследовательской работы

- 1) Приведите примеры стратегий удовлетворенности потребителей, известные Вам из истории или современного развития авиастроения и машиностроения.
- 2) По рисунку 2.5 поясните взаимосвязь различных видов потерь и возможные эффекты их устранения.
- 3) По рисунку 2.6 предложите способы сокращения технологических потерь, известные Вам из опыта работы.
- 4) По рисунку 2.7 предложите способы сокращения технических потерь, известные Вам из опыта работы.
- 5) По рисунку 2.8 предложите способы сокращения организационных потерь, известные Вам из опыта работы.
- 6) Дайте пояснения к фотографиям на рисунках 2.9-2.10. Какие меры были предприняты в целях сокращения потерь? Какие меры Вы могли бы предложить в качестве рационализаторских предложений, по опыту практики или профессиональной деятельности.
- 7) Организуйте команду «бережливых» (2-5 студентов, коллег), ознакомьтесь с научной и учебной литературой по вопросу видов потерь на предприятиях авиастроения, машиностроения. Подготовьте сообщение «Виды

потерь в авиастроении и машиностроении» - анализ регионального производства» в виде презентации из 5-10 слайдов.

2.7 Рекомендуемая литература

1. Альманах «Управление производством» : журнал. – Режим доступа: <http://www.up-pro.ru>
2. Бережливое производство. Технологии победителей: журнал. – Режим доступа: https://kamaz.ru/about/production_system/zhurnal-po-berezhlivomu-proizvodstvu/
3. Березовский, Э. Э. Инструменты и методы управления промышленными предприятиями на основе Lean-концепции : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Э.Э. Березовский. – Краснодар, 2014. – 25 с.
4. Вумек, Джеймс П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. / Джеймс П. Вумек, Дэниел Т. Джонс – М.,: Альпина Паблишер, 2011. – 120 с.
5. Вэйдер, М.Т. Инструменты бережливого производства. Мини-руководство по внедрению методик бережливого производства. / Майкл Томас Вэйдер. Альпина Паблишер – 2012. – 125 с.
6. ГОСТ Р 56020-2014 Бережливое производство. Основные положения и словарь. – М.: Стандартинформ, 2015. – 22 с.
7. ГОСТ Р 57524-2017 «Бережливое производство. Поток создания ценности». М.: Стандартинформ, 2017. – 22 с.
8. Давыдова, Н. С. Бережливое производство на предприятиях машиностроения: теория и практика внедрения : монография / Н. С. Давыдова, Ю. П. Клочков ; Российская акад. естествознания. – М.: Издательский дом Акад. естествознания, 2012. – 111 с.
9. Закиров, Э. А. Управленческий учет затрат по потокам создания ценности в условиях бережливого производства : автореф. дис. ... канд. экономических наук / Э.А. Закиров. – Нижний Новгород, 2014. – 23 с.

10. Кибирев, Ю.В. Оценка эффективности процессов и безопасности машиностроительных и строительных организаций на основе бережливого производства /Ю.В. Кибирев [и др.]. // Качество. Инновации. Образование. 2017. – № 8 (147). – С. 36-45.

11. Левинсон, У. Бережливое производство: синергетический подход к сокращению потерь = Lean Enterprise. A Synergistic to Minimizing Waste / У. Левинсон, Р. Рерик; пер. с англ. А. Л. Раскина. – М. : РИА «Стандарты и качество», 2007. – 272 с.

12. ЛИН-технологии: бережливое производство. Научно-практический журнал. – Режим доступа: http://panor.ru/magazines/lin_tekhnologii_berezhlivoe_proizvodstvo.html

13. Луйстер, Т. Бережливое производство : от слов к делу / Т. Луйстер, Д. Теппинг ; пер. с англ. ; под ред. В. В. Брагина. – М. : РИА Стандарты и качество, 2008. – 132 с.

14. Маликова, Д.М. Механизм эффективной взаимосвязи комплексной автоматизации и организации бережливого производства в машиностроении / Д.М. Маликова // Вестник ИЖГТУ им. М.Т. Калашникова. –2016. – Т. 19. – № 2. – С. 33-36.

15. Маликова, Д.М. Подходы и методы организации бережливого производства на предприятиях машиностроения / Д.М. Маликова // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 7 (72). – С. 419-422.

16. Монден, Я. Тойота : методы эффективного управления / Я. Монден ; пер. с англ. – М. : Экономика, 1989. – 288 с.

17. Мурзак, А.Н. Анализ отечественного опыта внедрения бережливого производства на машиностроительных предприятиях / А.Н. Мурзак // Развитие человеческих ресурсов. – 2012. – №6. – С.257-263.

18. Панина, Ф.Ю. Построение карты потока создания ценности в системе бережливого производства: практический подход / Ф.Ю. Панина, Л.А. Федоськина// Системное управление. – 2011. – № 4 (13). – С. 19-25.

19. . дис. ... канд. экон. наук. /Е.В. Шиляева. – Москва. – 2017. – 31 с.

3 Методы бережливого производства в автоматизированном машино- и авиастроении

3.1 Основные принципы бережливого производства

Бережливое производство реализуется на основании пяти основных принципов⁴. Они сформулированы Джимом Вумekom и Дэниелем Джонсоном в книге «Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании» [20].

Для бережливого производства необходимо:

- определить ценность конкретного продукта, т.е. установить, в чем ценность данного продукта для потребителя, какие его свойства и качества наиболее важны;
- определить поток создания ценности для этого продукта, т.е. провести анализ действующей системы производства и установить место и вид потерь;
- обеспечить непрерывное течение потока создания ценности продукта, т.е. создание непрерывного производственного потока, в котором минимизированы потери и обеспечено непрерывное превращение заготовки в готовое изделие;
- создание системы вытягивания продукта, т.е. каждая операция выполняется только по запросу с последующей стадии обработки;
- непрерывно стремиться к совершенству, т.е. постоянно совершенствовать производство с целью сокращения потерь и увеличения ценности.

Ряд авторов дополняют эти принципы такими позициями:

- превосходное качество (сдача с первого предъявления, система ноль дефектов, обнаружение и решение проблем у истоков их возникновения);

⁴ Принцип - основное, исходное положение какой-нибудь теории, мировоззрения, теоретической программы; общее руководящее положение, руководящая идея, основное правило поведения, деятельности

- гибкость;
- установление долговременных отношений с заказчиком (путем деления рисков, затрат и информации).

Опыт внедрения бережливых производств позволяет выделить последовательность использования принципов, представленную на рисунке 3.1



Рисунок 3.1 – Последовательность реализации принципов бережливого производства

3.2 Методы бережливого производства

Идеи бережливого производства внедряются в практику с помощью ряда методов⁵. Набор методов постоянно пополняется, а их содержание непрерывно совершенствуется. К наиболее известным методам бережливого производства можно отнести [22]:

⁵ Метод - это совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности. Метод способствует достижению намеченной цели.

– *система VSM* – построение карты потока создания ценности (Value Stream Mapping), картирование потока создания ценности. Этот метод помогает увидеть ценные операции и те, которые не добавляют ценности. Создавая карту, вы лучше поймете свой процесс и увидите свои потери, это метод планирования будущих изменений;

– *система 5S* – организация рабочего пространства. Результат – визуализация проблем, быстрое обнаружение отклонений и потенциальной опасности для здоровья, качества, производства;

– *система Andon* – информирование о проблеме. Сигнал подается при обнаружении проблемы. Система поощряет остановку производства, чтобы предотвратить массовое возникновение дефектов, при этом возникает немедленное внимание к месту, где обнаружена проблема, обеспечивается быстрая эскалация в случае невозможности решить проблему, дефект не распространяется;

– *система выстраивания потока (Continuous Flow)* необходима для выстраивания производственных потоков без остановок и скопления буфера. В результате устраняются многие виды потерь: излишние запасы, время, транспортировка;

– *система Gemba* («место сражения») – напоминает о том, что все самое важное происходит не в офисах, а непосредственно на производственной площадке. Результат – вовлечение руководства, уменьшение времени реакции на проблемы, укрепление дисциплины, получение информации «из первых рук» без искажений;

– *система Джидока (Jidoka)* – это метод частичной автоматизации оборудования. В отличие от полной (и очень дорогой) автоматизации, частичная позволяет автоматически найти проблему и остановить производство. При этом один работник может наблюдать за работой нескольких машин (станков) – это уменьшение затрат, и своевременное обнаружение проблемы решает проблемы качества;

– *система «Точно в срок» (Just in time, JIT)* – метод производства и поставок, основанный на «вытягивании» именно того количества компонентов, готовых изделий, которые необходимы клиенту в данный момент. Представляет собой эффективный способ снизить запасы материалов, готовых изделий, размеры занимаемых площадей. Этот метод также улучшает поток денежных средств (cash flow);

– *система «Постоянное улучшение» (Kaizen)* представляет собой совместные усилия всех сотрудников компании по достижению ежедневных побед, достижений, улучшений в производстве. В результате достигается общий синергический эффект, совместные усилия всех сотрудников помогают найти практически неограниченные возможности для уменьшения издержек, уменьшения потерь. Если в компании есть культура постоянных улучшений, то она становится практически вечным двигателем по уменьшению потерь;

– *система Канбан (Вытягивающая система, Kanban)* – метод регуляции потоков материалов и готовой продукции, как внутри предприятия, так и вне его (с поставщиками и клиентами). Метод основан на системе сигналов, показывающих потребность компонентов или готовой продукции. Его результатом является уменьшение потерь, излишних складских запасов, перепроизводства. Замечено, что при работающей системе Kanban результаты складской инвентаризации гораздо лучше;

– *общая эффективность оборудования (Overall Equipment Effectiveness, OEE)* – отслеживаются три категории потерь связанных с работой оборудования: готовность, производительность, качество. Система позволяет ответить на вопрос насколько эффективно вы используете свое оборудование? OEE является сбалансированным показателем, отражающим реальное положение дел, позволяющим улучшать производство и повышать прибыль предприятия;

– *система PDCA (Планируй – Делай – Проверяй – Воздействуй)* – признанный метод внедрения изменений и улучшений. Методика PDCA

прежде всего это системный подход к решению проблем, внедрению изменений и улучшений;

– *система Poka-Yoke, пока-йоке* (Защита от ошибки, защита от дурака) – внедрение методов предотвращения ошибок непосредственно в производственный процесс. Целью является достижение нуля дефектов, с учетом того, что предотвращение ошибок дешевле, чем инспекция, контроль, проверка;

– *система SMED, Быстрая переналадка* (Single Minute Exchange of Die) – набор теоретических и практических методов, которые позволяют сократить время операций наладки и переналадки оборудования. В основе переналадок лежат две группы действий: внешние и внутренние. Внутренние выполняются после остановки оборудования, внешние можно проводить во время работы оборудования. Цель методики SMED – преобразовать внутренние операции во внешние. Система упрощает выпуск мелких партий, увеличивает полезное время работы оборудования;

– *система «Стандартизированная работа»* представляет собой документированную процедуру (инструкцию), в которой зафиксирован лучший опыт выполнения данной операции. Данный документ «живой», постоянно обновляется и актуализируется. Если на предприятии несколько одинаковых машин, они должны использовать единый стандартизированный метод работы. Обеспечивается уменьшение потерь за счет распространения лучшего опыта, уменьшение рисков по качеству;

– *система TPM* – всеобщее производительное обслуживание (Total Productive Maintenance – это один из инструментов бережливого производства, применение которого позволяет снизить потери, связанные с простоями оборудования из-за поломок и избыточного обслуживания. Основная идея TPM – вовлечение в процесс обслуживания оборудования всего персонала предприятия, а не только соответствующих служб. Успех внедрения TPM, как и любого другого инструмента бережливого производства связан с тем, насколько идеи методики донесены до сознания персонала и позитивно

восприняты им. Целью ТРМ является увеличение продолжительности срока службы оборудования: «меньше поломок, меньше простоев, меньше ошибок и влияния на качество со стороны оборудования»;

– *система Visual Factory* (Визуализация) – метод простых и понятных индикаторов используемых на заводе для обмена информацией, позволяет любому понять текущую ситуацию на производстве (пример, зеленый – нет проблем, красный – есть проблемы).

Методы бережливых производств реализуются с помощью разнообразных инструментов [21].

Инструментами бережливого производства являются: доски с информацией; использование красных ярлычков; подвесные знаки; звуковая сигнализация; карточки КАНБАН; пять вопросов «Почему?» и один «Как?»; листок «Урок по одному вопросу»; датчики, фотоэлементы, устройства от «ошибок», таблицы, например, «Таблица анализа перепроизводства»; схемы, например «Схема технологического процесса»; карты, например «Карта технологического процесса»; карта потока создания ценности; диаграмма «спагетти» и др.

3.3 Картирование потока создания ценностей в автоматизированном машино- и авиастроении

Поток создания ценности – это все действия (как добавляющие, так и не добавляющие ценность), нужные, чтобы провести продукт через следующие основные потоки операций: поток проекта - от концепции до выпуска первого изделия; производственный поток - от сырья до готовой продукции.

В бережливом производстве рассматривается производственный поток, который начинается от запросов потребителя и идет назад, к сырью.

Для наглядного изображения потока создания ценности используются специальные карты. Карта потока создания ценности - это инструмент,

который помогает увидеть и понять материальные и информационные потоки в ходе создания ценности.

Составление карты потока создания ценности (система VSM – построение карты потока создания ценности (Value Stream Mapping), картирование потока создания ценности) охватывает все процессы - от отгрузки продукта до поступления сырья или запроса на выполнение действия. Карта потока создания ценности позволит определить скрытые потери, зачастую составляющие большую часть себестоимости продукта или услуги.

Приведем *пример анализа и создания потока ценности в авиастроении* по материалам Д. Вумека [20].

Когда фирма «Pratt & Whitney⁶», крупнейший в мире производитель авиационных двигателей (рисунок 3.2), исследовала потоки создания ценности для трех различных типов двигателей.

Было установлено, что значительные потери фирма терпит за счет нерационального расходования сверхчистых металлов. Дело было в том, что заготовки поставлялись одного типоразмера.



Рисунок 3.2 – Авиационный двигатель фирмы «Pratt & Whitney»

В результате в процессе обработки значительная часть материала переводилась в отходы, так как масса заготовок превышала требуемую почти в 10 раз. Эти потери были отнесены к потерям второго рода. Для ликвидации

⁶ «Пратт энд Уитни» ([англ. Pratt & Whitney](#)) — [американский](#) производитель авиационных двигателей для гражданской и военной авиации, в настоящий момент является частью корпорации [«Юнайтед Текнолоджис»](#). Компания входит в «большую тройку» производителей авиадвигателей вместе с [«Роллс-Ройс»](#) и [«Дженерал Электрик»](#). Помимо авиадвигателей, «Пратт энд Уитни» производит модульные и передвижные газотурбинные установки для промышленных целей, двигатели для [локомотивов](#), ракетные двигатели

этих потерь поставщики выпускали заготовки трех разных видов, в большей степени приближая их к форме готовой детали, чтобы соответствовать точным техническим требованиям для каждого двигателя «Pratt & Whitney».

Пример определения потока ценностей в машиностроении по материалам [65]. Авторы исследования Ф.Ю. Панина и Л.А. Федоськина составили карты потока ценностей. Картирование потока производится от последнего участка производства в обратном направлении до момента начала цикла производства (рисунок 3.3).

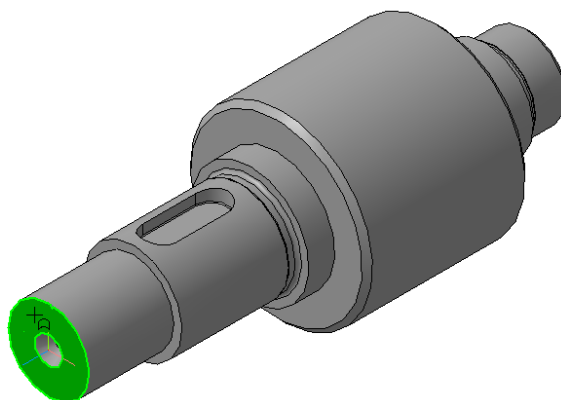


Рисунок 3.3 – Эскиз детали «Вал»

На каждом участке фиксируется:

- время цикла операций, приносящих ценность;
- время цикла операций, не приносящих ценность (время контрольных операций, время переналадки оборудования, время ожидания материалов и комплектующих, время ожидания информации, время транспортировки изделий и т.д.);
- количество продукции в незавершенном производстве;
- количество запасов;
- количество операторов, выполняющих операцию.

В цехе № 1 деталь подвергается трем процессам обработки на трех рабочих местах. На рабочем месте № 1 деталь отрезается в размер. На рабочем месте № 2 деталь проходит токарную обработку. На рабочем месте № 3 деталь

проходит фрезерную обработку. В цехе № 2 на рабочем месте № 4 деталь собирается в сборочную единицу и передается на склад готовой продукции. Описанный порядок перемещения обрабатываемой детали показан на рисунке 3.4.

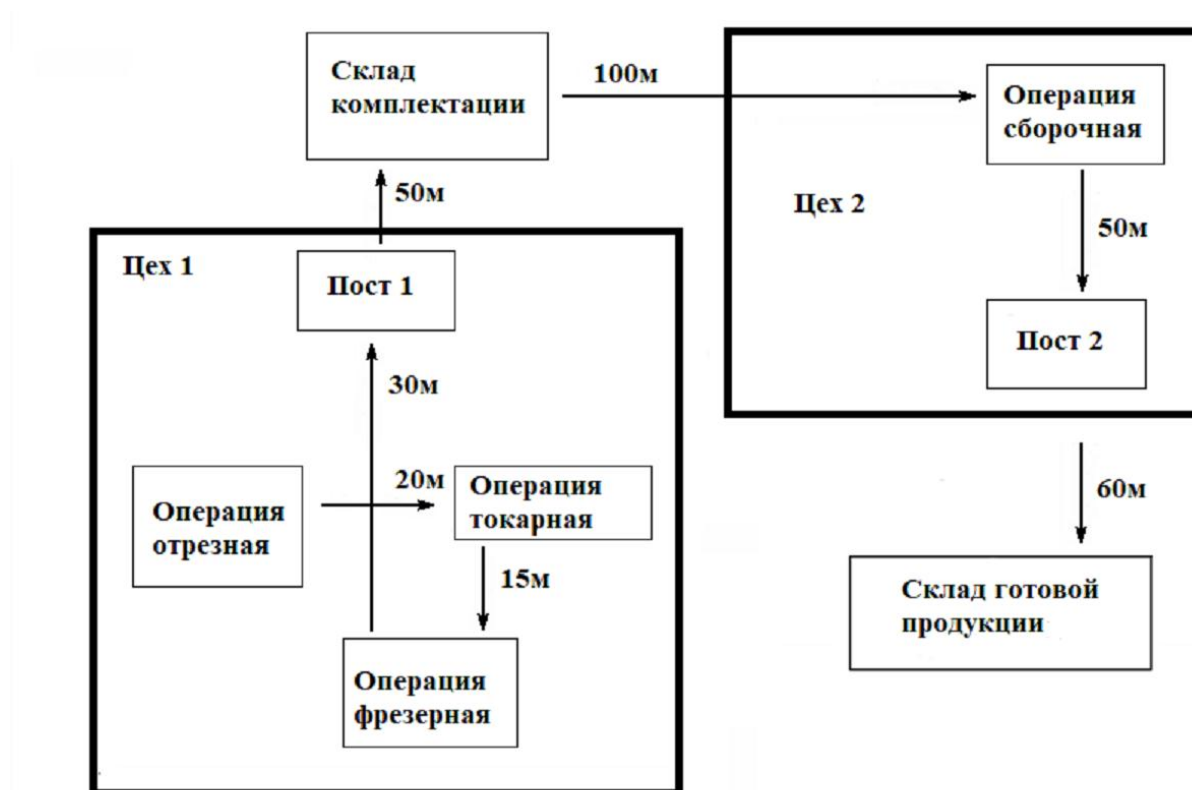


Рисунок 3.4 – Текущее состояние обработки детали в цехах один и два

Данные, собранные в процессе анализа, представлены в таблице 2.

Как показывают данные таблицы 3.1, большая часть процесса выполняется непроизводительно. Нерациональное размещение рабочих мест в ходе выполнения технологических операций не позволяет получать высокую ценность производственного процесса обработки рассматриваемой детали.

При построении карты будущего состояния следует учитывать, что необходимо как можно больше сократить выявленные потери в виде непроизводительных затрат времени, материальных ресурсов и пространства. Поэтому на данном этапе разрабатываются наилучшие желательные показатели всех параметров производственного процесса, которые также отражаются в виде аналогичной таблицы. В нашем примере желаемые параметры ценности процесса представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.1 – Карта потока создания ценности текущего состояния производственного процесса изготовления детали[65]

№ п.п		15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Ито го	
Действие, операции		Хранение	Транспортировка на склад готовой продукции	Контроль ОТК	Транспортировка на контрольный пост 2	Операция сборочная	Транспортировка на сборочную операцию	Хранение	Транспортировка на склад комплектации	Контроль ОТК	Транспортировка на контрольный пост 1	Операция фрезерная	Транспортировка на фрезерную операцию	Операция токарная	Транспортировка на операцию токарную	Операция отрезная		
Место реализации действий		Склад готовой продукции		Пост 2	Цех 2	Цех 2, раб. место №4	Цех 2	Склад комплектации		Пост 1	Цех 1	Цех 1, раб. место №3	Цех 1	Цех 1, раб. место №2	Цех 1	Цех 1, раб. место №1		
Время создания ценности		сек				2500						850		500		300	4150	
Время в течение, которого ценность не создается	Транспортировка	сек		900		520		1500		840		350		380		580	4690	
		м		60		50		100		50		30		15		20	325	
	Контроль	сек			600		200			600		250		125		125	1900	
	Переналадка	сек										1380		600		600	2580	
	Хранение	сек	28000					28000									56000	
Общее время выполнения операции		сек	28000	900	600	520	2700	1500	2800	840	600	350	2380	380	1225	580	1025	69700
Запасы		шт.			15	100		500		100		100		100		50	965	
НЗП		шт.	200			50											250	
Количество операторов		чел.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	

Таблица 3.2 – Карта потока создания ценности будущего состояния производственного процесса изготовления детали [65]

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

С целью обобщения полученных результатов авторы построили таблицу целевых показателей, в которую занесены данные параметров текущего состояния и будущего (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Сравнительный анализ параметров текущего и будущего состояния производственного подразделения

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

Как видно, авторам удалось существенно снизить объем производственных запасов и незавершенного производства. Запасы составят лишь 1 % от текущего уровня, а объемы незавершенного производства сократятся до 8 % от имеющего место в текущий момент времени. Уменьшилось также число работников.

3.4 Контрольные вопросы

Ознакомьтесь с лекционным материалом и ответьте на вопросы.

- 1) Какие принципы бережливого производства известны?
- 2) Какие методы бережливого производства известны?
- 3) Какие цели и результаты достигаются с помощью методов бережливого производства?
- 4) Что представляет собой поток создания ценностей на предприятии?
- 5) В какой последовательности реализуются принципы бережливого производства на предприятии?

3.5 Практическое занятие

План занятия:

Обсуждение: «Основные виды потерь на производстве (на примерах кластеров авиа- и машиностроения)»

1) Дискуссия: «Реальность устранения потерь в практике региональных предприятий – опыт производственной практики, профессиональной деятельности, внедрения рационализаторских предложений».

2) Экспресс – опрос «Методы и принципы бережливых производств».

3.6 Задания для самостоятельной и исследовательской работы

Проведите анализ изменений в потоке ценностей по данным примера п.3.3. Какие изменения произошли в объеме запасов, времени производства, количестве работников. Определите в процентах время создания ценности в начальном и новом варианте. Обратите внимание на операции хранения. Выясните какой процент времени от всего цикла она занимает. Рассчитайте, во сколько раз сократилось время цикла, время хранения. Сделайте вывод о возможностях метода создания потока ценности.

3.7 Рекомендуемая литература

1. Баранов, А.В. Обзор основных принципов бережливого производства и перспектив их применения на предприятиях машиностроения / А.В. Баранов // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2009. – № 3 (7). – С. 37-42.

2. Бережливое производство. Технологии победителей: журнал. – Режим доступа: – https://kamaz.ru/about/production_system/zhurnal-po-berezhlivomu-proizvodstvu/

3. Березовский, Э.Э. Инструменты и методы управления промышленными предприятиями на основе Lean-концепции : автореф. дис. ... канд. экон. наук. / Э.Э. Березовский. – Краснодар, 2014. – 25 с.

4. Вумек, Джеймс П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Джеймс П. Вумек, Дэниел Т. Джонс – М.: Альпина Паблишер, 2011. – 120 с.
5. ГОСТ Р 56020-2014 «Бережливое производство. Основные положения и словарь». – М.: Стандартинформ, 2014. – 25 с.
6. ГОСТ Р 56407-2015 «Бережливое производство. Основные методы и инструменты». – М.: Стандартинформ, 2015. – 22 с.
7. ЛИН-технологии: бережливое производство. Научно-практический журнал. – Режим доступа http://panor.ru/magazines/lin_tekhnologii_berezhlivoe_proizvodstvo.html
8. Луис, Р. Система Канбан. Практическое руководство / Р. Луис. М.: РИА «Стандарты и качество», 2008. – 216 с.
9. Монден, Я. Тойота : методы эффективного управления / Я. Монден ; пер. с англ. – М. : Экономика, 1989. – 288 с.
10. Панина, Ф.Ю. Построение карты потока создания ценности в системе бережливого производства: практический подход / Ф.Ю. Панина, Л.А. Федоськина// Системное управление. – 2011. – № 4 (13). – С. 19-25.
11. Производство без потерь для рабочих / пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 152 с.
12. Тайити Оно. Производственная система Тойоты: уходя от массового производства. – М: Изд-во ИКСИ, 2012. – 192 с.

4 Техничко-технологические аспекты использования инструментов бережливого производства

В данном разделе кратко охарактеризованы технические, технологические и организационные аспекты основных методов бережливых производств, даны примеры их реализации в условиях авиа- и машиностроения.

4.1 Система 5S

5S (система 5S) – это метод организации рабочего пространства (офиса), целью которого является создание оптимальных условий для выполнения операций, поддержания порядка, чистоты, аккуратности, экономии времени и энергии. 5S является инструментом бережливого производства.

Система включает пять шагов.

Шаг 1 – Сортировка, удаление ненужного. На рабочем месте все предметы разделяются на необходимые и ненужные. Производится удаление ненужных предметов. Эти действия на рабочем месте приводят к улучшению культуры и безопасности труда. Все сотрудники вовлекаются в отсортировку и определение предметов, которые должны быть:

- а) немедленно удалены и утилизированы;
- б) перенесены в место для хранения;
- в) оставлены, как необходимые для выполнения работы.

Необходимо установить правила, каким образом делать отсортировку ненужного.

Шаг 2 – Самоорганизация, соблюдение порядка, определение для каждой вещи своего места. Навести порядок с необходимыми предметами. Необходимые предметы располагают на определенные места так, чтобы они были легко доступными для каждого, кто пользуется ими. Следует также промаркировать их для быстрого поиска.

Шаг 3 – Соблюдение чистоты, систематическая уборка. Создается система, в которой ничего больше не загрязняется. Убедиться, что всё

находится на своих местах. Рабочие зоны для рабочих мест должны быть разграничены и обозначены. Регулярно и часто убирать, чтобы в случае, когда вам что-нибудь понадобится, оно находилось на месте и в рабочем состоянии. Тщательная уборка оборудования обеспечивает предотвращение и идентификацию возможных проблем в работе.

Шаг 4 – «Стандартизировать» процесс. Поддерживать порядок и чистоту посредством регулярного выполнения первых трех шагов. Самые эффективные решения, найденные в ходе реализации первых трех шагов необходимо закрепить письменно, чтобы стать наглядными и легко запоминающимися. Разработать стандарты документов, приемов работы, обслуживания оборудования, техники безопасности с использованием визуального контроля.

Шаг 5 – Совершенствование порядка и дисциплина. Для поддержания рабочего места в нормальном состоянии выполнять работу дисциплинированно, в соответствии с установленными стандартами. Визуализировать действия по улучшению: выявлять улучшения в оборудовании; записывать предложения для улучшений; внедрять новые улучшенные стандарты.

В случае проектирования рабочего места система 5S дает рекомендации:

1) минимизируйте рабочую поверхность: «чем больше места, тем больше мусора». В идеале рабочая поверхность должна быть наклонной, однако кто-то должен это проверить. При необходимости можно применять и наклонные контейнеры для материалов;

2) сделайте рабочее место настраиваемым. Необходима гибкость. Когда в разных сменах работают операторы разного роста, рабочее место просто обязано быть адаптируемым. Это позволит предотвращать утомление. Настройки можно выполнять с помощью системы разъемов, зажимов, пневматики, гидравлики и т.д. Причем, чем проще, тем лучше;

3) нет ничего постоянного. Не существует постоянных рабочих мест. Используйте колеса для перестановки, когда будете проводить улучшения на этом участке;

4) используйте быстро отключаемые коммуникации на всех ваших линиях. Быстрое подключение к электричеству, сжатому воздуху, воде и т.д. будут стимулировать простоту перепланировки. Подвижность рабочих мест критически важна, когда мы проводим улучшения с учетом планировки помещений;

5) фронтальная загрузка. Рабочий, снабжающий место деталями и материалами должен восполнять запасы материалов не отвлекая оператора. Пока обеспечивается фронтальная загрузка сырья, брак и мусор должны удаляться с рабочего места сзади;

6) рабочему месту придают U-образную форму;

7) место обеспечивают зажимами и фиксаторами. Мониторы, датчики, контрольные диаграммы и т.д. могут быть развернуты к оператору. Используйте отверстия в рабочей поверхности или приспособления, которые будут помогать в работе. Встраивайте приспособления так, чтобы можно было использовать одновременно обе руки;

8) сделайте отверстие для мусора. Попытка дотянуться до мусорного ведра не должна быть дополнительным элементом работы. Отверстие в столе с подсоединенным желобом — идеальный способ удаления мусора с рабочего места;

9) сделайте так, чтобы инструмент было удобно брать и класть. Когда удобно брать и класть на место инструмент, это экономит время. Размещение инструмента нужно выполнять с учетом этого аспекта;

10) используйте пополнение мелкими деталями по трубкам с помощью гравитации. Если их правильно сконструировать, они займут меньше места, чем стандартные контейнеры;

11) информационный поток. Конструируйте стол, учитывая то, как будет проходить поток информации – контейнеры для сбора «канбанов», стандарты операций и т.д.

К инструментам системы относится визуализация с помощью графиков, вычерчивания контуров расположения, разметки, фотографии «до и после».

Инструментом системы 5S являются чек-листы аудита происходящих перемен. Пример листа приведен на рисунке 4.1

Баллы: 0 - не соответствует, 1 - мало соответствует, 2 - отчасти соответствует, 3 - в значительной мере соответствует, 4 - полное соответствие		Отдел:		Баллы:		Дата начала:			
		Заполнил:		Прошлый рез-т:		Дата завершения:			
Определение необходимого и удаление ненужного				0	1	2	3	4	Примечание
Сортировка	Все ненужные предметы удалены из рабочей зоны (инструменты, механизмы, коробки и т.п.)?								
	Инвентарная ведомость включает ненужный инвентарь?								
	Инструменты и оборудование расположены в наиболее удобных местах?								
	Шкафы, шкафчики для инструментов и стеллажи содержат только нужный инвентарь?								
	Зона карантина содержится в порядке и оснащена современной техникой?								
Промежуточный итог:									
Все на своем месте				0	1	2	3	4	Примечание
Самоорганизация	Стеллажи и другие места хранения содержат ярлыки с указанием нужного расположения инвентаря?								
	По возможности используются системы организации хранения инструментов и материалов?								
	Проходы и рабочие места четко обозначены и не загромождены?								
	Личные вещи (верхняя одежда, сумки, газеты и т.д.) хранятся в шкафчиках?								
	Имеются в достаточном количестве средства защиты, отвечающие современным требованиям?								
Промежуточный итог:									
Уборка и поиск способов поддержания чистоты				0	1	2	3	4	Примечание
Систематическая уборка	Полы: содержатся ли они в чистоте и хорошем состоянии?								
	Оборудование и инструменты: свободны ли они от пыли, грязи и подтеков?								
	Мусорные баки: опустошаются ли они регулярно?								
	Есть ли лицо, ответственное за повседневные проверки и текущий ремонт?								
	Операторы регулярно чистят оборудование и инструменты без предварительного напоминания?								
Промежуточный итог:									
Внедрение стандартов				0	1	2	3	4	Примечание
Стандартизация	Состояние материалов контролируется?								
	Все сотрудники знают свои обязанности и имеют представление об общих процессах в отделе?								
	Инструкции о способе выполнения повседневных работ доступны и применяются повсеместно?								
	Рационализаторские предложения вносятся и реализуются?								
	Стандарты первых 3S понятны и исполняются?								
Промежуточный итог:									
Поддержание высоких стандартов и постоянное стремление к улучшению				0	1	2	3	4	Примечание
Совершенствование	Чек-листы доступны и используются?								
	Информационная доска 5S постоянно обновляется?								
	Реализованы ли рационализаторские предложения за последний месяц?								
	Все сотрудники имеют достаточную для выполнения своих обязанностей подготовку?								
	Все сотрудники понимают и могут объяснить цель внедрения 5S?								
Промежуточный итог:									

Рисунок 4.1 – Пример чек-листа внедрения системы 5S

На рисунке 4.2 очевидны результаты внедрения системы 5S на рабочем месте: все инструменты упорядочены, категоризованы и находятся в лёгкой доступности.



Рисунок 4.2 – Рабочее место «до и после» внедрения системы 5S

Пример внедрения системы 5S Уралмашзавода можно посмотреть на сайте: <http://www.up-pro.ru/> <http://www.up-pro.ru/>

На участках цеха хранилось большое количество старых запчастей, заготовки и оснастки, не используемой в действующих заказах и т.д., которые загромождали цех. В процессе внедрения 5S металлопродукцию, которая может быть использована, вывозят на склад; то, что нужно в текущем производстве, аккуратно складировать, ненужное после ревизии отправляют в шихту. Всего из цеха планируется вывезти порядка 200 тонн шихты. Помимо освобождения производственных площадей, улучшения состояния рабочих мест в результате реализации этого металлолома завод получит порядка 1,3 млн. руб. А затраты на вывоз составят около 15 тыс. руб.



Рисунок 4.3 – Фотографии «до и после» по результатам внедрения системы 5S на Уралмашзаводе

4.2 Система Andon (визуализация контроля)

Андон («лампа») – инструмент визуализации контроля текущего состояния хода производства, который уведомляет о проблеме качества или процесса. В качестве информационных средств при этом способе визуализации применяют сигнальные лампы, световое табло, информационные панели (доски), мониторы. Сигнальные лампы работают следующим образом: если технологический процесс выполняется нормально, горит *зеленая* лампа; если в процессе возникают несерьезные проблемы, включается *желтая* лампа; при возникновении серьезной проблемы, требующей остановки процесса, включается лампа *красного* цвета [22].

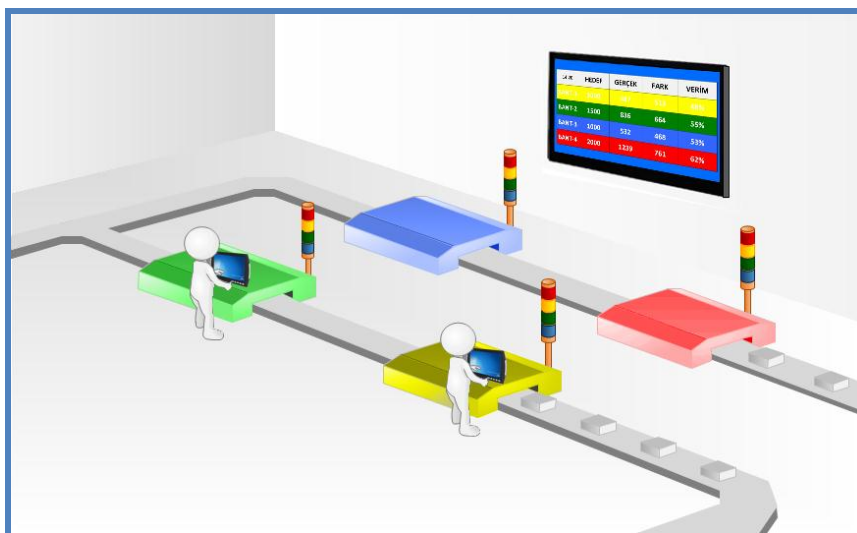


Рисунок 4.4 – Принцип действия системы «Андон»

На световых табло обычно указывают количество деталей, которые нужно изготовить по плану, и количество действительно изготовленных деталей. Преимущества использования андонов: быстрое обнаружение проблем; быстрая реакция на проблемы; устранение повторяющихся проблем благодаря раннему их обнаружению, что позволяет применить надежные контрмеры; наделение работников полномочиями остановить процесс при возникновении проблемы; предотвращение неконтролируемости процесса; процесс становится более управляемым.

4.3 Система выстраивания потока (Continuous Flow)

Система необходима для выстраивания производственных потоков без остановок и скопления буфера. В результате устраняются многие виды потерь: излишние запасы, время, транспортировка. Опыт зарубежных авиадвигателестроительных предприятий («Pratt & Whitney», США) по внедрению бережливого производства показал, что за счет автоматизации такой системы в условиях АСТПП удалось переместить на другое место все семь тысяч станков, организовать производство двигателей в непрерывном потоке.

Поток двигался через производственные модули и попадал на окончательную сборку при помощи простой «вытягивающей системы». В каждом модуле, где изготавливались компоненты двигателя, была произведена реорганизация восьмидесяти бизнес-единиц, каждая из которых отвечала за производство определенной группы деталей. Сказанное позволило «Pratt & Whitney» уменьшить производственные площади с 12,5 млн кв. футов до 8 млн кв. футов.

Для реализации системы может использоваться инструмент - диаграмма «спагетти» (spaghetti chart) – документ с графическим отображением траектории, которую описывает продукт, двигаясь по потоку создания ценности на заводе, работающем по технологии массового производства. Название возникло потому, что эта траектория обычно совершенно хаотична и похожа на тарелку со спагетти, например как на рисунке 4.5 .

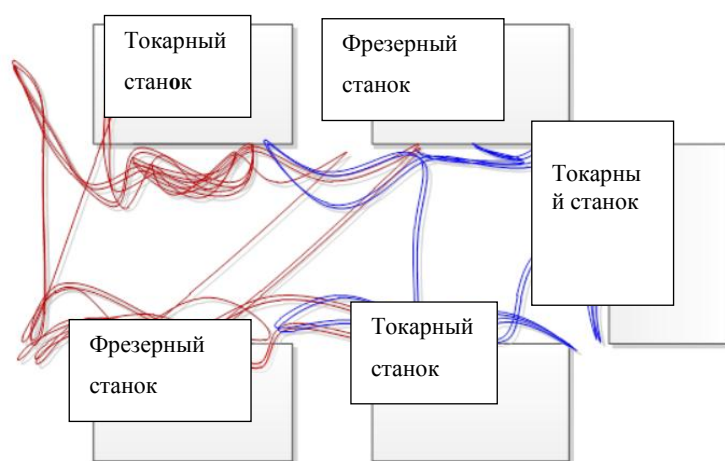


Рисунок 4.5 – Диаграмма спагетти работы двух операторов в производственной ячейке

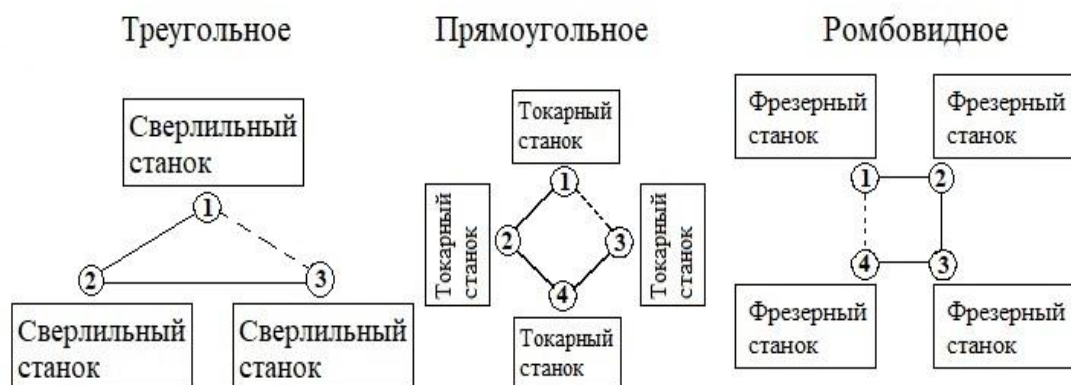
Анализ диаграммы «спагетти» позволяет выявить нерациональные перемещения продукции и работников в процессе производства и разработать рекомендации по улучшению потока создания ценности.

На рисунке 4.6 варианты 1 и 3 наиболее рациональны.



Рисунок 4.6 – Анализ выстраивания потока по вариантам размещения оборудования.

Известны достоинства и недостатки различных схем размещения оборудования в ГПС (рисунок 4.7) [48].



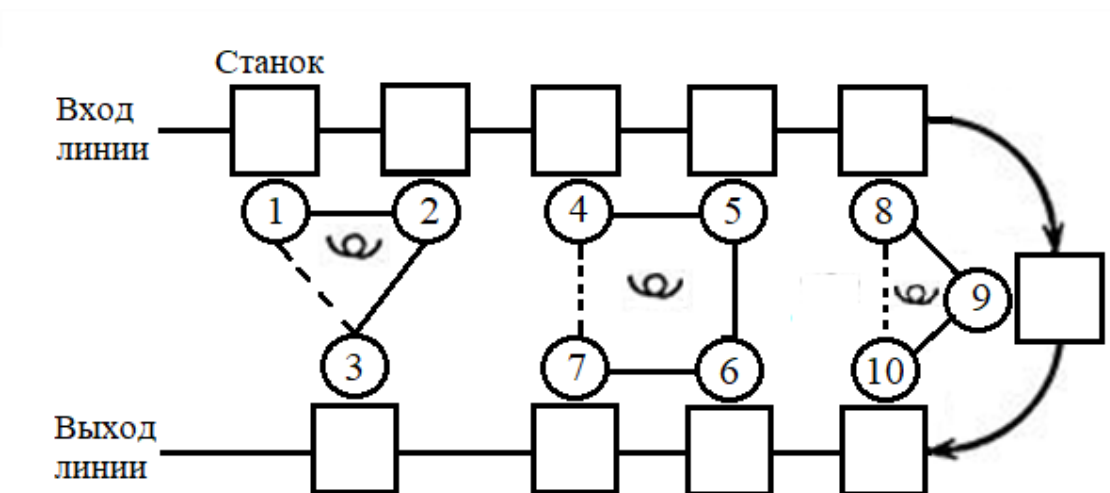
а) Размещение «Птичья клетка»



б) Размещение «Изолированные островки»



в) Линейное размещение



г)

U – образное размещение оборудования

Рисунок 4.7 – Варианты организации потоков при различном размещении оборудования

При размещении оборудования по принципу «Птичья клетка» один станочник обслуживает несколько станков. Недостатком данного метода являются возрастающие запасы полуфабрикатов в виде межоперационного оборотного задела, а также сложность синхронизации такого производства.

Размещение оборудования по принципу «Изолированные островки» основывается на том, что станки располагаются в соответствии с последовательностью обработки деталей. Такой вариант размещения позволяет организовать поток, но обособляет рабочих друг от друга, как следствие нарушение синхронности и излишние запасы.

Размещение оборудования по принципу «Линейное расположение» – предполагает переход рабочего от одного станка к другому, но не дает возможности перераспределения операций между рабочими при изменении спроса т.к. требуется дробное число рабочих, что обуславливается независимостью одной линии от других.

Размещение оборудования по принципу «U – образное расположение» – позволяет быстро реагировать на изменение загрузки, так как рассматривается, как одна общая линия.

При организации движения потока соблюдают следующие рекомендации: размещение рабочих центров по потоку; расположение оборудования, позволяющее одному рабочему обслужить несколько станков; организация перемещения изделий против часовой стрелки (U – образное размещение оборудования).

В качестве примера рассмотрим объединение U образных потоков в целях быстрого реагирования на изменение размеров партии выпуска изделий.

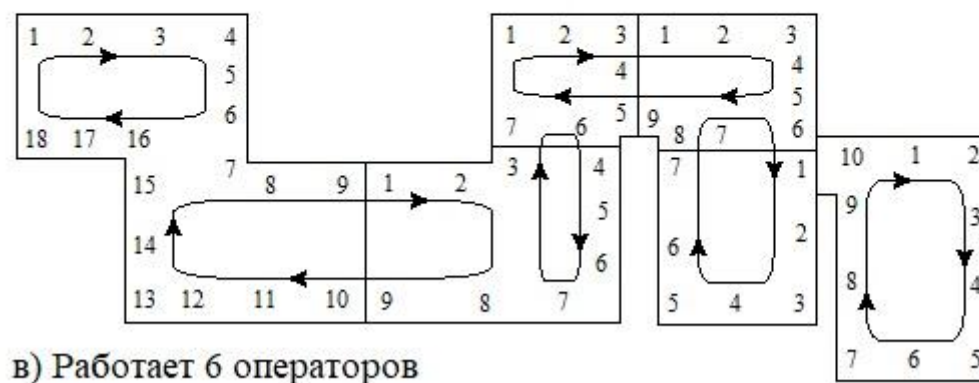
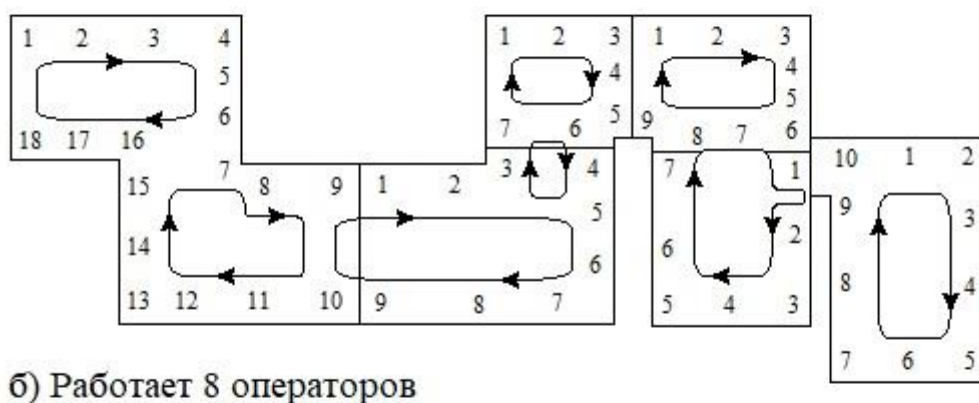
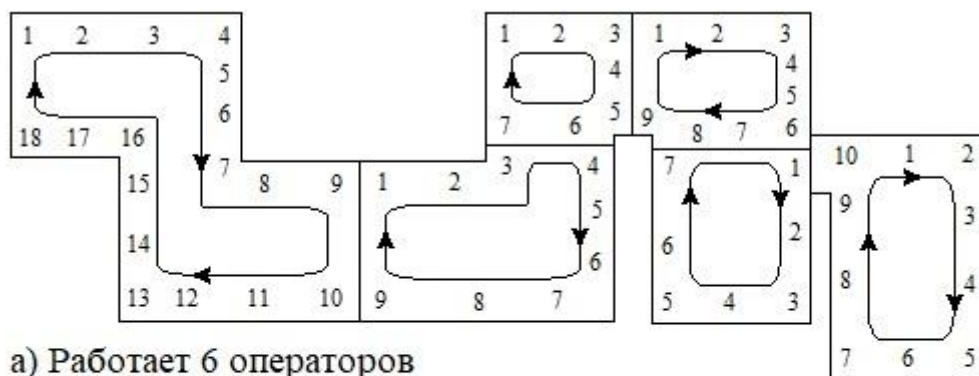


Рисунок 4.8 – Пример объединения линий в одну для организации
ПОТОКОВ

Условиями для реализации данного метода являются: U образное или линейное расположение оборудования (по ходу технологического процесса, рабочие могут быстро перейти на другой участок). Наличие хорошо подготовленных рабочих-многостаночников, владеющих разными специальностями, система профессиональной ротации.

Предположим, имеется комплексная линия, состоящая из шести различных участков, и на каждом участке происходит определенная операция (рисунок 4.8 а). В соответствии со спросом на продукцию в первом месяце такт потока этой комплексной производственной линии был равен 1 мин. При такой скорости на линии было занято 8 рабочих (рисунок 4.8 б). Перемещения рабочих указаны замкнутыми контурами со стрелками. В следующем месяце спрос сократился, и такт потока возрос до 1.2 минут. Все операции перераспределяются между 6 рабочими, которые должны будут производить больше операций, чем в предыдущем месяце (рисунок 4.8 в).

4.4 Система SMED, быстрая переналадка

Быстрая переналадка (Single Minute Exchange of Die) основана на анализе и изменении процессов переналадки. В процессе переналадки оборудования демонтируется отработавший инструмент и оснастка, устанавливается новый инструмент и оснастка, настраивается положение инструмента и оснастки, проверяется качество пробных деталей [77, 51]. Этот цикл включает повторяющиеся действия, представленные на рисунке 4.9.

Различают внутренние операции по переналадке – операции, которые можно производить только на отключенном оборудовании (установка и снятие штампов) (рисунок 4.10).

Внешние операции по переналадке – это действия, которые можно выполнять без отключения оборудования (доставка новых штампов к прессу, подготовка элементов крепления и пр.) (рисунок 4.11).



Снимаются штампы, оснастка, инструмент, крепеж. Выполняется уборка станка, конвейера. Удаляются детали, инструмент и все остальное

Устанавливаются новые штампы, оснастка, инструмент, крепеж. Подвозятся (загружаются) новые детали, инструмент и все остальное

Каждый инструмент или элемент оснастки устанавливается определенным образом, чтобы получить готовое изделие заданных размеров

Выполняется пробный пуск и проверяется соответствие полученного изделия чертежу

Рисунок 4.9 – Основные действия при переналадке

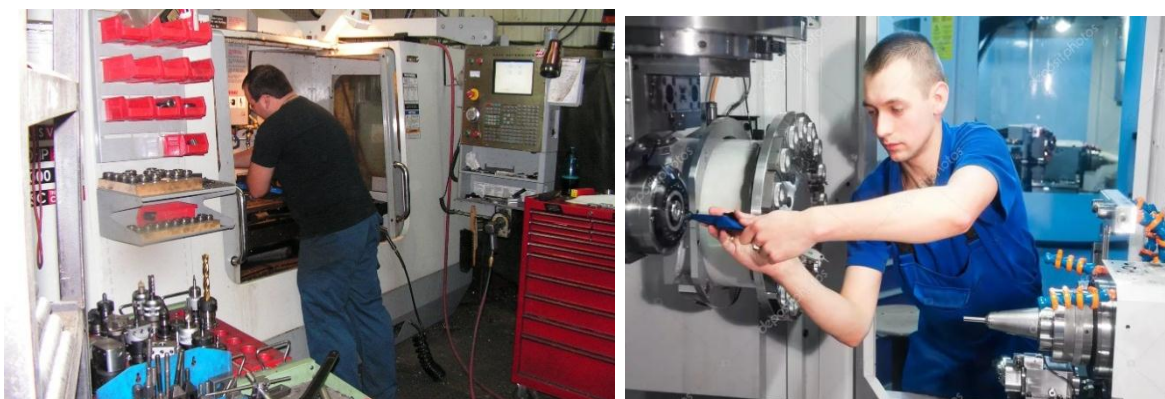


Рисунок 4.10 – Внутренние операции переналадки станка



Рисунок 4.11– Внешние операции переналадки станка

В целях сокращения потерь система быстрой переналадки включает следующую последовательность действий:

- разделение внутренних и внешних операции переналадки;
- перевод внутренних операций переналадки во внешние;
- применение функциональных зажимов или полное устранение крепежа;
- использование дополнительных приспособлений;
- применение параллельных операций;
- устранение регулировок;
- механизация;
- сокращение времени внутренних операций переналадки;
- сокращение времени внешних операций переналадки.

В целях быстрой переналадки для перевода внутренних операций во внешние могут быть использованы вибрационные механизмы ориентации (вибробункер), которые по сравнению с механизмами ориентации с движущимися органами имеют ряд преимуществ: они могут быть использованы для разнообразных симметричных и несимметричных заготовок, в том числе и для заготовок из малопрочных и хрупких материалов; у них предусмотрены возможность быстрой переналадки с затратой относительно небольших средств на различные типоразмеры заготовок, возможность регулирования производительности, они отличаются долговечностью, малым потреблением электроэнергии и надежностью.

Такие возможности имеют захватные устройства, которые являются одним из основных элементов промышленных роботов, обычно закрепляемым на конце рычажного устройства. Они должны обеспечивать возможность быстрой переналадки промышленного робота для выполнения ими различных операций, надежный захват и удержание деталей, разнообразных по геометрии, размерам, массе.

В качестве примера рассмотрим опыт быстрой переналадки токарной обработки на станке Weiler 110 с ЧПУ на ОАО «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева» (разработка А. В. Чуваева, М. А. Арзамасцевой).

Применение фотографии рабочего времени позволило авторам выделить основные этапы переналадки и собрать данные о длительности всех операций. Фотография рабочего времени проводилась автором с применением видеосъемки, что позволило избежать неточностей, ошибок в процессе сбора данных и большого числа упущений из-за того, что внимание человека рассеивается при попытке охватить сразу все аспекты происходящего. Процесс обработки деталей на станке завершается их чисткой, после чего начинается процесс переналадки. При этом следует отметить, что в ходе переналадки некоторое время выполняются операции над деталями, которые непосредственно не являются элементами переналадки, но удлиняют данный процесс. Процесс обработки деталей занимает порядка 33 минут и требует от рабочего не более 2 минут активных действий, в то время как процесс переналадки занимает почти 12 минут, таким образом, более 25 % времени оборудование простаивает. На рисунке 4.12 представлены основные этапы переналадки. Время на каждый из этапов соответственно: 19, 42, 60, 50, 184, 34, 222 и 90 секунд - итого 701 секунда.



Рисунок 4.12 – Этапы переналадки оборудования

Этапы контроля, набивки номера и транспортировки до места хранения готовой продукции не относятся непосредственно к процессу переналадки и могут быть выполнены после, в процессе токарной обработки, когда рабочий

будет свободен. Для этого необходимо только отцепить обработанную деталь, чтобы использовать кран для транспортировки следующей детали, ожидающей обработки, что увеличит длительность первого этапа на 7 секунд.

Выявлено, что один из этапов «Настройка оборудования» не может быть сокращен с помощью организационных преобразований. Длительность всех операций в ходе этапов «Смена зажимного инструмента» и «Установка детали» представлена в таблицах 4.1, 4.2.

Таблица 4.1 – Длительность операций этапа «Смена зажимного инструмента»

Операция	Длительность, с.
Перемещение кулачка (3 шт.)	8 (на 3 шт. - 24)
Протирка кулачка (3 шт.)	9 (на 3 шт. - 27)
Доставание новых кулачков	10
Уборка прошлых кулачков	11
Установка кулачков (3 шт.)	10 (на 3 шт. - 30)
Закрутка шпинделя	82
Итого:	184

Таблица 4.2 – Длительность операций этапа «Установка детали»

Операция	Длительность, с.
Насадка детали	8
Прикручивание	36
Смена инструмента	7
Регулировка оборудования	45
Смена инструмента	7
Прикручивание	1
Смена инструмента	7
Операция по установке	41
Смена инструмента	7
Закрутка шпинделя	17
Уборка инструмента	6
Регулировка оборудования	23
Контрольная проверка	17
Итого:	222

Операции 2, 3 и 4 этапа «Смена зажимного инструмента» являются внешними, поэтому могут быть выполнены до или после переналадки.

В ходе анализа оставшихся операций выявлено, что значительная часть времени расходуется на откручивание/закручивание, а также на перемещения различного рода, связанные с необходимостью взять/положить инструмент.

Для минимизации данных потерь было рекомендовано:

- 1) использовать пневматическое оборудование для откручивания/закручивания;
- 2) использовать передвижной стеллаж открытого типа для хранения основных инструментов вместо неподвижной тумбы;
- 3) использовать строительный пояс для наиболее часто используемых инструментов.

Рекомендация 1 позволит снизить время на операции откручивания/закручивания со 118 до 16 секунд. Рекомендации 2 и 3 позволят снизить время перемещения с 88 до 34 секунд. Стоимость дополнительного оборудования для реализации предложенных рекомендаций составляет порядка 30-50 тыс. руб. В результате простых преобразований, предложенных в статье, время переналадки было бы сокращено с 701 до 350 секунд, то есть в два раза. Доступное время работы оборудования при этом увеличилось бы на 15 %.

Таким образом, на практическом примере были продемонстрированы возможности системы SMED. Этот пример показывает, что простые организационные преобразования, не требующие значительных усилий и материальных затрат, могут давать ощутимое повышение эффективности производства.

4.5 Система Дзидока (Jidoka)

Дзидока (автономизация) (англ. - autonomation, яп. - дзидока) — принцип работы производственного оборудования, которое способно самостоятельно обнаружить проблемы, например, неисправность оборудования, дефекты в

качестве продукции или задержка в выполнении работы, сразу остановиться и сигнализировать о необходимости оказания помощи. Этот подход по-японски называется дзидока (Jidoka). Он исключает перепроизводство, важную составляющую производственных потерь, и предотвращает производство дефектной продукции. В автономизации станки наделяются интеллектуальными способностями, из-за чего ее называют умной автоматизацией. В противовес полной автоматизации на переднем плане стоит не объем выпуска, а качество и «способность автономно запускаться и останавливаться». Каждая машина в рабочем процессе может работать без постоянного наблюдения со стороны оператора и сама отключаться в случае дефекта, так что не бракованные детали не передаются на следующий процесс (рисунок 4.13).



Рисунок 4.13 – Общая схема автоматизации для обнаружения брака и остановки производства

Так, например, пресс штампует изделие из металлической заготовки. Время от времени металлическая заготовка разбивается под ударами пресса. Производимые вручную технические осмотры нуждались бы в рабочем, который просматривает каждое изделие, чтобы проверить, разбито ли оно. Если дефектный процесс продолжается, испорченное изделие посылается на линию для дальнейшей сборки. Это влечет за собой изготовление конечных продуктов

с дефектами, которые должны либо переделываться в конце, либо превращаться в лом, отсюда повышаются затраты. Применение автономизации заключалось в том, чтобы транспортировать готовое изделие к устройству, которое содержит весы. Если изделие стабильно не входит в устройство, или вес лежит вне приемлемого диапазона, пресс останавливается, и «сигнализирует тревогу» рабочему.

В качестве примера представим процесс сборки подшипника, в корпус которого устанавливается 20 роликов. В ряде случаев станок для установки роликов не срабатывал и пропускал часть роликов. Собранные бракованные подшипники переходили на следующую операцию, где их визуально отбраковывали или, не заметив, брак пропускали. С целью улучшения были выполнены следующие изменения. В станке есть позиция, где вращается подшипник. Там был установлен миниатюрный контактный датчик, которого по очереди касались все ролики. Если датчик не входил в контакт дольше положенного времени, следовал сигнал, и система останавливалась (рисунок 4.14).

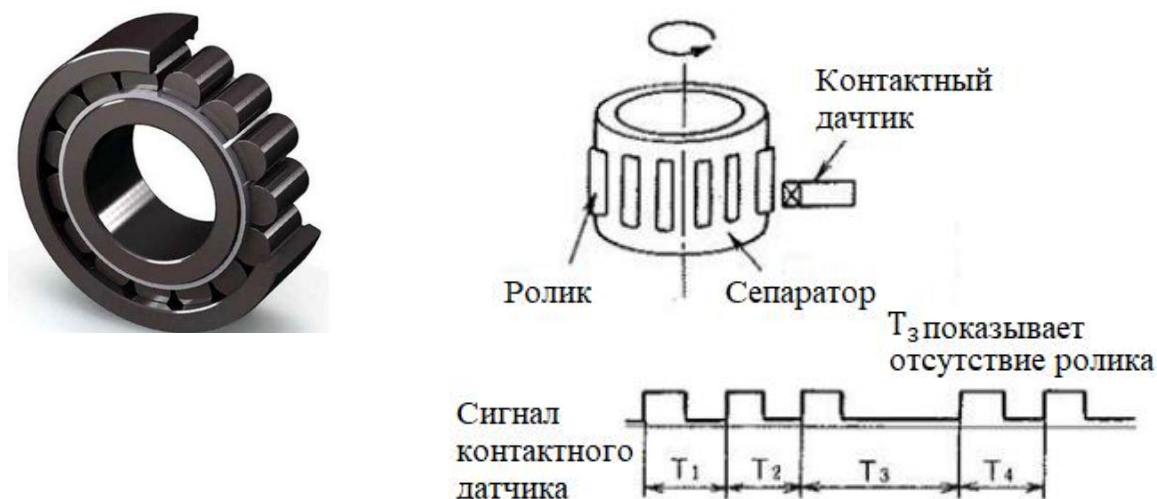


Рисунок 4.14 – Подшипник в сборе и схема устройства контроля установки ролика (по материалам сайта WKazarin.ru)

4.6 Система «Точно в срок» (Just in time, JIT)

Система «Точно в срок» – метод производства и поставок, основанный на «вытягивании» именно того количества компонентов, готовых изделий, которые необходимы клиенту в данный момент. Метод необходим для реализации важнейшего принципа бережливого производства - «вытягивания». В традиционном (толкающем, выталкивающем (рисунок 4.15 а) подходе детали поступают по мере готовности с предыдущей операции на последующую. «Тянущая» система (рисунок 4.15 б) заключается в том, что последующий участок заказывает и изымает детали, сборочные единицы и т.п. с предыдущего участка на последующий.



а) Традиционная схема поступления заказов в машиностроении (выталкивающая система)



б) Схема поступления заказов «точно-в срок» (вытягивающая система)

Рисунок 4.15 – Схема поступления заказов

Метод «точно в срок» заключается в том, что во время производственного процесса необходимые для сборки детали оказываются на производственной линии точно в тот момент, когда это нужно, и в строго

необходимом количестве. В результате компания, последовательно внедряющая подобный принцип, устраняет простои, минимизирует складские запасы, или может добиться сведения их к нулю.

Основные характеристики – иметь только необходимые запасы, когда это необходимо; улучшать качество до состояния «ноль дефектов»; уменьшать длительность цикла путем снижения времени оснащения, размер очереди и величину производственной партии; постепенно модифицировать сами операции; и выполнять эти виды деятельности с минимальными издержками. В авиастроении система «точно-в-срок» является основой технологической кооперации (рисунок 4.16)

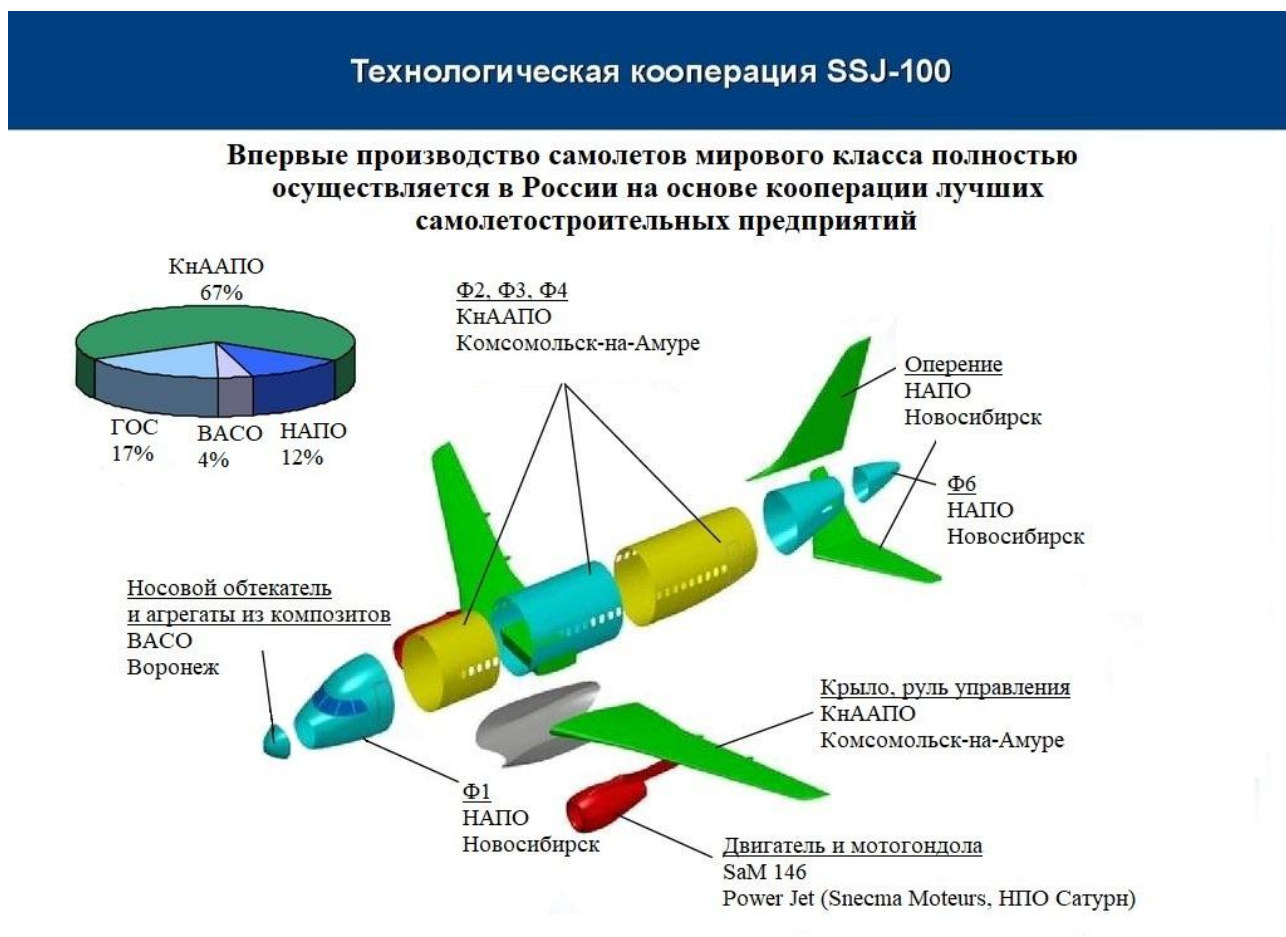


Рисунок 4.16 – Технологическая кооперация на основе системы «точно-в-срок» в авиастроении

4.7 Система «Постоянное улучшение» (Kaizen)

Система Кайдзен (Kaizen) требует непрерывного принятия мер по совершенствованию с участием всех сотрудников данной организации – в равной степени и менеджеров, и рабочих.

Понятие Кайдзен появилось в Японии. Оно образовано двумя словами: (кай) – изменение и (дзен) – к лучшему. Непрерывное изменение малыми шагами, которые не требуют значительных вложений – вот смысл, который заключает в себе понятие Кайдзен. Термин кайдзен предложил Масааки Имаи основатель концепции непрерывного совершенствования [58].

Как правило, для реализации этой системы используются следующие принципы:

- фокусирование на клиентах – для компании, использующей Кайдзен, более всего важно, чтобы их продукция (услуги) удовлетворяла потребности клиентов;
- непрерывные изменения – принцип, характеризующий саму суть Кайдзен, то есть непрерывные малые изменения во всех сферах организации: снабжении, производстве, сбыте, взаимоотношениях и т.д.;
- открытое признание проблем – все проблемы открыто выносятся на обсуждение;
- пропаганда открытости – малая степень обособленности между отделами и рабочими местами;
- создание рабочих команд – каждый работник становится членом рабочей команды и соответствующего кружка качества;
- управление проектами при помощи межфункциональных команд – ни одна команда не будет работать эффективно, если она действует только в одной функциональной группе. С этим принципом тесно связана присущая японскому менеджменту ротация персонала;
- формирование «поддерживающих взаимоотношений» – для организации важны не только и не столько финансовые результаты, сколько

вовлечённость работников в ее деятельность и хорошие взаимоотношения между работниками, поскольку это неизбежно (пусть и не в данном отчётном периоде) приведет организацию к высоким результатам;

- развитие самодисциплины – умение контролировать себя и уважать как самого себя, так и других работников, и организацию в целом;
- информирование каждого сотрудника – весь персонал должен быть полностью информирован о своей компании [58].

Отличительная особенность Кайдзен состоит в том, что деятельность по улучшению планируется и выполняется непосредственно на рабочих местах и имеет разнообразные виды (рисунок 4.17). В связи с этим Кайдзен служит инструментом вовлечения персонала в деятельность по постепенному изменению облика производства.



Рисунок 4.17 – Классификация кайдзен-предложений (ОАО «УАЗ»)

Одной из форм привлечения работников к постоянному совершенствованию производства является Кайдзен-блиц (штурм-прорыв).

Кайдзен-блиц – это командная работа, направленная на быстрое применение методов бережливого производства и сокращение потерь в производственном процессе.

Чтобы провести Кайдзен-блиц, требуется выбрать конкретный производственный участок, на котором будут выполнены действия по улучшению производственного процесса, определить текущую проблему и подход к её решению, поставить цель и установить критерии оценки достижения этой цели. Нужно также отобрать участников и лидеров, установить сроки проведения. Обычно Кайдзен-блиц проводится на протяжении недели. В некоторых случаях продолжительность может составлять день-два, иногда – полдня.

Кайдзен-блицы могут быть самыми разнообразными: от внедрения системы 5S на конкретном рабочем месте и разработки средств визуального управления на отдельном участке до улучшения производственного процесса на всем предприятии

4.8 Система «Канбан»

«Канбан» (Kanban) – метод регуляции потоков материалов и готовой продукции, как внутри предприятия, так и вне его (с поставщиками и клиентами). Метод основан на системе сигналов, показывающих потребность компонентов или готовой продукции, и обеспечивает вытягивающую систему производства. Его результатом является уменьшение потерь, излишних складских запасов, перепроизводства. Используется для реализации принципа «точно в – срок» (Just-In-Time). Замечено, что при работающей системе Kanban результаты складской инвентаризации гораздо лучше [53].

Существует два вида системы «Канбан»: *тарный «Канбан»*; *карточный «Канбан»*.

Тарный «Канбан» представляет из себя единицу тары, на которой находится бирка «Канбан». Бирка «Канбан» на контейнере закреплена жестко и имеет следующие содержание: наименование детали; номер детали; количество деталей; адрес получателя детали; адрес отправителя детали.

Система заказа деталей и узлов по тарному «Канбану» осуществляется следующим образом: по мере окончания деталей в первом тарном «Канбане» оператор убирает его с рабочего места на нижний ярус стеллажа (нижний ярус стеллажа является местом для складирования заказов оператора и получением заказов транспортировщиком) и работает из второго. Транспортировщик забирает порожнюю тару и поскольку к таре прикреплен «Канбан» осуществляется обратная связь между оператором и кладовщиком через транспортировщика для заказа материалов.

Тарный «Канбан» имеет недостаток – требуется дополнительное количество тары на каждую единицу детали при создании склада (рисунок 4.18).



Рисунок 4.18 – Тарный Канбан

Карточный «Канбан» представляет из себя карточку, разделённую на четыре раздела: цвет карточки; адрес отправителя детали; наименование детали, номер детали, количество деталей или узлов, необходимое для поставки по адресу получателя; адрес получателя детали.

Один из вариантов цветовой гаммы: синий – производственный «Канбан» (между производственной линией и зоной выдачи); красный – складской «Канбан» (между складом и зоной выдачи); зелёный – межцеховой «Канбан» (между цехами, производствами заводами и. т.д.).

Доставка деталей должна осуществляться на транспортировочных тележках. Внутрицеховой электротранспорт, должен быть исключён, так как это требует дополнительных затрат на обслуживание, ремонт, дополнительную численность работающих и влияет на безопасность окружающих. Транспортная тележка содержит четыре отделения: для крупных деталей; для средних деталей; для мелких деталей; для порожней тары.

Крупные детали, как на складе, так и на рабочем месте оператора должны перекладываться вручную, они должны перекатываться с транспортировочной тележки на рабочее место, либо наоборот. Транспортировка деталей на рабочие места должна производиться таким образом, чтобы транспортировщик не заходил в рабочую зону оператора. Для этого необходимо на рабочих местах операторов указать все адреса деталей согласно планировке, с обратной стороны рабочего стола оператора.

Первый принцип системы «Канбан» – бирка «Канбан» должна находиться в таре с деталями или прикреплена к ним.

Второй принцип системы «Канбан» – два «Канбана» на рабочем месте, т.е. на одном рабочем месте допускается иметь две нормы деталей. Этот принцип распространяется только на мелкие и средние детали, транспортировка которых осуществляется в специальной таре - данный принцип устанавливает время на транспортировку деталей.

Третий принцип системы «Канбан» - отсутствие бракованных деталей на производственной линии (конвейере), так как если бракованные детали будут

попадать на конвейер, будет отсутствовать стабильная работа транспортировщика и работа конвейера.

Четвертый принцип системы «Канбан» - формирование новой схемы складского хозяйства:

- склад должен быть один, максимально приближённый к конвейеру;
- склад формируется по принципу магазина самообслуживания - транспортировщик движется по складу и сам собирает в тележку необходимые детали и сборочных единиц;
- детали и комплектующие изделия в нужном количестве должны быть подготовленные для транспортировщика работниками склада, одним из самых важных факторов является отсутствие пересчёта, либо скорый пересчёт (мерная, ячеистая тара). Передача товарно-материальных ценностей (ТМЦ) от транспортировщика оператору, также должна осуществляться без пересчёта – на первый план выходит доверие людей друг другу.

Пример цикла «Канбан» на производстве представлен на рисунках 4.19 - 4.20



Рисунок 4.19 – Карточка «Канбан»



Рисунок 4.20 – Карточный «Канбан» на производстве

Для рационального использования рабочего времени кладовщика, транспортировщика и т.д., необходимо применить – упростить систему документооборота (применить штрих-кодирование).

4.9 Общая эффективность оборудования

Система расчета показателей, в которой отслеживаются три категории потерь, связанных с работой оборудования: готовность, производительность, качество. Система позволяет ответить на вопрос насколько эффективно вы используете свое оборудование? Общая эффективность оборудования (ОЕЕ) является сбалансированным показателем, отражающим реальное положение дел, позволяющим улучшать производство и повышать прибыль предприятия.

Определение значения данного показателя сводится к отношению числа изготовленных изделий к числу изделий, которые можно было бы изготовить за то же время в идеальных условиях на идеальном оборудовании или другими словами – к вычислению процента фактического времени работы оборудования, в течение которого оно выпускает качественный продукт.

Одним из наиболее распространенных подходов к наблюдению является сравнение показателя ОЕЕ с некоторым целевым значением. Для оперативного управления простоями оборудования, видимо, лучше использовать показатели, отражающие специфику собственного производства. Анализ причин неэффективности включает три основных этапа: сбор данных, анализ данных и разработка программы повышения эффективности.

Формула для расчета ОЕЕ:

$$OEE = D \times V \times Q, \quad (4.1)$$

где D – доступность – определяется как отношение между фактическим временем производства продукции и запланированным временем;

V – скорость – определяется как отношение между реальной скоростью производства к номинальной скорости;

Q – качество – определяется как отношение количества произведенных изделий, исключая брак к общему количеству изделий.

Показатель ОЕЕ представляется в двух форматах: цифры и проценты. ОЕЕ в виде цифр – измеренные причины возникающих потерь, сгруппированные по определенным, зависящим от типа оборудования, категориям. Проценты – рассчитанный показатель, относительная величина для определенного временного отрезка.

Оптимальное значение ОЕЕ. Показатель ОЕЕ используется для идентификации потерь, возникающих как на отдельной установке, так и на производственной линии, и позволяет отслеживать происходящие улучшения/ухудшения за определенный промежуток времени. Ухудшение

значения OEE может указать на скрытую или неиспользуемую мощность технологического процесса. Контроль значений OEE может дать впечатляющие результаты. Согласно отчету 2003 года от «ARC Advisory Group», по результатам проекта повышения производительности производства компании «Kraft» с использованием OEE, выполненному «Rockwell Automation», «линии с полноценным функционалом OEE обеспечивают экономию средств на 2-3 % большую, чем аналогичные без OEE». Средний показатель OEE на производственных предприятиях составляет 60 %. Оптимальным значением показателя OEE специалисты считают более 80 % для дискретных процессов и более 85 % для непрерывных. Соответственно, если на предприятии показатель OEE:

- меньше 65 % – значит предприятию срочно нужна помощь;
- от 65 % до 75 % – удовлетворительно, но есть существенный неиспользуемый резерв;
- более 75 % – хороший результат, однако и в этом случае есть возможности для улучшения.

Причины, влияющие на уменьшение значения показателя OEE:

- время загрузки (плановое время): время подготовки к запуску производственного процесса, включая переналадку оборудования, период загрузки информации, внеплановые остановки на проверку оборудования, персонала и качества;
- время, в течение которого выпуск продукции не запланирован графиком. Включает в себя плановые остановки для технического обслуживания оборудования, плановые совещания, время на выпуск опытных партий (если этот продукт не собираются продавать), плановое обучение (если при этом не производится продукт), нерабочее время – праздники и выходные дни;
- количество некачественного продукта;
- время остановки – как плановое, так и внеплановое время;

- работа оборудования с более низкой скоростью, чем ожидалось для производства продукта этого размера и формата. Это потерянное время, которое представляет собой разницу между требуемым временем и временем, фактически затраченным на производство продукта.

Так, отечественным журналом «Управление производством» был создан ежегодный рейтинг «Производственные системы», в котором приняли участие 12 российских корпораций. В качестве номинаций рейтинга был показатель «Лучшая система эффективности оборудования ОЕЕ», поскольку среди предприятий машиностроения по результатам исследования «Производственные системы России» установлено, что наибольшей популярностью пользуются система Кайдзен, 5S и ОЕЕ. Среди предприятий машиностроения-участников рейтинга победителями стали «Арзамасский завод коммунального машиностроения» и «Машиностроительный завод ЗиО-Подольск».

4.10 Система «Рока-Йоке», «пока-йоке» (Защита от ошибки)

Система «Рока-Йоке» представляет собой разработку методов предотвращения ошибок непосредственно в производственный процесс. Целью является достижение нуля дефектов, с учетом того, что предотвращение ошибок дешевле, чем инспекция, контроль, проверка.

Принцип нулевой ошибки означает: допускается минимум ошибок или всего одна. При инициировании программ нулевой ошибки отношение к дефектам следующее: промахи из-за забывчивости, случайной перестановки, перепутывания, неправильного считывания, ложной интерпретации, заблуждений, незнания или невнимательности возможны и неизбежны. Однако они должны рассматриваться сотрудниками как нормальное явление. Их следует вскрывать и нельзя замалчивать. Необходимо искать не виновников дефекта, а его причину. Причины дефектов отыскиваются путем разделения следующих понятий: причина – промах и заблуждение – сотрудник – действие

– дефект, возникший в продукте. Таким образом, определяется механизм предотвращения ошибок. Его основные моменты:

- создание предпосылок для бездефектной работы;
- внедрение методов бездефектной работы;
- систематическое устранение возникших ошибок;
- принятие мер предосторожности и внедрение простых технических систем, позволяющих сотрудникам предотвратить совершение промаха (рока-случайная, непреднамеренная ошибка; уока-избежание, сокращение количества ошибок).

Система защиты от ошибок включает правила, к которым чаще всего относят следующие:

- как можно ближе подойти к источнику проблемы, туда, где проблема действительно возникла, и где она снова может появиться;
- ввести сразу все необходимые виды контроля и меры предотвращения повторного появления проблемы;
- при разработке и конструировании использовать сложные методы и техники устранения проблемы, а в производстве применять простые и быстрые решения;
- улучшения в производстве проводить быстро, без сложных анализов и таким образом, чтобы все люди были включены в решение общих проблем и устранение несоответствий.

Применение метода Рока Yoke особенно эффективно при определении ошибок в области входного контроля – в таком случае дефект выявится до того, как будут совершены те или иные операции. Этот метод используется также при контроле завершённого процесса, при проверке в ходе выполнения процесса самим работником, при передаче изделия на последующие процессы.

Для предотвращения ошибок необходимо отнести проверку качества в структуру выполняемых процессов в качестве их рабочего этапа. Метод Рока-уоке, применяемый вместе с другими инструментами бережливого

производства, служит гарантией того, что изделие бездефектно, а процесс его производства протекает без сбоев.

В материалах публикаций производителей (например, альманах «Управление производством» [2] приведены примеры технического и организационного характера, обеспечивающие решение задач защиты от ошибок.

Так, например, при сверлении на вертикально-сверлильном станке со стойкой обрабатываемое изделие часто закреплялось в зеркально перевернутом виде. Результат – неправильное положение сверления, которое было обнаружено только при монтаже. Причиной дефекта была ошибка при закреплении изделия. Это достаточно типичная ошибка, которую можно устранить, используя устройства позиционирования на сверлильной стойке; обучение персонала; оптический контроль.

Сегодня для предотвращения ошибочных действий применяются жесткие и мягкие мероприятия. К жестким относятся: геометрически замкнутые формы, точные размеры, одинаковый материал, проверка процесса с отключением и др., например, рисунок 4. 21

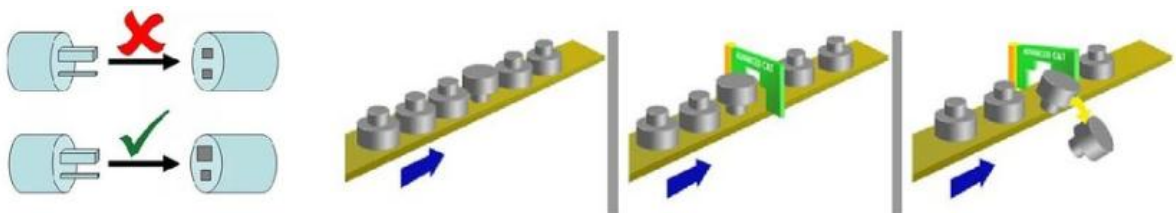


Рисунок 4.21 – Примеры конструкций простых приспособлений для исключения ошибки установки детали

Другой пример «жестких» мероприятий. В цехе, несмотря на маркировку и контроль, постоянно повторяются две одинаковые ошибки: деталь А при монтаже блока часто оказывается в окошке 2, и наоборот, деталь В оказывается в окошке 1. Простой прием защиты от ошибок – пока-ёкэ – позволяет найти

решение, делающее невозможной любую ошибку. Конфигурации окошка 1 и монтажного элемента А так изменены, что замена при монтаже даже теоретически невозможна (рисунок 4.22).



Рисунок 4.22 – Принцип действия Рока-юке для исключения ошибок подачи монтажного элемента в нужное окошко

Например, на предприятиях машиностроения существует проблема ошибок комплектовщицы при упаковке запасных частей. Более десятка видов крепежа в конкретном количестве нужно упаковать в один пакет. Это требовало постоянной концентрации внимания. Был разработан ячеистый стол, который позволяет перед высыпанием набранной комплектации в упаковку удостовериться в том, что в каждой ячейке нужное количество комплектующих (рисунок 4.23).



Рисунок 4.23 – Ячеистый стол для размещения всех деталей комплекта без потерь

Для решения проблемы загрязнения цеховой пылью песка, поступающего в стержневой автомат по ленточному конвейеру, над ним установлен защитный кожух.

На участке сборки кабин самолета внедрены тележки, содержащие строго необходимое количество комплектующих для сборки одной кабины. Это предотвращает ошибки при сборке, а также исключает потери времени на поиск нужной детали.

На испытательных камерах для проверки герметичности кабины внедрен таймер, предотвращающий несоблюдение времени пролива.

Часто применяются более мягкие мероприятия, как например, использование окрашивания разными цветами, различных конфигураций или последовательностей в выполнении монтажа, свечение, сигналы, указания (рисунок 4.24).



Рисунок 4.24 – Цветные указатели (Рока-юке) во вспомогательных материалах на японском предприятии и в визуализации на российском предприятии.

В производствах на штуцеры после контроля момента затяжки ставят специальные цветные полоски. Они позволяют убедиться в том, что операция

контроля не была пропущена, а также, что соединение после затяжки не расслабилось (рисунок 4.25).

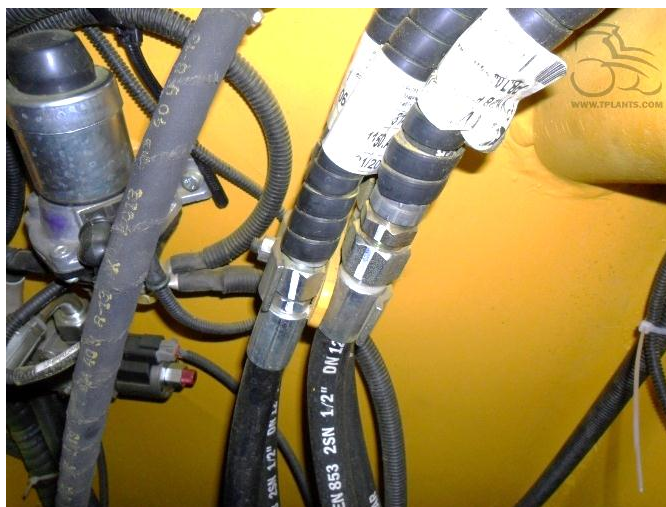


Рисунок 4.25 – Штуцеры с контрольными цветовыми полосками –
сигналом затяжки и проверки

Таким образом, в большинстве случаев система Рока-Йоке предполагает выбор самых простых вариантов решений, так как бóльшая часть затрат на подготовку производства – это разработка и изготовление оснастки. Новые возможности открывают инновационные технологии, которые становятся все более дешевыми. Так, например, чтобы снизить эти затраты, компании – немецкий «Volkswagen» и японская «Ricoh» – используют оснастку, изготовленную методом послойного синтеза. Такая оснастка изготавливается значительно быстрее металлической, она легче и позволяет лучше реализовать принцип нулевой ошибки. Это снижает вероятность ошибок сборки, утомляемость сотрудников и ускоряет процесс работы, в итоге снижаются производственные затраты. В данном случае экономия составила порядка 150 000 евро.

4.11 Система ТРМ - всеобщее производительное обслуживание

ТРМ (Всеобщий уход за оборудованием) (англ. Total Productive Maintenance, ТРМ) – концепция развития производственного оборудования, нацеленная на повышение эффективности технического обслуживания. Метод «Всеобщего ухода за оборудованием» построен на основе стабилизации и непрерывного улучшения процессов технического обслуживания, системы планово-предупредительного ремонта, работы по принципу «ноль дефектов» и систематического устранения всех источников потерь.

В системе «Всеобщего ухода за оборудованием» речь идет о широком понимании обслуживания средств производства как интеграции процессов эксплуатации и технического ухода, раннем участии ремонтного персонала в разработке графиков обслуживания оборудования и точном учете состояния оборудования для целенаправленного содержания его в исправности. ТРМ играет важную роль, в частности, в управлении производством в системе «точно вовремя», так как наличие обусловленных содержанием в исправности помех ведут к потерям времени, которые увеличиваются по всей цепочке создания добавленной стоимости.

Практический опыт российских и мировых предприятий по внедрению и использованию системы ТРМ представлен в альманахе «Управление производством» [2]. Изложенный производственный опыт позволяет сделать обобщения.

Целью внедрения ТРМ является устранение хронических потерь:

- выход из строя оборудования;
- высокое время переналадки и юстировки;
- холостой ход и мелкие неисправности;
- снижение быстродействия (скорости) в работе оборудования;
- дефектные детали;
- потери при вводе в действие оборудования.

Система предполагает реализацию восьми принципов ТРМ:

- непрерывное улучшение: нацеленное на практику предотвращение 7 видов потерь;
- автономное содержание в исправности: оператор оборудования должен самостоятельно проводить осмотр, работы по чистке, смазочные работы, а также незначительные работы по техническому обслуживанию;
- планирование технического обслуживания: обеспечение 100%-й готовности оборудования, а также проведение мероприятий кайден в области технического обслуживания;
- тренировка и образование: сотрудники должны быть обучены в соответствии с требованиями по улучшению квалификации для эксплуатации и технического ухода за оборудованием;
- контроль запуска: реализовать вертикальную кривую запуска новой продукции и оборудования;
- менеджмент качества: реализация цели «нулевые дефекты в качестве» в изделиях и оборудовании;
- ТРМ в административных областях: потери и расточительство устраняются в непрямых производственных подразделениях;
- безопасность труда, окружающая среда и здравоохранение: требование преобразование аварий на предприятии в нуль.

Автономное содержание в исправности – важнейший принцип ТРМ. Для этого все большая часть необходимой деятельности по техническому обслуживанию (чистка, смазка, технический осмотр устройств) упрощается, стандартизируется и постепенно передается на места в обязанности сотрудников. Система ТРМ стирает границы между работой на станке и уходом за ним и наделяет операторов полномочиями заботиться о своих станках. Внедрение программы ТРМ возлагает на рабочих ответственность за станки и стимулирует вовлеченность цехового персонала в повышении производительности. Вследствие этого сотрудники отдела главного механика освобождаются, с одной стороны, от текущей рутинной деятельности, так что

они получают большее время для разработки и проведения мер по улучшению. С другой стороны, теперь оборудование (устройства) могут обеспечиваться необходимым техническим обслуживанием, которые ранее не могли предоставляться в распоряжение вообще либо своевременно из-за отсутствия надлежащих ресурсов.

Наибольший позитивный опыт внедрения этой системы в машиностроении представлен на ОАО «КАМАЗ». Практики рекомендуют, например, тщательное наблюдение за работой оборудования (рисунок 4.26)

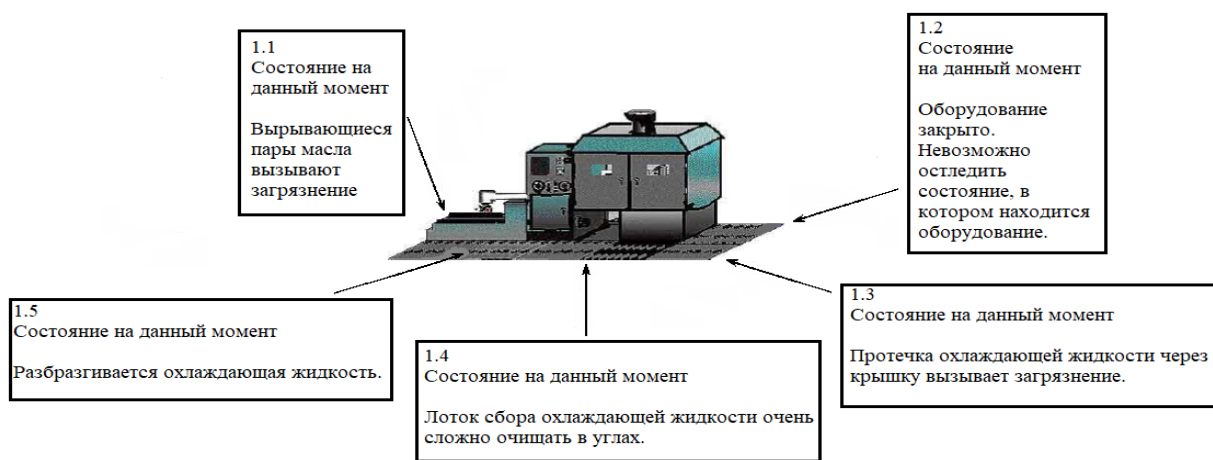


Рисунок 4.26 – Виды наблюдения за работой оборудования

Основные шаги, необходимые для внедрения этой системы по опыту КАМАЗа представлены в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Шаги «Автономное содержание в исправности ТРМ»

Шаг	Действия, результат
1	2
1. Тщательная очистка	Тщательная очистка оборудования дает возможность операторам заметить какие-либо аномалии или источники загрязнения
2. Устранение источников загрязнения	Тщательная уборка поможет определить протечки (масло/воздух/смазка). Чем сильнее мы устраняем протечки и контролируем загрязнение, тем эффективнее становится оборудование
3. Разработка эффективных стандартов	Стандарты должны создаваться производственными бригадами, при помощи ремонтного персонала для поддержания улучшений начиная с тщательной очистки. Стандарты должны быть визуальными. Инструктажи будут показывать, как выполняются задачи относительно безопасности, качества и производства. Стандарты очистки показывают кто ответственен за очистку – что делать и как часто. Стандарты должны постоянно развиваться. Для избежания ошибок необходимо чтобы стандарты обновлялись и были визуальными

Продолжение таблицы 4.3

1	2
4. Ежедневная автономная проверка оборудования	Задача обслуживания – предотвращение износа оборудования, операторам необходимо знать основную структуру и функции их оборудования. Необходимо давать производственным рабочим умение и понимание, необходимое для выполнения простых проверок состояния и функций оборудования для раннего определения износа и отклонений. Детализированные стандарты должны быть подготовлены с максимальным использованием визуальных элементов
5. Организация рабочего места	Разработать графики чистки оборудования, постоянно проверять Определить стандарты Поддерживать организацию, порядок, дисциплину.
6. Система ярлыков	Отклонение обнаруживается на оборудовании во время выполнения проверок ТРМ Ярлык заполняется и вешается на дефектный узел, информация по дефекту вносится в журнал оборудования Вторая половина ярлыка переносится на доску ТРМ

Пример карты обслуживания представлен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Карта смазки оборудования

Место смазки	Что делать	Инструмент/материал	Периодичность	Ответственный
Шпиндельная бабка и коробка передач	Автоматическая централизованная	Масло промышленное И-20	Непрерывная Замена: раз в полгода (17л)	Станочник
Фартук	Автоматическая	Масло промышленное 30	Непрерывная (1.5л). Замена: при плановых ремонтах	Станочник
Каретка и поперечные салазки суппорта	Полуавтоматическая от насоса фартука	Масло промышленное 30	2 раза за смену	Станочник
Задние опоры ходового и х ходового вала	Ручная	Масло промышленное 30	Ежедневно (0.03л)	Станочник
Резцовые салазки суппорта и опоры винта привода поперечных салазок	Ручная	Масло промышленное 30	1 раз в смену (0.02л)	Станочник
Задняя бабка	Ручная	Масло промышленное 30	Еженедельно (0.2л)	Станочник
Сменные шестеренки	Ручная	Солидол синтетический УСс2	Ежедневно 0.1л	Станочник

Опыт внедрения показал эффективность чек-листов как элемента стандартизации и визуализации обслуживания. Внедрение этой системы

сопровождается ведением следующей документации: бортовой журнал, инструкция по техническому обслуживанию оборудования, карта смазки оборудования, графики чистки-мойки оборудования, лист самооценки рабочих мест по TPM.

4.12 Контрольные вопросы

Ознакомьтесь с лекционным материалом и ответьте на вопросы.

- 1) Какие методы бережливого производства применяются в машиностроении и авиастроении?
- 2) Как реализуется система картирования потока создания ценности?
- 3) Как реализуется система 5S?
- 4) Как реализуются система Andon и Система Visual Factory (Визуализация)?
- 5) Как реализуется Система выстраивания потока (Continuous Flow)?
- 6) Как реализуется Система Gemba («место сражения»)?
- 7) Как реализуется Система Джидока (Jidoka)?
- 8) Как реализуется Система «Точно в срок» (Just in time, JIT)?
- 9) Как реализуется Система «Постоянное улучшение» (Kaizen)?
- 10) Как реализуется Система Канбан?
- 11) Как реализуется Общая эффективность оборудования (Overall Equipment Effectiveness, OEE)?
- 12) Как реализуется Система Рока-Йоке, Защита от ошибки?
- 13) Как реализуется Система Быстрая переналадка?
- 14) Как реализуется Система TPM - всеобщее производительное обслуживание?

4.13 Практическое занятие

План занятия

- 1) Обсуждение: «Взаимосвязь основных методов бережливого производства».

2) Дискуссия: «Техника, технология и организация – сочетание в бережливом производстве».

3) Экспресс-опрос: «Реализация в производственной практике методов бережливого производства»

4.14 Задания для самостоятельной и исследовательской работы

1) Проверьте систему 5S в действии на своем рабочем месте. Сделайте фотографию рабочего места. Используя систему, совершенствуйте свое рабочее пространство. Повторите фотографию. Сделайте вывод об эффекте проведенных изменений через два-три дня работы. Представьте краткое сообщение на семинаре (презентация – 2-3 слайда).

2) По литературным источникам найдите описание мероприятий и устройств, реализующих систему Andon и Система Visual Factory (Визуализация) в машиностроении и авиастроении. Представьте краткое сообщение на семинаре (презентация – 2-3 слайда).

3) Проанализируйте схемы размещения оборудования ГПС с помощью диаграмм спагетти для выстраивания потока (Continuous Flow). Представьте краткое сообщение на семинаре (презентация – 2-3 слайда).

4) По литературным источникам найдите описание мероприятий системы Gemba («место сражения»). Представьте краткое сообщение на семинаре (презентация – 2-3 слайда).

5) По литературным источникам найдите описание мероприятий и устройств системы Джидока (Jidoka) в машиностроении и авиастроении.

6) По литературным источникам или опыту вашего предприятия (базы практики) опишите мероприятия и устройства системы «Точно в срок» (Just in time, JIT) в машиностроении и авиастроении.

7) По опыту вашего предприятия (базы практики) опишите мероприятия, которые содействуют системе «Постоянное улучшение» (Kaizen).

8) По литературным источникам или опыту вашего предприятия (базы практики) опишите мероприятия и устройства системы Канбан.

9) По литературным источникам рассмотрите и представьте в форме краткого сообщения методики расчета общей эффективности оборудования (Overall Equipment Effectiveness, OEE) в машиностроении и авиастроении.

10) По опыту вашего предприятия (базы практики) опишите мероприятия и устройства, которые содействуют защите от ошибки в производственном процессе. Опишите решения по защите от ошибки, реализованные в жесткой и мягкой форме в машиностроении и авиастроении.

11) По опыту вашего предприятия (базы практики) опишите мероприятия и устройства системы Быстрой переналадки

12) По литературным источникам или опыту вашего предприятия (базы практики) опишите мероприятия и устройства системы TPM - всеобщее производительное обслуживание в машиностроении и авиастроении

4.15 Рекомендуемая литература

1. Алексеева, А.В. Инструменты концепции бережливого производства в машиностроении / А.В. Алексеева, С.М. Дли, В.Ю. Нестерова // Журнал правовых и экономических исследований. – 2015. – № 1. – С. 109-112.

2. Альманах «Управление производством» : журнал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.up-pro.ru>

3. Баранов, А.В. Обзор основных принципов бережливого производства и перспектив их применения на предприятиях машиностроения / А.В. Баранов // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2009. – № 3 (7). – С. 37-42.

4. Бережливое производство. Технологии победителей: журнал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kamaz.ru/about/production_system/zhurnal-po-berezhlivomu-proizvodstvu/

5. Вумек Джеймс П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. / Джеймс П. Вумек, Дэниел Т. Джонс – М.: Альпина Паблишер, 2011. – 120 с.

6. Вэйдер, М.Т. Инструменты бережливого производства. Мини-руководство по внедрению методик бережливого производства / Майкл Томас Вэйдер. Альпина Паблишер – 2012. – 125 с.
7. Вялов, А.В. Бережливое производство: учеб. пособие / А. В. Вялов. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. – 100 с.
8. Гарин, А.П. Повышение конкурентоспособности предприятий машиностроения за счет использования инструментов бережливого производства / А.П. Гарин, А.С. Ванчинов // В сборнике: Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций материалы Международной научно-практической конференции. Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, – 2016. – С. 108-111.
9. Глезман, Л. В. Механизм управления техническим перевооружением производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса: монография / Л. В. Глезман, Д. М. Маликова; Рос. акад. наук, Урал. отд-ние, Федер. гос. бюджет. учреждение науки Ин-т экономики. – Екатеринбург : Ин-т экономики УрО РАН, 2017. – 204 с.
10. Голоктеев, К. Управление производством: инструменты, которые работают. / К. Голоктеев. – СПб.: Питер, 2008. – 251 с.
11. Давыдова, Н. С. Бережливое производство на предприятиях машиностроения: теория и практика внедрения : монография / Н. С. Давыдова, Ю. П. Ключков. – Российская акад. естествознания. – М.: Издательский дом Акад. естествознания, 2012. – 111 с.
12. Канбан для рабочих / пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 136 с.
13. Козырев, Ю.Г. Гибкие производственные системы. Справочник. / Ю.Г. Козырев. Кнорус, 2017. – 364 с.
14. Кравченко, А.А. Применение методов организации бережливого производства на крупных предприятиях машиностроения в России / А.А. Кравченко // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2014. – № 11. – С. 160-165.

15. Куприянова, Т. М. Реализация технологии быстрой переналадки: российский опыт / Т. М. Куприянова, В. Е. Растимешин // Методы менеджмента качества. – 2007. – № 6. – С. 4-9.
16. ЛИН-технологии: бережливое производство. Научно-практический журнал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://panor.ru/magazines/lin_tekhnologii_berezhlivoe_proizvodstvo.html
17. Луис, Р. Система канбан. Практическое руководство / Р. Луис. М.:РИА «Стандарты и качество», 2008. – 216 с.
18. Луйстер, Т. Бережливое производство : от слов к делу / Т. Луйстер, Д. Теппинг ; пер. с англ. ; под ред. В. В. Брагина. – М. : РИА Стандарты и качество, 2008. – 132 с.
19. Маликова, Д.М. Механизм эффективной взаимосвязи комплексной автоматизации и организации бережливого производства в машиностроении / Д.М. Маликова // Вестник ИЖГТУ им. М.Т. Калашникова. – 2016. – Т. 19. – № 2. – С. 33-36.
20. Маликова, Д.М. Управление технологической цепочкой производства продукции «ТОЧНО В СРОК» на предприятиях машиностроения / Д.М. Маликова, А.Н. Пыткин // Научное обозрение. – 2016. – № 20. – С. 145-149.
21. Манн, Д. Бережливое управление бережливым производством = Creating a Lean Culture: пер. с англ. / Д. Манн. – М. : РИА «Стандарты и качество», 2009. – 208 с.
22. Масааки, Имаи. Путь к снижению затрат и повышению качества = Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management. / И. Масааки, К. Гемба. – М.: «Альпина Паблишер», 2010. — 344 с.
23. Ноль дефектов: система ZQC / пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 128 с.
24. Общая эффективность оборудования / пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 112 с.

25. Панина, Ф.Ю. Построение карты потока создания ценности в системе бережливого производства: практический подход / Ф.Ю. Панина, Л.А. Федоськина // Системное управление. – 2011. – № 4 (13). – С. 19-25.
26. Почему внедрение новых технологий PLM происходит медленно? / Ведмидь П., Щейников С. // Портал «Управление производством – Цифровое производство». – 2017. – № 2. – С. 713.
27. Производство без потерь для рабочих / пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 152 с.
28. Развитие производственных систем. Кайдзен. Лидерство. Бережное производство / под общ. ред.: А. Баранова, Р. Нугайбекова. – Санкт-Петербург : Питер, 2015. – 272 с.
29. Синго, С. Быстрая переналадка: Революционная технология оптимизации производства: Пер. с англ. / С. Синго. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 344 с.
30. Стандартизированная работа / пер. с англ. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 152 с.
31. Тайити Оно. Производственная система Тойоты: уходя от массового производства. — М: Изд-во ИКСИ, 2012. – 192 с.
32. Топузов, Н.К. Оценка влияния факторов ресурсного оснащения рабочих мест на процессы ресурсоотдачи / Н.К. Топузов, Н.С. Орешкина // В сборнике: НАУКА ЮУРГУ Материалы 66-й научной конференции. Южно-Уральский государственный университет. 2014. – С. 1082-1086.
33. «Точно вовремя» для рабочих / пер. с англ. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 120 с.
34. Фахруллина, А.Р. Обзор инструментов бережливого производства и используемых информационных систем в авиастроении / А.Р. Фахруллина, А.И. Кагарманов // Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2015. – № 1 (13). – С. 137-141.
35. 5S для рабочих: как улучшить свое рабочее место / пер. с англ. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 176 с.

5 Внедрение концепции бережливых технологий в кластерах автоматизированного машино- и авиастроения

5.1 Внедрение технологий бережливого производства в отечественном машиностроении

Сегодня в России тема потерь предприятия и возможности их минимизации становится более актуальной, чем при Советском Союзе, ведь минимизация издержек и рациональное использование ресурсов непосредственно влияют на прибыль и финансовый результат предприятия в целом.

В российской печати встречаются различные интерпретации данного словосочетания: «щадящее производство», «рачительное производство», «стройное производство», «синхронное производство», «гибкое производство», «тонкое производство», «малозатратное производство». В настоящее время повсеместно используется следующее словосочетание - «бережливое производство».

В России первыми предприятиями, которые применили Lean, были Горьковский автомобильный завод ВАЗ, КАМАЗ, Русал, ЕвразХолдинг, Еврохим, ВСМПО-АВИСМА, ОАО «КУМЗ», Северосталь-авто, Тутаевский моторный завод и др. Способствует использованию Lean-технологии в России (как и в Японии) коллективистская психология, которая не характерна для Западной культуры, особенно в США [46].

По данным [1, 2] предприятие ОАО «Заволжский моторный завод» в результате внедрения технологии бережливого производства добилось изменения следующих показателей: дефектность на автосборочных предприятиях в течение года уменьшилась на 70 %; потери от брака в объеме произведенной продукции уменьшились на 60 %; остатки незавершенного производства уменьшились на 46,4 %; затраты на инструменты уменьшились на 17,05 %; средний суточный темп увеличился на 10 %.

В 2016 г. Брянский машиностроительный завод (БМЗ) стал первым отечественным предприятием железнодорожной отрасли, получившим сертификат соответствия национальному стандарту РФ по бережливому производству [12,16,26,12] (Рисунок 5.1). Здесь был внедрен целый комплекс инструментов бережливого производства: система организации рабочего места 5S (от англ. «5 шагов» — сортировка, соблюдение порядка, содержание в чистоте, стандартизация, совершенствование), визуальное управление (размещение инструментов, полуфабрикатов, деталей, позволяющее принимать решения максимально быстро), картирование потоков создания ценностей (КПСЦ — наглядное схематическое изображение производственных процессов, позволяющее быстро увидеть и устранить проблемные области), комплексная поставка и другие. За год новой производственной системой удалось охватить 8 участков, а к концу 2012 года их число увеличилось до 30.

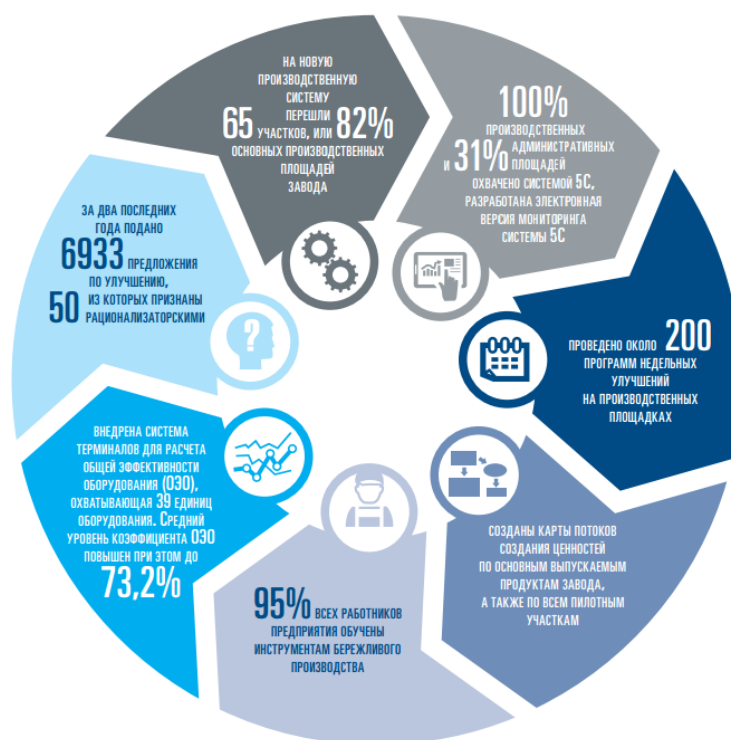


Рисунок 5.1 – Результаты внедрения бережливого производства на Брянском машиностроительном заводе (2010-2016 гг.)

5.2 Внедрение технологий бережливого производства в авиастроении

Авиастроение является инновационной площадкой внедрения бережливого производства. Далее кратко представлен опыт предприятий этой отрасли, отраженный в научных публикациях по проблеме внедрения бережливого производства.

Lean-линии Иркутского авиазавода (по материалам [61]). Иркутский авиационный завод – филиал корпорации «Иркут», головного предприятия по проекту МС-21, – вышел на новый уровень в сфере lean-преобразований – внедрил концепцию архитектуры рабочих мест по всей сборочной линии нового гражданского самолета.

Еще на этапе проектирования сборочных станций в них был заложен принцип «вытянутой руки», суть которого в том, что инструмент, деталь, крепеж – абсолютно все, что необходимо для сборки – находится на оптимальном расстоянии от работника и на «своем» месте (рисунки 5.2 – 5.4).



Рисунок 5.2 – Панель фюзеляжа самолета МС-21 на станции новой сборочной линии



Рисунок 5.3 – Первые компоненты самолета МС-21 на станции новой сборочной линии



Рисунок 5.4 – Производство элементов для первого самолета МС-21

Было подготовлено и утверждено более 60 технических заданий по организации рабочих мест на станциях и на участках, отталкиваясь от того, что конкретно будет изготавливаться на каждом этапе. Учитывали все: какие операции планируется выполнять и сколько человек для этого нужно, какие детали и откуда придут на линию сборки, куда их поставят, как привезут, как поднимут на второй этаж сборочной станции. Проектировали места для хранения крепежа, расходных материалов, рассматривали варианты

размещения на станциях компьютеров, которые необходимы для рабочего, поскольку MC-21 собирается по 3D-электронной модели, без традиционных чертежей.

В проектировочных решениях были использованы кайдзен-предложения, поданные и реализованные за предыдущие годы. Например, применение сматывающих шланги устройств, которые позволяют обеспечить удобство и безопасность работы с пневмоинструментом. Раньше рабочему приходилось каждый раз доставать шланг из ящика, нести на стапель и присоединять, что вело, в том числе, и к потере времени. Например, рабочий предложил внедрить звуковое сопровождение, которое включается, когда подвижные станции начинают движение вверх. Всего за полгода опытного производства лайнера было подано 70 предложений об улучшении.

Внедрение бережливых технологий **компания Боинг (Boeing)** началось с 90-х годов прошлого века [93]. Только за первые десять лет внедрения Боинг добились существенных результатов.

Программа по снижению дефектов F/A-18E/F Super Hornet, которая ставила перед собой цель в период с 1998 по 2003 снизить уровень брака на 90 % достигла этих результатов на 2 года ранее. Более того, несмотря на разительные результаты, программа продолжает работать. В Боинг уверены – совершенствование должно стать непрерывным процессом.

Используя практику Lean на этапах проектирования и строительства объекта Delta IV в Декатуре, штат Алабама, площадь сократилась с 4 млн. кв. м., от запланированных, к 1,5 млн. кв.м. по факту. Вместо создания нескольких линий сборки ракет, принципы Lean помогли создать единую, непрерывно-движущуюся линию.

С 1998 года принципы Lean начинает использовать сборочная линия многоцелевых боевых вертолетов AH-64D Apache, расположенная в Месе, штат Аризона. За 10 лет программа Apache достигла сокращения часов сборки на 54 %, а также 218 % увеличения скорости их постройки.

Рабочие так называемого цеха «Лунный свет» объединяются для разработки и производства более компактного оборудования, которое является более точным, требует меньше места в цехе, недорого в обслуживании и, что самое важное, стоит гораздо дешевле того оборудования, которое закупается от внешних поставщиков. Разработанное оборудование выполняет одну (либо несколько) конкретную задачу в одной цепочке процесса, в то время как дорогие машины – многофункциональны и неудобны с точки зрения пересечений в процессах. К примеру, рабочие меняют трехосевой маршрутизатор стоимостью в 2 миллиона долларов на «домашнюю версию», стоимость которой обошлась в 50 тыс. дол. А это ровно столько, сколько тратили в год на обслуживание первой.

Не менее 60% всех решений принимаются коллективно. Меняется система взаимодействия внутри компании. Исчезает конкуренция между цехами и сменяется принципами сотрудничества. Именно так, по мнению руководства, можно сохранить непрекращающийся поток идей по развитию и совершенствованию.

За основную методологию внедрения Lean компания выбирает «План 9 шагов» (9 step plan), который заключается в следующем:

- 1) картирование потока создания ценности и его анализ;
- 2) балансировка линии;
- 3) Стандартизация работы
- 4) Визуализация процесса
- 5) Установка последовательности / стадий процессов
- 6) Установка организованных линий поставок
- 7) Совершенствование процесса через реорганизацию основной линии
- 8) Трансформация линии в импульсную
- 9) Трансформация линии в постоянно движущуюся.

Четкая стандартизация и визуализация рабочей цепи, использование ряда инструментов Lean (например, таких как Poka Yoke и 5S) делают процесс по-настоящему быстрым, эффективным и качественным.

Многие американские компании авиакосмической отрасли добились впечатляющих результатов за счет применения методов «лин» [42].

Ремонт и производство антенн радара самолета F-16 (2005 г.)

Проблема: в 2004 г. каждый день в среднем 3,4 самолета F-16 (из 1320) не поднимались в воздух, потому что у них не работала антенна радара. Время ожидания работающей антенны превышало 12 дней. Остающиеся на земле F-16 стоили ВВС 26,9 млн долл., а стоимость часов невыполненных заданий увеличивала эту цифру до четверти миллиона.

Причины:

- отсутствие стандартов и контроля запасов;
- задержки поставок;
- неподходящие инструменты, неудобные подставки для инструментов;
- плохая организация сбора информации.

Лин-решения:

- методы непрерывного совершенствования и решения проблем;
- поток единичных изделий;
- 5С;
- стандартизация.

Результаты:

- время выполнения заказа в цехе снижено на 93 %. То, что раньше занимало 28,5 дней, стало занимать два дня;
- в несколько раз увеличен объем производства. Раньше техникам требовалось 24 часа, чтобы изготовить антенну, теперь – 2,3 часа;
- надежность увеличилась на 55,5 %. Среднее время между поломками составляло 425 ч, увеличилось до 661 ч;
- время, в течение которого самолеты не функционируют, сокращено на 90 %, прекратились случаи невыполнения миссий;
- на ремонте сэкономлено почти 36,5 млн долл.

Завод в городе Меса, штат Аризона

Разворачивание лин-концепций, в том числе создание высокопроизводительных рабочих команд, радикально изменило положение дел на площадке «Боинга» в городе Меса, штат Аризона, на которой уже было произведено почти 1500 вертолетов «Апач» для армии США и десяти зарубежных заказчиков:

- за последние пять лет на 85 % сократилось время окончательной сборки, комплектации и испытаний каждого летательного аппарата.

- с начала применения концепции «лин» в 1999 г. достигнут уровень 100% своевременной доставки, общая продолжительность производства сократилась более чем на 48 %. Время производственного цикла также сократилось более чем на 40 %.

- количество внутренних дефектов с 2000 г. сократилось более чем на 58%, тогда как затраты на внутренние дефекты (переделка, ремонт и брак) за этот период сократились более чем на 61 %. Уровень травматизма с потерей трудоспособности сократился более чем на 58 %.

- сборочная линия превратилась в П-образные ячейки сборки, что, по словам Эда Купмана, генерального директора завода в Месе, дополнительно сократило время цикла на 5 – 8 %.

- комплекты необходимых деталей (за исключением некоторых крупных деталей) поступают на рабочие станции, функционирующие по системе «точно вовремя». Производительность сборочного участка повысилась в два раза (с 3 до 6 изделий в месяц).

Sikorsky Aircraft Corporation

На заводе «Sikorsky Aircraft Corporation» в городе Стрэтфорд, штат Коннектикут, было принято решение создать производственный поток в цехе механообработки, где изготавливались важные детали. В первую очередь была создана матрица семейства продуктов, объединившая в одно семейство деталей хомуты и шпиндели винта, поскольку они проходили сходные этапы обработки

на одних и тех же станках, а спрос и объем производства по этим деталям также были сопоставимы.

Руководители компании Sikorsky воспользовались лин-концепцией «каждый тип детали – в свой интервал» с целью выровнять ассортимент производимых деталей и создать поток в ячейке. Команда лин-преобразований начала с пятидневного интервала и анализировала спрос каждый квартал или каждый месяц (в случае значительных изменений), а также применила метод сокращения времени переналадки – SMED. Переналадка стала занимать уже не 30 минут, а 2–3 минуты, а интервал, в течение которого производились детали одного типа, сократился до трех, а потом и до двух дней. Введение стандартизации, необходимое для сокращения времени переналадки, также повысило качество.

Поток в ячейках был в дальнейшем усовершенствован за счет ликвидации не добавляющей ценности работы операторов, из-за которой им приходилось покидать станки. Например, раньше операторы ходили за кусачками в инструментальную кладовую, а теперь персонал инструментальной кладовой доставляет кусачки операторам. Усовершенствование потока также сделало заметными недостатки техобслуживания, которые необходимо было исправить.

5.3 Внедрение технологий бережливого производства на оборонных предприятиях машиностроения

В Российской Федерации компании, которые в последние годы работали «бережливо», сейчас заняли прочные места в топ-листах своих рынков, так как обычный результат «правильной» программы бережливых технологий обеспечивает миллионы экономии, рост производительности в 2–4 раза, снижение дефектности на 50 %, а времени цикла – в 2–3 раза [42].

Особое внимание Правительство РФ уделяет **оборонно-промышленному комплексу** как локомотиву развития всей экономики. В 2014 году был дан старт разработке и реализации целевой программы «Развитие

производственных систем организаций оборонно-промышленного комплекса», в котором немаловажная роль отводится бережливому производству.

В настоящее время создана рабочая группа по развитию и внедрению технологий бережливого производства на российских промышленных предприятиях при Минпромторге РФ, Совет Общественного движения «Лин-форум. Профессионалы бережливого производства»

Наибольший опыт внедрения бережливых технологий имеет ОАО «КАМАЗ», который стал одним из центров исследований и реализации проектов бережливых технологий.

Есть три секрета успеха бережливой программы. **Первый** – директор и собственник вовлечены в преобразования, поддерживают высокий статус программы, соответственно, и в коллективе включается позитивная групповая динамика, нацеленность на достижение результатов.

Во-вторых, критически важно выявление и развитие своих лидеров (всех руководителей компании – сверху вниз, плюс всех ведущих специалистов), освоение ими навыков и технологий устойчивого развития производственных систем.

Третье – стратегия преобразований должна быть разработана на основе качественного анализа существующего состояния и потенциала улучшений.

Какие ошибки допускают компании при внедрении бережливого производства?

Первая ошибка – это попытка реализовать корпоративную программу бережливого производства, улучшая только один поток – материальный, оптимизируя процессы разработки, производства, сбыта и т.д. На самом деле программа должна охватывать все потоки: постоянное развитие персонала, улучшение управленческой системы, включая создание управляющего комитета программы РПС, стандартизацию и визуализацию, оптимизацию всех систем.

Большая ошибка – когда бережливое производство на предприятии «делает» группа людей, а остальные наблюдают. Один из главных принципов

бережливого предприятия – вовлечение каждого участника программы в систему непрерывного совершенствования.

Очень важно при планировании ориентироваться на истинные ценности и цели, а не на то, что лежит на поверхности. «Хочу программу бережливого производства» – это не цель. Бережливое производство – это средство для достижения вполне конкретных оцифрованных целей: к примеру, достижение позиции № 1 на региональном рынке, повышение производительности на 40 % за один год, сокращение срока строительства на 30 %. Эти цели на первом этапе мы уточняем и детализируем вместе с клиентом.

С чего начать программу бережливого производства?

С диагностики. Построенные карты потока создания ценности – текущего и будущего состояния – обычно впечатляют собственников и директоров, открывая возможности, о которых в ежедневной текучке они и не подозревали.

Диагностика включает в себя аттестацию производственной системы по уникальной разработанной методике, которая легла в основу регламента оценки предприятий-участников «Конкурса лидеров производительности на Кубок им. А.К. Гастева». Она позволяет руководству компании увидеть состояние производственной системы на определенной шкале по многим параметрам в области развития процессов и развития персонала и понять потенциал.

Диагностика занимает две-три недели, на сложных объектах и два-три месяца.

Что получает предприятие после диагностики?

Во-первых, разработанный и согласованный с заказчиком и всеми заинтересованными сторонами документ – стратегию развития производственной системы. Он включает в себя карты текущего и будущего состояния, видение, как от текущего состояния перейти к планируемому, рекомендации по выбору пилотных участков. Стратегический план может составляться на год, два или пять лет.

Во-вторых, это программа обучающих сессий для топ-менеджмента и персонала – для получения оптимального набора навыков и знаний, необходимых для достижения конкретных целей каждым подразделением и сотрудником.

В-третьих, дорожная карта программы. Это перечень и описание всех проектов, которые должны быть открыты для достижения цели. Каждый из проектов за определенный срок должен решить конкретную проблему.

Наконец, последнее, что должно быть в документе «Стратегия» или «Программа РПС», – это описание системы мониторинга хода проекта. Оперативное реагирование на отклонения очень важно для достижения планируемых результатов в намеченные сроки. Решить эту проблему помогает методология развертывания политики и настройка «Периодической системы управления устойчивым развитием компании».

Наибольшие риски обычно связаны с сотрудниками среднего звена, где, как правило, бывает самое большое сопротивление, ведь диагностика открывает глаза на «болячки» в тех направлениях, за которые они несут ответственность. Отсюда возникают проблемы, к примеру, по сбору достоверных данных для разработки качественной программы. За годы работы мы создали определенные приемы, чтобы исключить или свести к минимуму этот и другие риски.

Результаты на предприятиях ОПК России

Предприятие приборостроения: повышение производительности труда на 70 % за два года. Пропускная способность сборочного производства увеличена на 77,1 %. В результате обучения и вовлечения персонала в проекты РПС только на пилотных участках был достигнут экономический эффект в размере 53 655 490 руб., при тиражировании на другие подразделения компания планирует его многократно увеличить.

Авиастроительный завод: рост объемов производства на 40–70 % в различных подразделениях, сокращение времени выполнения заказа на

29–96 %, непроизводительных затрат – на 60 % и более, высвобождение персонала подразделения для выпуска новой продукции – 36 %, сокращение простоев оборудования на 30%, и так далее.

Лин-компании при минимальных вложениях получают следующие преимущества:

- увеличение производительности труда – 35–70 %;
- сокращение времени производственного цикла – 25–90 %;
- рост качества на 40 %;
- время работы оборудования в исправном состоянии – 98,87 %;
- высвобождение производственных площадей – 25–50 %;
- сокращение брака – 58–90 %;
- экономия – до 10 % годового оборота;
- снижение потребности в инвестициях – на 10–30 %, а в ряде случаев и на все 100 %;
- сокращение сроков реализации инвестиционных проектов – на 10–20 % и др.

5.4 Контрольные вопросы

Ознакомьтесь с лекционным материалом и ответьте на вопросы.

- 1) Какие предприятия машиностроения успешно внедряют бережливое производство или его элементы?
- 2) Какие результаты внедрения бережливых технологий в машиностроении вам известны?
- 3) Какие предприятия авиастроения внедряют бережливое производство или его элементы?
- 4) Какие результаты внедрения бережливых технологий в авиастроении вам известны?
- 5) Какие предприятия ОПК внедряют бережливое производство или его элементы?
- 6) Какие результаты внедрения бережливых технологий в ОПК?

5.5 Практическое занятие

План занятия

- 1) Обсуждение: «Внедрение бережливых технологий на предприятиях отрасли и в региональных кластерах».
- 2) Дискуссия: «Бережливые технологии и техническое перевооружение предприятий – реалии в кластерах машино- и авиастроения Оренбургской области и граничных регионов».
- 3) Экспресс-опрос: «Примеры внедрения бережливых технологий в кластерах авиастроения и машиностроения».

5.6 Задания для самостоятельной и исследовательской работы

- 1) Обсудите с преподавателем тему Вашего сообщения на научной конференции или статьи в научном журнале по проблеме внедрения бережливого производства на предприятии (место работы, база практики).
- 2) Найдите литературу, которая станет основой Вашего исследования и составьте ее список.
- 3) Подготовьте тезисы статьи для выступления на научной конференции или публикации в научном журнале на тему «Возможности внедрения бережливого производства на предприятии отрасли».
- 4) Подготовьте презентацию, которая будет сопровождать Ваше выступление на научной конференции или иллюстрации для статьи в научном журнале на тему «Возможности внедрения бережливого производства на предприятии отрасли».

5.7 Рекомендуемая литература

1. Абросимова, А.А. Опыт внедрения бережливого производства в машиностроении на примере ОАО «Заволжский моторный завод» / А.А. Абросимова, И.А. Барцев // Российское предпринимательство. – 2013. – № 2 (224). – С. 73-78.

2. Алексеева, А.В. Инструменты концепции бережливого производства в машиностроении / А.В. Алексеева, С.М. Дли, В.Ю. Нестерова // Журнал правовых и экономических исследований. – 2015. – № 1. – С. 109-112.

3. Альманах «Управление производством» : журнал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.up-pro.ru>

4. Андреев, И.А. Опыт внедрения бережливого производства в оборонной промышленности / И.А. Андреев // Вестник Концерна ВКО Алмаз-Антей. – 2017. – № 3 (22). – С. 27-36.

5. Антипова, О. И. Управление качеством процессов изготовления режущего инструмента на основе интеграции принципов бережливого производства в действующие системы качества : автореф. дис. ... канд. техн. наук / О. И. Антипова. – Тольятти, 2008. – 16 с.

6. Бабушкин, В.М. Организация производственных процессов предприятий машиностроения на основе принципов бережливого производства /Бабушкин В.М.// автореф. дис. ... канд. экон. наук / В. М. Бабушкин. Казан. Нац. Исслед. Техн. Ун-т им. А.Н. Туполева. – Казань, 2012. – 16 с.

7. Баранов, А.В. Обзор основных принципов бережливого производства и перспектив их применения на предприятиях машиностроения / А.В. Баранов // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2009. – № 3 (7). – С. 37-42.

8. Белевцев, А.М. Внедрение процессов бережливого производства на отечественных предприятиях машиностроения и приборостроения / А.М. Белевцев, С.В. Чкалов, М.В. Тарасов. В сборнике: Управление качеством Избранные научные труды семнадцатой Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 95-100.

9. Белоновская, И. Д. Внедрение технологии lean-management на машиностроительных производствах / И.Д. Белоновская, В.К. Воробьев // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 4-6

февр. 2017 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбургский гос. ун-т». – Электрон. дан. – Оренбург. – 2017.

10. Бережливое производство и кооперация в авиастроении: производство МС-21. – Режим доступа: http://www.up-pro.ru/library/production_management/lean/aviastroenie-ms21.html (Дата обращения 20.06.2018 г.).

11. Бережливое производство. Технологии победителей: журнал. – Режим доступа: https://kamaz.ru/about/production_system/zhurnal-po-berezhlivomu-proizvodstvu/

12. Богданова, Л.В. Развитие бережливого производства в транспортном машиностроении / Л.В. Богданова, В.А. Тегин // В сборнике: Экономика и практический менеджмент в России и за рубежом материалы Международной научно-практической конференции. 2014. – С. 14-19.

13. Бык, В.Ф. Незатратные инструменты и методы повышения конкурентоспособности машиностроительных предприятий республики Беларусь / В.Ф. Бык // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2014. – № 4 (59). – С. 93-98.

14. Владыкин, А.А. Система «бережливого производства» как механизм комплексного внедрения инновационных методик совершенствования производственного процесса и повышения качества выпускаемой продукции на предприятиях машиностроения / А.А. Владыкин, А.С. Каминкас. Шумпетеровские чтения. – 2013. – № 1. – С. 227-231.

15. Вялов, А.В. Бережливое производство: учеб. пособие / А. В. Вялов. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. – 100 с.

16. Гарин, А.П. Повышение конкурентоспособности предприятий машиностроения за счет использования инструментов бережливого производства / А.П. Гарин, А.С. Ванчинов // В сборнике: Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций материалы Международной научно-практической конференции. Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. 2016. – С. 108-111.

17. Глезман, Л. В. Механизм управления техническим перевооружением производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса: монография / Л. В. Глезман, Д. М. Маликова; Рос. акад. наук, Урал. отд-ние, Федер. гос. бюджет. учреждение науки Ин-т экономики. – Екатеринбург : Ин-т экономики УрО РАН, 2017. – 204 с.
18. Давыдова, Н. С. Бережливое производство на предприятиях машиностроения: теория и практика внедрения : монография / Н. С. Давыдова, Ю. П. Ключков; Российская акад. естествознания. – М.: Издательский дом Акад. естествознания, 2012. – 111 с.
19. Какова основная цель ERP-систем в машиностроении? // НПКЦ «Интеграл». Томск. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://integral-russia.ru/2016/10/09/3595/>
20. Канбан для рабочих / пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 136 с.
21. Кибирев, Ю.В. Оценка эффективности процессов и безопасности машиностроительных и строительных организаций на основе бережливого производства / Ю.В. Кибирев [и др.] // Качество. Инновации. Образование. – 2017. – № 8 (147). – С. 36-45.
22. Ключков, Ю.П. Организация бережливого производства на предприятиях машиностроения. / Ю.П. Ключков; автореф. дисс. ... канд. экон. наук / Удмуртский государственный университет. – Ижевск, 2012. – 16 с.
23. Кравченко, А.А. Применение методов организации бережливого производства на крупных предприятиях машиностроения в России / А.А. Кравченко // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2014. – № 11. – С. 160-165.
24. Куприянова, Т. М. Реализация технологии быстрой переналадки: российский опыт / Т. М. Куприянова, В. Е. Растимешин // Методы менеджмента качества. – 2007. – № 6. – С. 4-9.

25. ЛИН-технологии: бережливое производство. Научно-практический журнал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://panor.ru/magazines/lin_tekhnologii_berezhlivoe_proizvodstvo.html

26. Липатов, А.И. Особенности внедрения принципов бережливого производства на предприятиях ж/д машиностроения / А.И. Липатов, О.А. Сеньковский, А.С. Вепринцев // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2011. – № 1 (13). – С. 22-24.

27. Маликова, Д.М. Механизм эффективной взаимосвязи комплексной автоматизации и организации бережливого производства в машиностроении / Д.М. Маликова // Вестник ИЖГТУ им. М.Т. Калашникова. – 2016. – Т. 19. – № 2. – С. 33-36.

28. Маликова, Д.М. Управление технологической цепочкой производства продукции «ТОЧНО В СРОК» на предприятиях машиностроения / Д.М. Маликова, А.Н. Пыткин // Научное обозрение. – 2016. – № 20. – С. 145-149.

29. Мурзак, А.Н. Анализ отечественного опыта внедрения бережливого производства на машиностроительных предприятиях / А.Н. Мурзак // Развитие человеческих ресурсов. – 2012. – №6. – С.257-263

30. Никитин, В. В. Логико-генетический метод оптимизации АСТПП авиадвигателестроения в условиях управления проектами «бережливого» производства : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.В. Никитин – Уфа, 2011. – 16 с.

31. Полковникова, Е.Е. Использование технологий бережливого производства в аэрокосмической отрасли / Е.Е. Полковникова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – Т. 3. – № 13. – С. 395-396.

32. Просвирина, Н.В. Повышение эффективности форм организации производства на предприятиях авиационного двигателестроения / Н.В. Просвирина, А.И. Тихонов // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. – 2017. – № 4. – С. 166-170.

33. Селиванов, С.Г. Автоматизированная система технологической подготовки бережливого производства в машиностроении / В.В. Никитин, М.А.

Дружинина, В.Г. Шипилова // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2009. – Т. 13. – № 1. – С. 121-127.

34. Современные проблемы науки в машиностроении : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки: «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Автоматизированные технологии производства» / А. Н. Афонин [и др.]. – Москва : Спектр, 2010. – 262 с.

35. Фахруллина, А.Р. Обзор инструментов бережливого производства и используемых информационных систем в авиастроении / А.Р. Фахруллина, А.И. Кагарманов // Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2015. – № 1 (13). – С. 137-141.

36. Хамидуллина, А.М. Разработка комплекса принципов применения технологии «lean production» на ООО «ЦФ КАМА» / А.М. Хамидуллина, А.С. Пуряев // Инновационная наука. – 2016. – № 5-1 (17). – С. 180-184.

37. Чаманкина, А.Е. Интеграция методов бережливого проектирования и бережливого производства в авиакосмической промышленности / А.Е. Чаманкина, Д.В. Нестеренко // В сборнике: Современные кадровые технологии в управлении предприятиями и территориями. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2017. – С. 226-233.

38. «... Lean — это гонка без финиша». Бережливое авиастроение или как это делает Боинг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lean6sigma.org.ua/2011/06/0601a/>

6 Факторы активизации и сдерживания внедрения бережливых технологий в автоматизированном машино- и авиастроении

6.1 Совместимость «бережливого производства» с международным стандартом системы менеджмента качества и национальной системой стандартов Российской Федерации. Проблемы внедрения

Совместимость «бережливого производства» с международным стандартом системы менеджмента качества. Система управления, основанная на принципах «бережливого производства», содержит требования по более широкому спектру целей системы менеджмента качества (СМК), чем ISO 9001:2015, особенно в части непрерывного совершенствования деятельности организации, а также её функционировании как самообучающейся организации.

Система управления, основанная на принципах «бережливого производства», не является стандартом и не предназначена для целей сертификации. Вместе с тем, она, как и ISO 9001:2015, направлена на применение «процессного подхода» при разработке, внедрении и улучшения результативности организации с целью повышения удовлетворённости потребителей. Система управления, основанная на принципах «бережливого производства» так же, как и международные стандарты СМК, подчёркивает ответственность высшего руководства при разработке и внедрении СМК, определяет требования к менеджменту ресурсов, к процессам жизненного цикла продукции, к планированию и применению процессов мониторинга, измерения, анализа и улучшения результативности СМК и демонстрации соответствия продукции заданным требованиям.

Совместимость «бережливого производства» с национальной системой стандартов Российской Федерации. В настоящее время в

Российской Федерации внедрена система национальных стандартов в сфере бережливого производства. На момент подготовки учебного пособия разработаны, утверждены и внедрены в российские производства комплекс стандартов «Бережливое производство» [27], фиксирующий терминологию, основные принципы, методы, инструменты, способы и подходы к оценке реализации в производстве, а также аудит.

Проблемы, возникающие у предприятий в процессе внедрения бережливого производства [60]. Принцип бережливости строится на идентификации и устранении семи видов потерь. Анализ научной литературы и научных публикаций по теме бережливого производства, например, в журналах «Стандарты и качество» и «Методы менеджмента качества» за последние три года, показывает, что авторы перечисляют виды потерь, но, как правило, не раскрывают их сути, подразумевая, наверное, что она всем понятна и ясна. Да действительно, это тема не нова в научном плане, но она остается очень важной для предприятий, внедряющих бережливое производство.

На практике достаточно не просто идентифицировать потери, если их суть до конца не ясна. Кроме того, все потери между собой состоят в причинно-следственных связях, а понятие избыточности вообще носит относительный характер. Поэтому при идентификации потерь между работниками возникают серьезные дискуссии вокруг того, что считать потерями.

Есть явные потери, при идентификации которых трудностей практически не возникает, например: брак, простои и ожидания, невостребованные на складе материально - производственные запасы, порожний пробег транспорта и т.п. Но есть скрытые потери или потенциальные резервы, они определяются расчетно-аналитическим путем относительно критерия оптимальности. Например, оптимальный для массового крупносерийного производства размер запасов и партий выпускаемых деталей с точки зрения бережливого производства, которое предполагает организацию сбалансированного потока выпуска изделий мелкими партиями, может быть оценен как избыточный.

Именно идентификация скрытых потерь вызывает серьезные трудности на практике.

6.2 Правовое регулирование отношений в сфере государственного оборонного заказа и внедрения бережливого производства

Нормативное регулирование в сфере государственного заказа (ГОЗ) на предприятиях оборонно-промышленного комплекса позволяет применять методы бережливого производства. Ниже даны некоторые обоснования и ограничения применения по материалам сайта <http://dfnc.ru> и данным [4].

В сфере государственного оборонного заказа имеются правовые основания для осуществления бережливого производства. Ценообразование в сфере государственного оборонного заказа стимулирует бережливость. Такие принципы установлены в соответствии с ч. 1 и ч. 2 ст. 9 Закона о государственном оборонном заказе, Положением о государственном регулировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу, утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 17.02.2017 г. № 208. Причем в п. 54 Положения 208 установлены условия допустимости увеличения фактической прибыли, которые должны наступать одновременно:

- фактическая прибыль увеличилась за счет проведения мероприятий по снижению затрат на производство и реализацию продукции (снижение трудоемкости, материалоемкости и энергоемкости производства, общепроизводственных и общехозяйственных расходов; сокращение расходов на приобретение покупных комплектующих изделий и полуфабрикатов; совершенствование технологии, управления и др.);

- условия государственного контракта выполнены надлежащим образом и в полном объеме;

- требования законодательства в сфере государственного оборонного заказа соблюдены.

Таким образом, за счет бережливости при соблюдении условий государственного контракта и требований законодательства в сфере ГОЗ может быть обеспечено увеличение фактической прибыли при выполнении ГОЗ.

Кроме того, исходя из смысла норм Закона о государственном оборонном заказе и правовых актов, регулирующих ценообразование в сфере ГОЗ, перечень мероприятий, выполнение которых обеспечивает бережливое производство в сфере ГОЗ, является открытым.

Пределом применения бережливого производства в сфере ГОЗ является надлежащее выполнение государственного оборонного заказа в соответствии с ч. 3 ст. 8 Закона о государственном оборонном заказе запрещаются действия (бездействие) головного исполнителя, исполнителя, влекущие за собой необоснованное завышение цены на продукцию по государственному оборонному заказу, неисполнение или ненадлежащее исполнение государственного контракта, в том числе следующие действия (бездействие):

- направленные на включение в себестоимость производства (реализации) продукции затрат, не связанных с ее производством (реализацией);

- направленные на установление экономически, технологически и (или) иным образом не обоснованной цены на продукцию, поставляемую заказчику или головному исполнителю, исполнителю, превышающей цену, сложившуюся на соответствующем товарном рынке;

- направленные на использование полученных по государственному контракту, контракту средств на цели, не связанные с выполнением ГОЗ.

Исходя из требований данного запрета, при введении бережливого производства недопустимо осуществление сбережения за счет мер, которые ведут к последствиям, связанным с ненадлежащим выполнением или невыполнением ГОЗ.

Принимая во внимание указанное выше, любые нарушения технологии, рецептуры, требований технических регламентов, а также учета прямых и косвенных затрат (например, завышение процента отходов), хотя бы формально

ведущие к снижению затрат, недопустимы в сфере ГОЗ, если они ведут к невыполнению, ненадлежащему выполнению ГОЗ или завышению цены в сфере ГОЗ. Необходимо отметить, что в настоящее время большинство предложений по внесению изменений в Закон о государственном оборонном заказе касаются регулирования отдельных счетов и направлены на снижение издержек на их ведение.

6.3 Перспективы развития идей бережливого производства в автоматизированном машино- и авиастроении

Бережливое производство в настоящее время рассматривается как прорывной малоинвестиционный подход к менеджменту и управлению качеством, включающий в себя оптимизацию процессов, ориентацию на нужды потребителя, улучшение качества продукции, создание системы непрерывного совершенствования.

Следование концепции «лин» помогает достигать и десятилетиями удерживать лидерство в своих отраслях тысячам компаний во всем мире. Среди них «Toyota», «Ford», «General Electric», «Nissan», «Caterpillar», «Bridgestone», «Xerox», «Scania», «Alcoa», «Boeing» и др.

В России уже сотни компаний и корпораций встали на путь построения производственных систем на основе бережливого производства. Среди них «Росатом», «Объединенная авиастроительная корпорация», «Объединенная судостроительная корпорация», «Группа ГАЗ», «КАМАЗ», «Уралмашзавод», «ВСМПО-АВИСМА», «Сибур Холдинг» и многие другие.

По данным исследования Массачусетского Технологического Института, для 40 компаний, использующих систему бережливого производства, типичны нижеперечисленные улучшения.

Операционные улучшения:

- сокращение времени выполнения заказов на 90 %;
- повышение производительности на 50 %;

- сокращение запасов незавершенного производства на 80 %;
- повышение качества на 80 %;
- сокращение занимаемых площадей на 75 %.

Улучшения административной системы:

- сокращение числа ошибок при обработке заказов;
- оптимизация работы при обслуживании клиентов;
- сокращение бумажного потока в офисах;
- сокращение потребности в кадрах, тем же количеством работников

выполняются больший объем работ;

- оптимизация стадий обработки документации, что позволяет передать ряд второстепенных функций внешним подрядчикам и сконцентрироваться на работе по удовлетворению нужд заказчиков;

- сокращение износа оборудования и затрат на его восстановление.

В то же время концепция не стоит на месте. Развиваются и другие технологии, обеспечивающие существенное улучшение производств. Так, американская компания «ALCOA», взяв за основу «Производственную систему Toyota» (TPS) и переложив её на свою отрасль, разработала корпоративную бизнес систему (APS – Alcoa Production System)

Компания «General Electric» пошла еще дальше – сначала произошло осмысление, упрощение и устранение работ, не добавляющих ценности, а затем началась целенаправленная работа по снижению вариаций в уже рационализированных производственных и управленческих операциях с применением методологии Шесть сигм (комбинация методов Lean и Шесть сигм). Следует отметить, что в современном представлении к инновационным подходам в развитии машиностроения, помимо представленной в данном пособии концепции бережливого производства, возможно отнести следующие инновации.

Система «20 ключей» представляет собой практическую Программу Революционных Преобразований на Предприятии или в оригинале The Practical Programme of Revolution in Factories and Other Organisations (PPORF). Система

создана японским профессором Ивао Кобаяси, известна как система «20 ключей» [47]. По своей сущности система объединила идеи бережливого производства с идеями интегрированного производства, а также существующие методики, позволяющие повысить производительность и качество, в единую интегрированную систему. Главная цель системы – выявление и избавление от всех видов деятельности, не добавляющих ценность при помощи 20 взаимосвязанных между собой, практичных методов. Согласно этой системе вся деятельность компании разделяется на двадцать областей, которые имеют важнейшее значение для конкурентоспособности и рентабельности. Затем каждая область оценивается по 5-бальной системе и, таким образом, выявляются слабые места. После этого компания реализует определенные мероприятия по усовершенствованию и развитию выявленных слабых направлений. Основная особенность системы в том, что помимо предоставления совокупности практичных методов по усовершенствованию, она обеспечивает их интеграцию в одно целое, усовершенствование в одной из сфер автоматически приводит к усовершенствованию к другой сфере.

ERP система [41] в управлении ресурсами предприятия содержит в себе следующий смысл: «Финансово-ориентированная информационная система для определения и планирования ресурсов всего предприятия, необходимых для того, чтобы принять, сделать, отгрузить и отразить в учете заказы клиентов». В машиностроении ERP-системы используются совместно с целым рядом специализированных информационных систем, таких как MES, SCADA, CAD/CAM/CAE, PLM. Согласно результатам исследования Aberdeen Group, американские машиностроительные предприятия используют в среднем 10,5 модулей из 24 «стандартных» модулей ERP-системы. В «производственный» функционал, например, входят:

- ведение конструкторских и технологических спецификаций. Такие спецификации определяют состав конечного изделия, а также материальные ресурсы и операции, необходимые для его изготовления (включая маршрутизацию);

- управление спросом и формирование планов продаж и производства. Эти функции предназначены для прогноза спроса и планирования выпуска продукции;

- планирование потребностей в материалах. Позволяют определить объемы различных видов материальных ресурсов (сырья, материалов, комплектующих), необходимых для выполнения производственного плана, а также сроки поставок, размеры партий и т.д.;

- управление запасами и закупочной деятельностью. Позволяют организовать ведение договоров, реализовать схему централизованных закупок, обеспечить учет и оптимизацию складских запасов и т.д.;

- планирование производственных мощностей. Эта функция позволяет контролировать наличие доступных мощностей и планировать их загрузку. Включает укрупненное планирование мощностей (для оценки реалистичности производственных планов) и более детальное планирование, вплоть до отдельных рабочих центров.

При этом охват функционала используемых модулей сегодня составляет примерно 71 %, а возможности ERP-систем в целом используются чуть более чем на 30 %. Аналогичное российское исследование, проведенное компанией «Директория» на базе опроса 50 компаний Северо-Западного региона, показало, что в достаточно большом числе компаний при внедрении ERP-систем блок MRPII («производственный» функционал) вообще не внедрялся. Такие системы создаются для предоставления руководству информации для принятия управленческих решений.

Облачное производство – это новая междисциплинарная область, задействовавшая такие технологии и концепции, как сетевое производство, производственные сети (MGrid), виртуальное производство, гибкое производство, «интернет вещей» и, собственно, облачные вычисления. Понятию «облачное производство» можно дать следующее определение - это модель повсеместного, удобного доступа к общему фонду переналаживаемых производственных ресурсов (программное обеспечение, оборудование,

производственные мощности) в нужный момент времени и с возможностью быстрого получения готового продукта с минимальными затратами на менеджмент и с минимальным взаимодействием между поставщиком и клиентом. Облачное производство предлагает переход от устаревшей производственно-ориентированной модели промышленности к сервисно-ориентированной модели. Ключевыми становится понятие «производство как услуга». С появлением на рынке мощных и доступных производственных услуг появляются новые возможности доступа к производительным, надежным технологиям, легко масштабируемым и быстро развертываемым [97].

Известно, что уже сегодня существует много технологий, которые должна использовать Индустрия 4.0. В очень многих публикациях, посвященных Индустрии 4.0, говорится об умных устройствах и 3D принтерах. Умные устройства правильнее отнести к интернету вещей, а 3D принтеры – это разновидность оборудования, хоть и высокоинтеллектуального. Среди существенного для этой статьи отметим, что в Индустрию 4.0 входит:

- PLM (Управление жизненным циклом изделия);
- Big Data (Большие данные);
- Smart Factory (Умный завод).

PLM (Product Lifecycle Management — управление жизненным циклом изделия) представляет собой методологию комплексного применения современных информационных технологий. PLM система — это не один суперпродукт, а совокупность информационных систем (в том числе от разных производителей). Она должна решать задачи подготовки и управления инженерными данными (средствами CAD/CAM/CAE/PDMсистем) и задачи управления данными на стадии производства (средствами ERP, MES, CAQ/QMS и других систем). Такое комплексное внедрение систем безусловно является проектом и требует продуманного системного подхода, методик внедрения [67, 97].

Большие данные — это совокупность подходов, инструментов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных

больших объемов и значительного многообразия для получения воспринимаемых человеком или компьютерной системой результатов. В том числе речь идет и о данных с систем мониторинга станков и инструмента. Управлять, структурировать, интерпретировать, анализировать и использовать данные — одна из основных наиважнейших задач организации производства в концепции Industry 4.0.

В основе концепции **Smart Factory** лежит бесшовное соединение отдельных этапов производственного процесса — от стадий проектирования изделий, планирования производства, в том числе производственных ресурсов, к собственно производству. Фундаментом Smart Factory является концепция «Цифровое производство».

Эта тема перекликается с PLM, но здесь больший акцент делается на виртуальную отладку производственных процессов (используются также термины «симуляция» или «имитационное моделирование»).

Технологии Индустрии 4.0 должны быть увязаны в нужном месте и в требуемом виде. Как правило, само предприятие до конца не понимает, как это должно быть, и здесь существенно возрастает роль системного интегратора, который специализируется именно на машиностроении.

6.4 Контрольные вопросы

Ознакомьтесь с лекционным материалом и ответьте на вопросы.

- 1) Какие предприятия машиностроения успешно внедряют бережливое производство или его элементы?
- 2) Какие результаты внедрения бережливых технологий в машиностроении Вам известны?
- 3) Какие предприятия авиастроения внедряют бережливое производство или его элементы?
- 4) Какие результаты внедрения бережливых технологий в авиастроении Вам известны?

5) Какие предприятия ОПК внедряют бережливое производство или его элементы?

6) Каковы результаты внедрения бережливых технологий в ОПК?

6.5 Практическое занятие

План занятия

1) Обсуждение: «Внедрение бережливых технологий на предприятиях отрасли и в региональных кластерах».

2) Дискуссия: «Бережливые технологии и техническое перевооружение предприятий – реалии в кластерах машино- и авиастроения Оренбургской области и граничных регионов».

3) Экспресс-опрос: «Примеры внедрения бережливых технологий в кластерах авиастроения и машиностроения»

6.6 Задания для самостоятельной и исследовательской работы

1) Обсудите с преподавателем тему Вашего сообщения на научной конференции или статьи в научном журнале по проблеме внедрения бережливого производства на предприятии (место работы, база практики).

2) Найдите литературу, которая станет основой Вашего исследования и составьте ее список.

3) Подготовьте тезисы статьи для выступления на научной конференции или публикации в научном журнале на тему «Возможности внедрения бережливого производства на предприятии отрасли».

4) Подготовьте презентацию, которая будет сопровождать Ваше выступление на научной конференции или иллюстрации для статьи в научном журнале на тему «Возможности внедрения бережливого производства на предприятии отрасли».

6.7 Рекомендуемая литература

1. Башлаков-Николаев, И.В. Бережливое производство и регулирование государственного заказа / И.В. Башлаков-Николаев // Новый оборонный заказ. Стратегии. – 2017. – № 2(44). – С. 78-86.
2. Баженов, Г.Е. Проблемы внедрения концепции бережливого производства на российских предприятиях / Г.Е. Баженов, А.В. Дьячкова // Бизнес. Образование. Право. – 2016. – № 3 (36). – С. 14-20.
3. Дробышевская, Л.Н. Бережливое производство как инструмент развития российской промышленности / Л.Н. Дробышевская, А.А. Кеворкова // Развитие и актуальные вопросы современной науки. – 2017. – № 7 (7). – С. 69-75.
4. Как внедрить бережливое производство на оборонном предприятии. // Новый оборонный заказ. – 2017, – №2 (44). – Режим доступа: <http://dfnc.ru/reforma/kak-vnedrit-berezhlivoe-proizvodstvo-na-oboronnom-predpriyatii-2/> – (Дата обращения 20.06.2018).

7 Практикум

Работа № 1. Анализ актуальной информации о бережливых производствах на сайтах предприятий авиа- и машиностроения

Цель: Ознакомиться с основными положениями концепции бережливого производства в авиа- и машиностроении

Задание:

- 1) Ознакомьтесь с учебными материалами по теме 1, 2
- 2) Организуйте команду «бережливых» из числа обучающихся в группе (3-4 чел).
- 3) По интернет-источникам выберите сайты производственных объединений и организаций, входящих в данную отрасль в регионе, в стране или за рубежом. Рассмотрите в качестве примера сайт – Режим доступа: https://kamaz.ru/about/production_system
- 4) Совместно разработайте таблицу, в которой отобразите основные понятия бережливых производств, их содержание, примеры для выбранного производства (известного предприятия отрасли)
- 5) Совместно разработайте таблицу, в которой отобразите основные принципы бережливых производств, их содержание, примеры для выбранного производства (известного предприятия отрасли)
- 6) По результатам анализа подготовьте отчет

Отчет

1. Таблица основных понятий бережливых производств, примеры с ссылками на сайты
2. Таблица принципов бережливых производств, примеры с ссылками на сайты
3. Вывод по работе

Контроль

Ответьте на контрольные вопросы к разделу 1.

Работа № 2. Анализ внедрения бережливых производств на предприятиях отрасли в России и за рубежом

Цель: Ознакомиться с опытом внедрения бережливых производств на предприятиях отрасли по данным открытых источников

Задание:

- 1) Ознакомьтесь с учебными материалами по теме 1,2,3,
- 2) Организуйте команду «бережливых» из числа обучающихся в группе (3-4 чел).
- 3) Обсудите с преподавателем, какая из отраслей машино- и авиастроения будет исследоваться.
- 4) По интернет-источникам в команде выберите сайты производственных объединений и организаций, входящих в данную отрасль в регионе, в стране или за рубежом.
- 5) Ознакомьтесь на страницах сайта с разделами технологий производства, системы менеджмента качества, организации производства, контроля качества продукции, рекламой продукции, отчетами, выступлениями ведущих специалистов, руководства. Рассмотрите в качестве примера сайт – Режим доступа: https://kamaz.ru/about/production_system
- 6) Ознакомьтесь с электронными версиями журнала «Бережливое производство» (сайт www.kamaz.ru), журнала «ЛИН-технологии: бережливое производство» – Режим доступа: http://panor.ru/magazines/lin_tekhnologii_berezhlivoe_proizvodstvo.html.
- 7) Ознакомьтесь с литературой по бережливому производству в библиотеке ОГУ – Режим доступа: (http://artlib.osu.ru/site_new/find-book)
- 8) Совместно разработайте таблицу, в которой отобразите результаты исследований (производство, его сайт, установленные вами результаты внедрения бережливых производств)

- 7) По результатам анализа подготовьте отчет

Отчет

- 1) Таблица основных результатов исследования со ссылками на сайты

2) Вывод по работе

Контроль

Ответьте на контрольные вопросы к разделам 2,3

Работа № 3. Анализ проблемы организации производственных потоков

Цель: Ознакомиться с основами потока создания ценности на предприятии отрасли

Задание:

- 1) Ознакомьтесь с материалами разделов 2,3,4
- 2) Организуйте команду «бережливых» (2-5 студентов, коллег)
- 3) Ознакомьтесь с научной и учебной литературой по вопросу картирования потока создания ценностей.
- 4) В команде обсудите технологический процесс изготовления изделия Вашего предприятия.
- 5) Изобразите диаграмму «спагетти» для перемещения рабочего (оператора, предмета производства).
- 6) Предложите улучшение в перемещении ценностей.
- 7) Сделайте командное сообщение с презентацией (5-10 слайдов).
- 8) Ответьте на контрольные вопросы к разделу 2.

Отчет представляется в форме командной презентации и командного сообщения

Контроль

Ответьте на контрольные вопросы к разделу 3,4

Работа № 4. Анализ действующих стандартов в сфере бережливого производства

Цель: Ознакомиться с национальным стандартом Российской Федерации в сфере бережливого производства

Задание:

1) Ознакомьтесь с национальными стандартами в сфере бережливого производства

2) Составить таблицу соответствия основных методов и инструментов бережливого производства и соответствующих им стандартов.

3) Ознакомьтесь на страницах сайта с разделами технологий производства, системы менеджмента качества, организации производства, контроля качества продукции, рекламой продукции, отчетами, выступлениями ведущих специалистов, руководства. Рассмотрите в качестве примера сайт – Режим доступа: https://kamaz.ru/about/production_system

4) Ознакомьтесь с электронными версиями журнала «Бережливое производство» [Журнал «Бережливое производство» выпуск №1 \(4\) 2017](#),

5) Журнала ЛИН-технологии: бережливое производство. - М.: Панорама, – 2017. – №1. – 68 с. – Режим доступа: http://panor.ru/magazines/lin_tekhnologii_berezhlivoe_proizvodstvo.html

6) По результатам анализа установить план стандартизации основных элементов бережливого производства, указав сайты предприятий, имеющих наибольший опыт внедрения бережливых производств.

7) Ответьте на контрольные вопросы к разделу 5,6.

Отчет представляется в форме командной презентации и командного сообщения

Список использованных источников

1. Абросимова, А.А. Опыт внедрения бережливого производства в машиностроении на примере ОАО «Заволжский моторный завод» / А.А. Абросимова, И.А. Барцев // Российское предпринимательство. – 2013. – № 2 (224). – С. 73-78.
2. Абросимова, А. А. Развитие методов бережливого производства на промышленных предприятиях : автореф. дис. ... канд. экон. наук / А. А. Абросимова. – Нижний Новгород, 2013. – 22 с.
3. Алексеева, А.В. Инструменты концепции бережливого производства в машиностроении / А.В. Алексеева, С.М. Дли, В.Ю. Нестерова // Журнал правовых и экономических исследований. – 2015. – № 1. – С. 109-112.
4. Альманах «Управление производством» : журнал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.up-pro.ru>
5. Андреев, И.А. Опыт внедрения бережливого производства в оборонной промышленности / И.А. Андреев // Вестник Концерна ВКО Алмаз-Антей. – 2017. – № 3 (22). – С. 27-36.
6. Антипова, О. И. Управление качеством процессов изготовления режущего инструмента на основе интеграции принципов бережливого производства в действующие системы качества : автореф. дис. ... канд. техн. наук / О. И. Антипова. – Тольятти, 2008. – 16 с.
7. Бабушкин, В.М. Организация производственных процессов предприятий машиностроения на основе принципов бережливого производства /Бабушкин В.М.// автореф. дис. ... канд. экон. наук / В. М. Бабушкин. Казан. Нац. Исслед. Техн. Ун-т им. А.Н. Туполева. – Казань, 2012. – 16 с.
8. Баженов, Г.Е. Проблемы внедрения концепции бережливого производства на российских предприятиях / Г.Е. Баженов, А.В. Дьячкова // Бизнес. Образование. Право. – 2016. – № 3 (36). – С. 14-20.

9. Баранов, А.В. Обзор основных принципов бережливого производства и перспектив их применения на предприятиях машиностроения / А.В. Баранов // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2009. – № 3 (7). – С. 37-42.

10. Башлаков-Николаев, И.В. Бережливое производство и регулирование государственного заказа / И.В. Башлаков-Николаев // Новый оборонный заказ. Стратегии. – 2017. – № 2(44) – С. 78-86. – Режим доступа: <http://dfnc.ru/>

11. Белоновская, И. Д. Внедрение технологии lean-management на машиностроительных производствах / И.Д. Белоновская, В.К. Воробьев // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), – Оренбург. – 2017.

12. Бережливое производство в ОАО РЖД. Краткий справочник. – М.: 2012. – 230 с.

13. Бережливое производство и кооперация в авиастроении: производство МС-21. – Режим доступа: http://www.up-pro.ru/library/production_management/lean/aviastroenie-ms21.html

14. Бережливое производство. – Режим доступа: www.kamaz.ru

15. Березовский, Э.Э. Инструменты и методы управления промышленными предприятиями на основе **Lean**-концепции : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Э. Э. Березовский. – Краснодар, 2014. – 25с.

16. Богданова, Л.В. Развитие бережливого производства в транспортном машиностроении / Л.В. Богданова, В.А. Тегин // В сборнике: Экономика и практический менеджмент в России и за рубежом материалы Международной научно-практической конференции. 2014. – С. 14-19.

17. Бурханов, В.Р. Бережливое производство в аэрокосмической промышленности. //В сборнике: Идеи К.Э. Циолковского в инновациях науки и техники материалы 51-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. 2016. – С. 443-444.

18. Бык, В.Ф. Незатратные инструменты и методы повышения конкурентоспособности машиностроительных предприятий республики Беларусь / В.Ф. Бык // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2014. – № 4 (59). – С. 93-98.

19. Владыкин, А.А. Система «бережливого производства» как механизм комплексного внедрения инновационных методик совершенствования производственного процесса и повышения качества выпускаемой продукции на предприятиях машиностроения / А.А. Владыкин, А.С. Каминкас. Шумпетеровские чтения. – 2013. – № 1. – С. 227-231.

20. Вумек Джеймс П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. / Джеймс П. Вумек, Дэниел Т. Джонс – М.,: Альпина Паблишер, 2011. – 120 с.

21. Вэйдер, М.Т. Инструменты бережливого производства. Мини-руководство по внедрению методик бережливого производства. / Майкл Томас Вэйдер. Альпина Паблишер – 2012. – 125 с.

22. Вялов, А.В. Бережливое производство: учеб. пособие / А. В. Вялов. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2014. – 100 с.

23. Гальперин, Д.М. Конкурентоспособность наукоемкого машиностроения: вклад информационных технологий и бережливого производства / Д.М. Гальперин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2013. – № 1. – С. 144-148.

24. Голоктеев, К. Управление производством: инструменты, которые работают. / К. Голоктеев. — СПб.: Питер, 2008. – 251 с.

25. ГОСТ 14.004-83 Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий (с Изменениями № 1, 2). – М.: Стандартиформ, 2009. – 35 с.

26. ГОСТ 23501.108-85. Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначение. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 16 с.

27. ГОСТ Р 56020-2014 Бережливое производство. Основные положения и словарь. – М.: Стандартиформ, 2014. – 25 с.

28. ГОСТ Р 56404-2015 Бережливое производство. Требования к системам менеджмента. – М.: Стандартинформ, 2015. – 21 с.
29. ГОСТ Р 56405-2015 Бережливое производство. Процесс сертификации систем менеджмента. Процедура оценки. – М.: Стандартинформ, 2015. – 24 с.
30. ГОСТ Р 56406-2015 Бережливое производство. Аудит. Вопросы для оценки системы менеджмента. – М.: Стандартинформ, 2015. – 231 с.
31. ГОСТ Р 56407-2015 Бережливое производство. Основные методы и инструменты. – М.: Стандартинформ, 2015. – 22 с.
32. ГОСТ Р 56906-2016 Бережливое производство. Организация рабочего пространства (5S). – М.: Стандартинформ, 2016. – 22 с.
33. ГОСТ Р 56907-2016 Бережливое производство. Визуализация. – М.: Стандартинформ, 2015. – 19 с.
34. ГОСТ Р 56908-2016 «Бережливое производство. Стандартизация работы». М.: Стандартинформ, 2016. – 29 с.
35. ГОСТ Р 57522-2017 Бережливое производство. Руководство по интегрированной системе менеджмента качества и бережливого производства, 2017. – 20 с.
36. ГОСТ Р 57523-2017 Бережливое производство. Руководство по системе подготовки персонала. – М.: Стандартинформ, 2017. – 34 с.
37. ГОСТ Р 57524-2017 Бережливое производство. Поток создания ценности. – М.: Стандартинформ, 2017. – 29с.
38. Давыдова, Н. С. Бережливое производство на предприятиях машиностроения: теория и практика внедрения: монография / Н. С. Давыдова, Ю. П. Клочков ; Российская акад. естествознания. – Москва : Издательский дом Акад. естествознания, 2012. – 111 с.
39. Дробышевская, Л.Н. Бережливое производство как инструмент развития российской промышленности / Л.Н. Дробышевская, А.А. Кеворкова // Развитие и актуальные вопросы современной науки. – 2017. – № 7 (7). – С. 69-75.

40. Иллюстрированный глоссарий по бережливому производству / под ред. Ч. Марчвински, Д. Шука ; пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. – 123 с.
41. Искандарян, Р. А. Организационная структура продвижения ТРМ / Р. А. Искандарян // Методы менеджмента качества. – 2004. – № 1. – С. 24-25.
42. Как внедрить бережливое производство на оборонном предприятии. // Новый оборонный заказ. – 2017, – №2 (44). – Режим доступа: <http://dfnc.ru/reforma/kak-vnedrit-berezhlivoe-proizvodstvo-na-oboronnom-predpriyatii-2/>
43. Какова основная цель ERP-систем в машиностроении? // НПКЦ «Интеграл». Томск. – Режим доступа: <http://integral-russia.ru/2016/10/09/3595/>.
44. Канбан для рабочих / пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 136 с.
45. Кибирев, Ю.В. Оценка эффективности процессов и безопасности машиностроительных и строительных организаций на основе бережливого производства / Ю.В. Кибирев [и др.] // Качество. Инновации. Образование. – 2017. – № 8 (147). – . 36-45.
46. Клочков, Ю.П. Организация бережливого производства на предприятиях машиностроения / Ю.П. Клочков автореф. дисс... канд. экон. Наук. – Ижевск, 2012. – 16 с.
47. Кобаяси, И. 20 ключей к совершенствованию бизнеса. Практическая программа революционных преобразований на предприятиях: пер. с яп. – М.: Стандарты и качество, 2012. – 248 с.
48. Козырев, Ю.Г. Гибкие производственные системы. Справочник. / Ю.Г. Козырев. Кнорус, 2017. – 364 с.
49. Кравченко, А.А. Применение методов организации бережливого производства на крупных предприятиях машиностроения в России / А.А. Кравченко // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2014. – № 11. – С. 160-165.

50. Кригер, А.А. Повышение эффективности управления промышленными предприятиями в России на основе концепции «Бережливого производства» : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Кригер А. А. – М., 2012. – 30 с.

51. Куприянова, Т. М. Реализация технологии быстрой переналадки: российский опыт / Т. М. Куприянова, В. Е. Растимешин // Методы менеджмента качества. – 2007. – № 6. – С. 4-9.

52. ЛИН-технологии: бережливое производство. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://panor.ru/magazines/lin_tekhnologii_berezhlivoe_proizvodstvo.html

53. Луис, Р. Система Канбан. Практическое руководство по разработке в условиях вашей компании / Р. Луис. М.:РИА «Стандарты и качество», 2008. –216 с.

54. Луйстер, Т. Бережливое производство : от слов к делу / Т. Луйстер, Д. Теппинг ; пер. с англ. ; под ред. В. В. Брагина. – М. : РИА Стандарты и качество, 2008. – 132 с.

55. Маликова, Д.М. Механизм эффективной взаимосвязи комплексной автоматизации и организации бережливого производства в машиностроении / Д.М. Маликова // Вестник ИЖГТУ им. М.Т. Калашникова. – 2016. – Т. 19. – № 2. – С. 33-36.

56. Маликова, Д.М. Подходы и методы организации бережливого производства на предприятиях машиностроения / Д.М. Маликова // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 7 (72). – С. 419-422.

57. Маликова, Д.М. Управление технологической цепочкой производства продукции «ТОЧНО В СРОК» на предприятиях машиностроения / Д.М. Маликова, А.Н. Пыткин //Научное обозрение. – 2016. – № 20. – С. 145-149.

58. Масааки Имаи. Гемба кайдзен. Путь к снижению затрат и повышению качества = Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management. – М.: «Альпина Паблишер», 2010. – 344 с.

59. Монден, Я. Тойота : методы эффективного управления / Я. Монден; пер. с англ. – М. : Экономика, 1989. – 288 с.
60. Мурзак, А.Н. Анализ отечественного опыта внедрения бережливого производства на машиностроительных предприятиях / А.Н. Мурзак // Развитие человеческих ресурсов. – 2012. – №6. – С.257-263
61. Негруца, А.А. Внедрение бережливого производства на предприятиях аэрокосмического комплекса / А.А. Негруца // В книге: Гагаринские чтения 2017. Тезисы докладов. – 2017. – С. 1156.
62. Никитин, В. В. Логико-генетический метод оптимизации АСТПП авиадвигателестроения в условиях управления проектами «бережливого» производства : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.В. Никитин. – Уфа, 2011. – 16 с.
63. Ноль дефектов: система ZQC / пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 128 с.
64. Общая эффективность оборудования / пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 112 с.
65. Панина, Ф.Ю. Построение карты потока создания ценности в системе бережливого производства: практический подход / Ф.Ю. Панина, Л.А. Федоськина // Системное управление. – 2011. – № 4 (13). – С. 19-25.
66. Полковникова, Е.Е. Использование технологий бережливого производства в аэрокосмической отрасли / Е.Е. Полковникова //Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – Т. 3. – № 13. – С. 395-396.
67. Почему внедрение новых технологий PLM происходит медленно?/ П. Ведмидь, С. Щейников // Портал «Управление производством — Цифровое производство». – 2017. – № 2. – С. 713.
68. Производство без потерь для рабочих / пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 152 с.
69. Просвирина, Н.В. Повышение эффективности форм организации производства на предприятиях авиационного двигателестроения

/ Н.В. Просвирина, А.И. Тихонов // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. – 2017. – № 4. – С. 166-170.

70. Публичный аналитический доклад по развитию новых производственных технологий / Сколковский институт науки и технологий, 2014. – 202 с.

71. Пшенников, В. В. Качество через ТРМ, или О предельной эффективности промышленного оборудования / В. В. Пшенников // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 10. – С. 5-11.

72. Ратнер, С.В. Использование принципов бережливого производства в энергетическом машиностроении / Ратнер С.В., Иосифов В.В. // В сборнике: Управление инновациями – 2014. Материалы международной научно-практической конференции; Под редакцией Р.М. Нижегородцева, 2014. – С. 214-218.

73. Ротер, М. Учись видеть бизнес-процессы. Практика построения карт потоков создания ценности / Майк Ротер, Джон Шук ; пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс : CBSD, Центр развития деловых навыков, 2005.

74. Самойлюк, Т. А. Совершенствование управления человеческими ресурсами в системе «бережливого производства» : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Т.А. Самойлюк. – Новосибирск, 2016. – 22 с.

75. Сафронова, К. О. Адаптация бережливого производства в условиях экономической нестабильности : автореф. дис. ... канд. экон. наук / К.О. Сафронова. – М., 2017. – 31 с.

76. Селиванов, С.Г. Автоматизированная система технологической подготовки бережливого производства в машиностроении / В.В. Никитин, М.А. Дружинина, В.Г. Шипилова // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2009. – Т. 13. – № 1. – С. 121-127.

77. Синго, С. Быстрая переналадка: Революционная технология оптимизации производства: Пер. с англ. / С. Синго. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 344 с.

78. Синго, С. Быстрая переналадка: Революционная технология оптимизации производства / С. Синго ; пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2006. – 344 с.

79. Системы мониторинга станков с ЧПУ в России. Обзор технологий и рынка за 2016 г. / Ю.Куркова [и др.]. // Планета САМ. – 2017. – № 8. – С. 5068.

80. Слыжов, А. В. Совершенствование системы управления промышленным предприятием на принципах бережливого производства и контроллинга : автореф. дис. ... канд. экон. наук / А.В. Слыжов. – Нижний Новгород, 2015. – 26 с.

81. Слюсарь, И.К. Бережливое производство на машиностроительных предприятиях / И.К. Слюсарь // В сборнике: Инновационные технологии в управлении. Сборник научных статей. Москва, 2018. – С. 120-124.

82. Современные проблемы науки в машиностроении : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки: «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Автоматизированные технологии производства» / А. Н. Афонин [и др.]. – Москва : Спектр, 2010. – 262 с.

83. Стандартизированная работа / пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 152 с.

84. Тайити, Оно. Производственная система Тойоты: уходя от массового производства. — М: Издательство ИКСИ, 2012. – 192 с .

85. Тахаутдинова, С.С. Методика расчета экономического эффекта при применении бережливого производства / С.С. Тахаутдинова //Наука, образование и культура. – 2016. – № 12 (15). – С. 44-45.

86. ТРМ в простом и доступном изложении /А. Итикава [и др.] ; пер. с яп. А. Н. Стерляжникова ; под науч. ред. В. Е. Растимешина, Т. М. Куприяновой. – М. : РИА «Стандарты и качество» 2008. – 128 с.

87. Фахруллина, А.Р. Обзор инструментов бережливого производства и используемых информационных систем в авиастроении / А.Р. Фахруллина,

А.И. Кагарманов // Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2015. – № 1 (13). – С. 137-141.

88. Фомичев, С. К. Бережливое управление: управление потоками создания ценности / С. К. Фомичев, Н. И. Скрыбина, О. Ю. Уразлина // Методы менеджмента качества. – 2004. – № 7. – С. 15-21.

89. Хамидуллина, А.М. Разработка комплекса принципов применения технологии «lean production» на ООО «ЦФ КАМА» / А.М. Хамидуллина, А.С. Пуряев // Инновационная наука. – 2016. – № 5-1 (17). – С. 180-184.

90. Чаманкина, А.Е. Интеграция методов бережливого проектирования и бережливого производства в авиакосмической промышленности / А.Е. Чаманкина, Д.В. Нестеренко // В сборнике: Современные кадровые технологии в управлении предприятиями и территориями. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2017. – С. 226-233.

91. Шиляева, Е. В. Оценка повышения конкурентоспособности российских промышленных предприятий при внедрении системы бережливого производства : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Е.В. Шиляева. – М., 2017. – 31 с.

92. Яшина, А.С. Роль и место бережливого производства в машиностроении / А.С. Яшина // В сборнике: Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование Сборник научных трудов 4-й Международной молодежной научно-практической конференции. В 3-х томах. Ответственный редактор Е.В. Павлов. – 2017. – С. 243-246.

93. «... Lean — это гонка без финиша». Бережливое авиастроение или как это делает Боинг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lean6sigma.org.ua/2011/06/0601a/>

94. «Точно вовремя» для рабочих / пер. с англ. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 120 с.

95. «5S» для рабочих: как улучшить свое рабочее место / пер. с англ. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 176 с.

96. Belonovskaya, I. D. Methodology of Complex Continuous Training of the Students of Technical Universities to Innovative Activities /I. D. Belonovskaya [atal.], // Mediterranean Journal of Social Sciences (2015) Mediterranean Journal of Social Sciences 6 (2S3) , p. 36 – 43/

97. Xun Xu. From Cloud Computing to Cloud Manufacturing // Elsevier. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. Vol. 28, Issue 1, February 2012, p. 75-86.

Учебное пособие

И.Д. Белоновская, Е.М. Езерская, А.И. Сердюк

**ТЕХНОЛОГИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В
АВТОМАТИЗИРОВАННОМ МАШИНО- И АВИАСТРОЕНИИ**

ISBN 978-5-4417-0773-2



Формат 60x84¹/₁₆. Бумага писчая.

Усл. Печ. Листов 8,875. Тираж 500 (1-й завод 30). Заказ 50.

Подписано в печать 12.04.2019 г.

Цена свободная

ООО ИПК «Университет»

460007, г. Оренбург, ул. М.Джалиля, 6

E-mail: ipk_universitet@mail.ru

Тел./факс: (3532)90-00-26