

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Учебник



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Рекомендовано Координационным советом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки» в качестве учебника при реализации основных профессиональных образовательных программ по направлениям подготовки магистратуры области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки».



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2022

УДК 658/338(075.8)

Б48

Р е ц е н з е н т ы:

Доктор экономических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, исполнительный вице-президент Союза промышленников и предпринимателей Санкт-Петербурга, действительный член Санкт-Петербургской инженерной академии, главный научный сотрудник Института проблем региональной экономики РАН *Е. А. Горин*

Доктор технических наук, профессор, ректор Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, председатель Совета ректоров вузов Санкт-Петербурга и Ленинградской области *А. В. Демидов*

Доктор экономических наук, профессор, председатель Комитета по промышленной политике, инновациям и торговле Санкт-Петербурга *К. А. Соловейчик*

А в т о р ы:

В. В. Глухов, С. Н. Кузьмина, В. А. Левенцов, М. Г. Ливинцова, Е. Е. Абушова,
А. В. Черникова, А. А. Яковлев, Т. С. Лебедева, В. В. Терещенко

Бережливое производство : учебник / В. В. Глухов [и др.] ; под ред. В. В. Глухова. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 244 с.

Соответствует содержанию дисциплины «Бережливое производство» федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлениям подготовки магистров области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки».

Курс «Бережливое производство» является основополагающим в формировании представлений о принципах оптимизации и поддержания комфортной производительной рабочей среды; о содержании программы бережливого производства; об инструментах бережливого производства; о теоретических, методических и практических основах рациональной организации рабочего места; об основных мероприятиях системы.

Предназначен для студентов вузов и преподавателей, а также специалистов и руководителей предприятий.

Табл. 15. Ил. 61. Библиогр.: 103 назв.

Подготовлен в рамках исполнения работ по НТИ.

Печатается по решению
Совета по издательской деятельности Ученого совета
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

ISBN 978-5-7422-7708-8
doi:10.18720/SPBPU/2/id22-29

© Глухов В. В., научное редактирование, 2022
© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2022

Ministry of science and higher education of the Russian Federation

PETER THE GREAT
ST. PETERSBURG POLYTECHNIC UNIVERSITY

LEAN PRODUCTION

Recommended by the Coordinating Council on Education in «Engineering, Technology and Technical Sciences» of the Ministry of Education and Science as a textbook for main educational programs offered for Master's degree students in «Engineering, Technology and Technical Sciences»



POLYTECH-PRESS

Peter the Great
St. Petersburg Polytechnic
University

Saint-Petersburg
2022

Peer reviewed by:

Doctor of Economics, Professor, Executive Vice President of St. Petersburg
Union of Industrialists and Entrepreneurs *E. A. Gorin*

Doctor of Engineering, Professor, Rector of Saint Petersburg State University
of Industrial Technologies and Design, the Chairman of the Council of Rectors of
Saint-Petersburg and Leningrad Oblast *A. V. Demidov*

Doctor of Economics, Professor, the Chairman of the Committee on Industrial
Policy, Innovation and Trade of St. Petersburg *K. A. Soloveichik*

Authors:

V. V. Glukhov, S. N. Kuzmina, V. A. Leventsov, M. G. Livintsova, E. E. Abushova,
A. V. Chernikova, A. A. Yakovlev, T. S. Lebedeva, V. V. Tereshchenko

Lean production : textbook / V. V. Glukhov [et al.] ; edited by V. V. Glukhov. — SPb. :
POLYTECH-PRESS, 2022. — 244 p.

The textbook complies with the content of the discipline «Lean production» of the educational
standard of higher education for Master's programs in «Engineering, Technology and Technical
Sciences».

«Lean production» is a fundamental course on the principles of optimization and maintenance
of a comfortable and productive working environment; on the content of the program in lean
production; on the theoretical, methodological and practical grounds for rational organization
of a workplace; on major activities of a system.

The textbook is intended not only for university students and lecturers, but also for
professionals and enterprise executives.

Tables 15. Illustrations 61. References: 103 titles.

Prepared as part of the execution of works on STI.

Printed by the Council for Publishing Activities of the Academic Council
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

ISBN 978-5-7422-7708-8
doi:10.18720/SPBPU/2/id22-29

© Glukhov V. V., scientific editing, 2022
© Peter the Great St. Petersburg Polytechnic
University, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	10
История совершенствования производства	12
Экономическая необходимость совершенствования управления производственными активами.....	18
Тема 1. Основы концепции бережливого производства	21
1.1. Понятия и определения.....	21
1.2. Система национальных стандартов, относящихся к концепции бережливого производства	23
Контрольные вопросы	26
Тема 2. Влияние принципов бережливого производства на стратегию предприятия	27
2.1. Принципы бережливого производства в пирамиде задач менеджмента.....	27
2.2. Сущность понятий: «миссия», «цель», «проблема»	30
2.3. Производственный процесс и процесс создания ценности.	
2.4. Ценность и стоимость продукта	39
Контрольные вопросы	42
Тема 3. Виды потерь на производстве и выявление их первопричин	43
3.1. Классификация потерь на производстве	43
3.2. Методы выявления потерь	47
Контрольные вопросы	56
Тема 4. Карта потока	57
4.1. VSM – карта потока производства.....	57
4.2. Кайдзен потока	63
4.3. Решение проблем на основе циклов PDCA и SDCA	66
4.4. Алгоритм General 8 D	69
Контрольные вопросы	72
Тема 5. Управление активами предприятия в рамках концепции бережливого производства	73
5.1. Понятие «актив» и сопутствующие ему понятия	73
5.2. Цели управления активами и процессы для достижения этих целей.....	79
5.3. Функция актива (технического объекта).....	82

5.4. Жизненный цикл актива (технического объекта)	83
5.5. Организация системы всеобщего ухода за оборудованием	91
5.6. Управление общей эффективностью оборудования в рамках концепции бережливого производства.....	98
Контрольные вопросы	103
Тема 6. Всеобщее обслуживание оборудования и его задачи	104
6.1. История возникновения и принципы всеобщего обслуживания оборудования	104
6.2. Методология всеобщего обслуживания оборудования – основа минимально достаточного производства и современного подхода к управлению эффективностью оборудования	109
6.3. Направления реализации всеобщего обслуживания оборудования.....	111
6.4. Место системы ТОиР в методологии TPM	114
Контрольные вопросы	118
Тема 7. Отказы оборудования и их последствия.....	119
7.1. Философия появления нежелательного события – отказа. Классификация отказов	119
7.2. Причинно-следственные связи появления отказов.....	124
7.3. Условия возникновения отказов.....	127
7.4. Модель Ризона	129
Контрольные вопросы	132
Тема 8. Методология RCM	133
8.1. RCM как методология оптимизации выбора стратегий ТОиР с учетом теории рисков	133
8.2. История появления методологии RCM.....	137
8.3. Принципы методологии RCM	139
8.4. Критичность оборудования. Ранжирование оборудования по критичности потенциальных отказов.....	139
8.5. Семь шагов RCM.....	147
8.6. Основные варианты проведения RCM.....	149
8.7. Этапы выполнения ТОиР по методологии RCM	150
8.8. Блок-схема проведения RCM (диаграмма принятий решений).....	153
Контрольные вопросы	157
Тема 9. Пути совершенствования производства.....	158
9.1. Способы управления производством: по отклонению и по возмущению	158
9.2. Выработка корректирующих и предупреждающих воздействий.....	161
9.3. Программа 5С	164
9.4. Паспортизация, совершенствование и визуализация	168
9.5. Преобразование менталитета работников.....	174

9.6. Методология SMED, история возникновения и совершенствования	176
9.7. Канбан – принцип вытягивающего производства	180
9.8. Инструменты рока-уоке, jidoka и andon	186
9.9. Метод хосин канри	190
9.10. «20 ключей» – комплексный подход к совершенствованию	193
9.11. Метод дорожных карт	198
Контрольные вопросы	200
Тема 10. Развитие методологий совершенствования производства	201
10.1. Основы теории ограничений систем	201
10.2. Основы методологии «Шесть сигм»	206
Контрольные вопросы	213
Тема 11. Компьютерный тренажер «Бережливое производство»	214
11.1. Интеграция компьютерного тренажера	217
11.2. Результаты обучения на компьютерном тренажере	221
11.3. Справочная информация	228
11.4. Требования к компьютерному тренажеру	232
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	233
ГЛОССАРИЙ	239

Вступительное слово к учебнику «Бережливое производство»

Вся деятельность человека так или иначе связана с экономией ресурсов в процессе получения результата. Это проявляется в зоне личных дел, транспортном перемещении, предпринимательской и производственной областях.

Крупное производство, отличающееся совместной работой сотен и тысяч людей, требует специальной системы управления, координации, мониторинга и анализа. И на всей его истории развития система управления производством вырабатывала специальные методы, приемы и инструменты повышения эффективности бизнес-процессов. Каждая ступень развития системы управления интегрировала свои наработки в методологии и методики рациональности труда, повышения эффективности производства, оптимизации ресурсов и др.

Настоящий этап совершенствования эффективных методов управления ресурсами на предприятиях связывают с методологией бережливого производства – системным управлением ресурсами.

Основная задача современной промышленности – создание глобально конкурентоспособной и востребованной продукции нового поколения в кратчайшие сроки. В условиях импортозамещения, национальной безопасности и технологического суверенитета, все острее стоит вопрос о наращивании производственных мощностей внутри Российской Федерации на базе современных подходов организации производства и передовых цифровых технологий.

Для успешного решения этих задач необходим постоянный анализ, генерация, применение и трансфер новых знаний, создание и развитие наукоемких технологий с последующим их объединением в технологические цепочки современных «умных» производств. Важно понимать, что невозможно выстроить «умное» производство, если вначале не выстроены все базовые бизнес-процессы, в том числе на принципах бережливости, т. е. исключая или минимизирующие все возможные потери в производственных и сервисных процессах.

Для обеспечения конкурентоспособности на глобальных рынках в перспективе 10–20 лет – а именно на это ориентируется Центр компетенций Национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии» – компании нужно быть лидером уже сейчас и иметь эффективные бизнес-модели. Инновационная модель развития современного предприятия должна учитывать триаду требований современных глобальных рынков, связанных с сокращением времени принятия решений (Time-to-Decision,

T2D), значительным сокращением времени выполнения/реализации проектов (Time-to-Execution, T2E) и значительным сокращением времени вывода продукции на рынок (Time-to-Market, T2M).

Методология, и шире — парадигма применения передовых производственных технологий, уже доказала свою эффективность в разработке высокотехнологичных изделий. Подтверждением тому служат более 250 НИОКР, реализованных Центром НТИ СПбПУ за последние 4 года.

Сейчас мы видим, как эти технологии распространяются на разные области деятельности: строительство, добычу полезных ископаемых, медицину, биологию и даже моделирование социально-экономических процессов.

Цифровизация, передовые цифровые и производственные технологии позволяют перейти на новый уровень методологии бережливого производства:

— умное производство, безлюдные процессы, роботизированные комплексы, цифровые двойники — это элементы современного бережливого производства, это «умное, узкое, короткое» производство;

— переход от управления производственным процессом к управлению жизненным циклом изделия позволяет говорить об оптимизации ресурсопотребления за цикл создания, производства и использования изделия;

— рассмотрение основных технологий совместно с обеспечивающими процессами и производствами повышает масштабность задач управления и возможности ресурсосбережения.

Уверен, что данный учебник предложит высокотехнологичным компаниям конкретные темы для совершенствования и оптимизации, ориентиры в вопросах цифровой трансформации бизнес-моделей и бизнес-процессов, будет способствовать решению научно-технологических проблем-вызовов, с которыми они сталкиваются в контексте IV промышленной революции, и даст импульс к развитию лидерства российских высокотехнологичных компаний на глобальных рынках.

Проректор по цифровой трансформации СПбПУ,
профессор, заместитель председателя координационного совета
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
по области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки»,
руководитель Научного центра мирового уровня «Передовые цифровые
технологии», Центра компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные
технологии», Инжинирингового центра (CompMechLab®) СПбПУ,
член Совета по развитию цифровой экономики
при Совете Федерации Федерального Собрания РФ

Алексей Иванович Боровков

ВВЕДЕНИЕ

Бережливое производство (БП, *англ.* lean production – LP, lean manufacturing) – это современная концепция управления предприятием (1980–2000-е гг.), которая предусматривает внедрение новых принципов управления на основе постоянного уточнения реальной ценности продукта, непрерывной оптимизации потока создания ценности, обеспечения непрерывности потока создания ценности.

Дословно с английского языка слово *lean* переводится как «тощий, стройный, худой, постный, скудный, бедный, убогий». Термин *lean production* в 1988 г. ввел *Джон Крафчик*, скорее всего, имея в виду то обстоятельство, что в новом типе производства нет ничего лишнего. В отечественных трудах и переводах на тему LP встречались такие интерпретации перевода, как «рачительное производство», «щадящее производство», «тонкое производство», «узкое производство», «ма-лозатратное производство» и другие.

Приступая к изучению учебной дисциплины, необходимо четко осознать ее место в системе знаний экономики, организации и менеджмента производства, ее специфику. Как новая дисциплина, «Бережливое производство» не в полной мере сложилась в общепринятую учебную дисциплину, поэтому практический и методический опыт авторского коллектива позволяет представить свою позицию.

Обязательным условием производственного процесса является удовлетворение: потребности заказчика; качества, свойств, показателей и полезности продукции. Регламент и технология производства, используемые материалы ориентированы на безусловное выполнение этих требований. Однако в ходе реализации производства появляются непроизводительные и вспомогательные работы, задержки в операциях, транспортировка полуфабрикатов в ходе обработки и другие подобные действия, которые не увеличивают ценность конечной продукции, но повышают ее стоимость. Бережливое производство отличается минимизацией непроизводительных и вспомогательных работ.

Учебная дисциплина «Бережливое производство» ориентирована на освоение компетенций по выявлению таких работ и выработке действий по их минимизации.

Целесообразность внедрения бережливого производства наиболее актуальна, если в организации:

- 1) высокая себестоимость продукции;
- 2) низкое качество продукции;

- 3) устаревшие технологии;
- 4) устаревшее оборудование;
- 5) высокая энергоемкость;
- 6) высокая затратность производства (уровень показателей большинства процессов имеет тенденцию к снижению со временем, если его не поддерживать);
- 7) нарушение сроков поставок;
- 8) нехватка квалифицированного персонала;
- 9) инновационная пассивность персонала;
- 10) высокая конкуренция на рынке (если какая-то организация не совершенствуется, то этим активно будут заниматься ее конкуренты);
- 11) рост ожиданий потребителей.

Бережливое производство — это умное, короткое и узкое производство.

Говоря об «узком производстве», выделим два принципиально разных аспекта:

- первое — совокупность непроизводственных затрат (потерь), сопровождающих действующий производственный процесс;
- второе — совокупность затрат, по содержанию активов предприятия (здания, сооружения, нематериальные активы), потери при простоях оборудования, затраты по обслуживанию (ремонт, подготовки) производственного оборудования.

Пять главных признаков системы управления бережливым производством:

- «сжатие по ширине» производственного потока (узкое производство);
- «сжатие по времени реализации» производственного процесса (короткое производство);
- сокращение затрат по обслуживанию активов предприятия;
- сокращение потерь производительного времени и затрат по обслуживанию оборудования;
- непрерывность управленческих действий по совершенствованию (умное производство).

Зоны внимания и воздействия управленческих инструментов бережливого производства:

- концепция деятельности предприятия (корпоративная культура, цели деятельности, мотивация предприятия);
- непроизводительные затраты (потери) при реализации производственного процесса;
- производственный поток;
- содержание активов предприятия;
- содержание и обслуживание (поддержание работоспособности) оборудования.

Минимально необходимые элементы системы управления бережливым производством:

- 1) мотивация персонала на применение инструментов бережливого производства;
- 2) определение ценности конкретного продукта;
- 3) выделение элементов потока создания ценности продукта;
- 4) организация непрерывного «течения» производственного потока;

- 5) «вытягивание» продукта последующей операцией;
- 6) постоянное стремление к совершенству.

Бережливое производство — это производство с меньшими ресурсами. Можно ли производить продукцию, не совершая непроизводительных операций вообще? Конечно, нет. Однако удельный вес таких операций в общем объеме выполняемых действий должен стремиться к минимуму. Если процесс сокращения потерь на предприятии постоянен, то можно говорить, что оно работает по бережливому принципу.

БП является одной из основных конкурентоспособных моделей ресурсного менеджмента (управления активами и ресурсами) предприятия. Она ориентирована на внутренние цели предприятия:

- постоянное сокращение затрат на производство и реализацию продукции;
- непрерывное повышение качества продукции;
- непрерывная оптимизация движения материального потока (согласно логике «точно вовремя»);
- обновление и эффективное обслуживание активов предприятия.

Исходя из этих целей, методология бережливого производства предполагает внедрение производственной системы, основанной на применении инструментов, которые содействуют развитию способности компании непрерывно повышать производительность труда, уменьшать сроки поставок, снижать издержки и потери производства.

История совершенствования производства

Развитие концепции деятельности предприятия происходило от простого к сложному. Хронология развития концепции совершенствования производства представлена на рис. 1.

Совершенствование производства является одной из старейших концепций управления производством, но при этом остается до сих пор эффективной для рынков с низким уровнем конкуренции. Это концепция периода индустриализации 20–40-х гг. XX в. Согласно концепции совершенствования производства считают, что потребители выберут тот товар, который будет соответствовать двум критериям: широкая распространенность на рынке и привлекательность розничной цены. Соответственно, лидером рынка станет тот производитель, которому удастся построить массовую дистрибуцию своего товара, установить самую привлекательную цену на продукт и при этом остаться в плюсе. При данной концепции упор делается на высокую производительность, однородность товара, стандартизацию и низкую себестоимость. Она ориентировалась на крупные предприятия, построение системы логистики и единого финансового контроля.

Генри Форд развил принцип специализации труда, предложенный и использованный *Фредериком Уинслоу Тейлором*, на заводах основанной им в 1903 г. автомобильной компании. Он разделил технологические процессы на операции, включавшие всего несколько трудовых движений рабочего, внедрил систему конвейерной сборки автомобилей, которая стала эффективной технологией

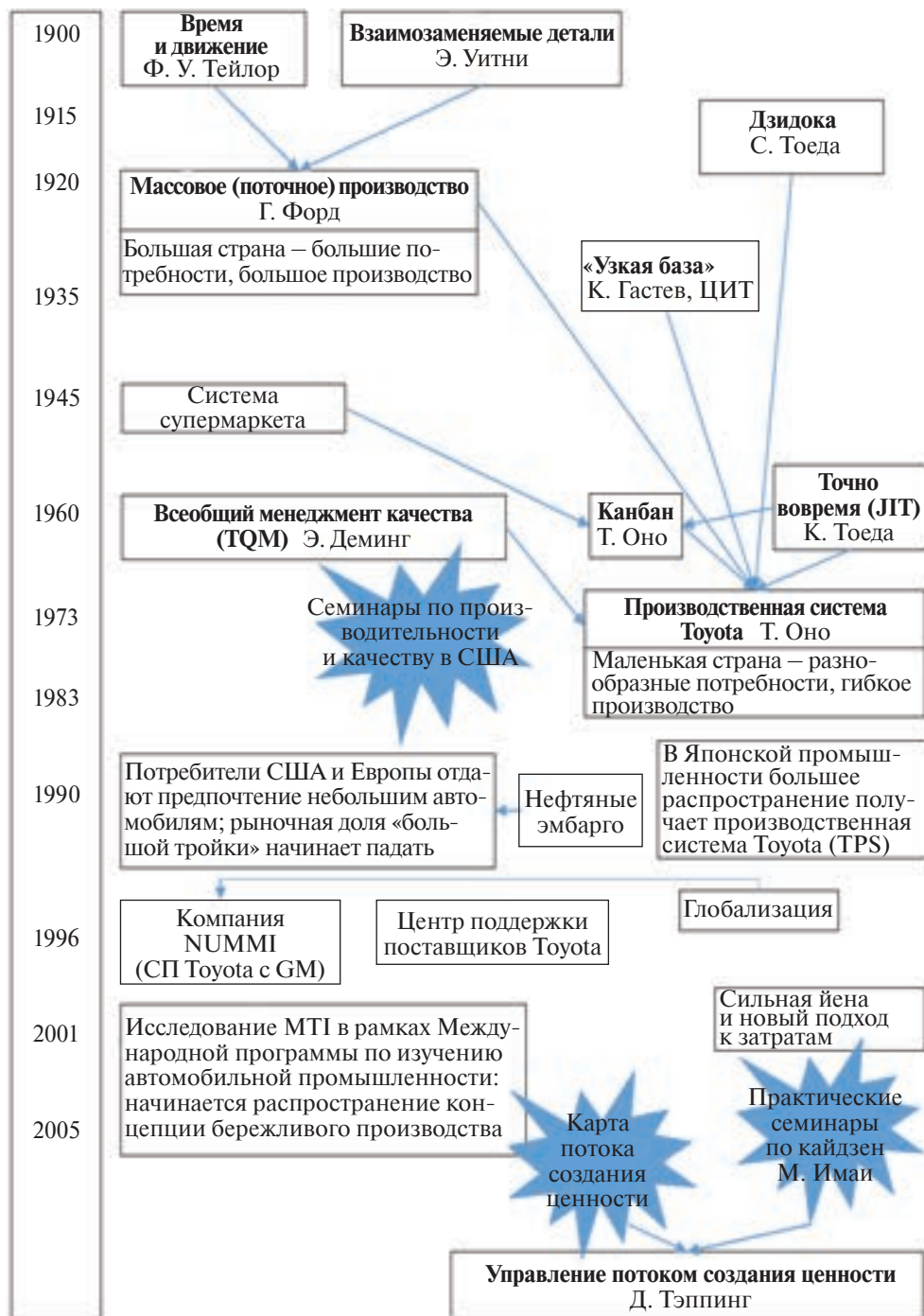


Рис. 1. Хронология развития концепции совершенствования производства (составлено авторами)

в условиях массового производства. Кроме поточных линий Форд первым в 20-х гг. XX в. использовал и другие организационно-технологические новшества: стандартизацию всех элементов производства, механизацию основных и вспомогательных процессов, использование силы притяжения Земли для межоперационной транспортировки предметов труда и т. д.

Одним из подходов, лежащих в основе концепции бережливого производства, является научная организация труда (НОТ). Основоположителем НОТ считается Тейлор. Он первым создал стройную концепцию научного менеджмента, основанную на единстве четырех принципов:

- 1) выработка научных основ производства;
- 2) научный подбор рабочих;
- 3) научное обучение и тренировка рабочих;
- 4) тесное дружественное сотрудничество администрации и рабочих.

Развивая принцип «инициатива – поощрение», Тейлор усовершенствовал метод «кнути и пряника», предложив оплачивать труд в зависимости от производительности труда работника. Кроме того, Тейлор первым обосновал важность учета вариативности производственного процесса (т. е. свойства его изменчивости в определенных пределах под влиянием различных факторов) и оценил важность контроля данного свойства.

Уже в начале XX в. стало очевидно, что система Тейлора, с одной стороны, содержит элементы, позволяющие существенно повысить производительность труда рабочих и эффективность работы предприятия, с другой – ориентируется на чрезмерную интенсификацию труда, приводит к существенному росту эксплуатации рабочих.

Советский Союз в 20–30-х гг. XX в. стал развивать направление научной организации труда и управления производством. Тогда заводы поднимали за счет деревни – коллективизация крестьянства способствовала росту индустриализации. Так, в годы первой пятилетки (1929–1932) было построено свыше 1500 фабрик и заводов, в годы второй пятилетки (1933–1937) – 4 500. В подобных условиях люди активно занимались оптимизацией.

Алексей Капитонович Гастев развивал комплексный подход в науке о труде и управлении – прикладной «социальной инженерии», научной организации труда. Еще в 1921 г. Гастев написал 16 правил «Как надо работать».

В 1921 г. в СССР был создан руководимый Гастевым Центральный институт труда (ЦИТ), ставший ведущим научно-методическим центром в области научной организации труда. Отличительной особенностью методов исследования и рационализации трудовых процессов, проводимых ЦИТ, было сосредоточение внимания на отдельном рабочем месте и на строго ограниченных операциях – так называемое исследование на «узкой базе». ЦИТ вел научные исследования в области организации труда, проводил практическое внедрение разработанных рекомендаций, готовил методические материалы по подготовке рабочих кадров различных специальностей. За 17 лет существования ЦИТ в 170 учебных пунктах, расположенных в различных городах страны, подготовил более 500 тыс. рабочих двухсот профессий, около 20 тыс. инструкторов производственного обучения.

Гастев уделял важное внимание самосовершенствованию работников предприятия. Так, в своей работе «Время» (1923) он предложил каждому периодически вести учет личного времени с помощью инструмента «хронокарта».

С именем профессора *Осипа Аркадьевича Ерманского* связана теория «физиологического оптимума», изложенная им в книге «Теория и практика рационализации» (1928). Особенность этой теории в том, что она предполагала учитывать при разработке норм труда физиологические особенности организма конкретного рабочего. Кроме того, с именем Ерманского связана большая публицистическая работа по популяризации идей научной организации труда и производства: публичные лекции, статьи, выпущенные им книги: «Легенда о Форде», «Научная организация труда и производства и система Тейлора».

В 20–30-х гг. XX в. была создана и использована рядом отечественных предприятий система микроэлементного нормирования труда профессора В. М. Иоффе, разработана теория календарного планирования производственных процессов О. И. Непорента. Позднее получили признание работы профессора И. М. Разумова в области организации и нормирования труда. Профессором А. П. Соколовским в 30-х гг. XX в. разработан метод типизации технологических процессов, который в 1950-х гг. получил развитие в виде метода групповой обработки профессора С. П. Митрофанова.

Платон Михайлович Керженцев был одним из крупных теоретиков и организаторов науки управления в СССР, одним из инициаторов и пропагандистом научной организации труда (НОТ), автором ряда серьезных научных трудов по этим направлениям. Особое значение придавал фактору *времени*, считая, что научная организация означает прежде всего тщательное и бережливое к нему отношение. Он стал председателем организации «Лига «Время», которая просуществовала с 1923 по 1925 г. Публиковал статьи в журналах под общим лозунгом «Борьба за время».

Подход Керженцева к управлению остается достаточно широким. Считая, что в любой работе, связанной с управлением людьми, имеются какие-то общие черты, он, по существу, предвосхитил основную идею праксиологии (философское учение о человеческой деятельности, труде, практике, источниках и факторах их эффективности), правда, применительно лишь к организационной деятельности. Благодаря такому подходу он получил возможность сделать чрезвычайно важный вывод о полезности перенесения организационного опыта из одних областей в другие (с учетом их особенностей). Например, можно «опыт военный в какой-то мере использовать в промышленности или организационные методы индустрии использовать в деле культурной работы и т. д.».

С. *Смирновым* уже в XXI в. сформулированы условия повышения совокупной производительности труда: максимальная личная заинтересованность работников в совершенствовании производственного процесса (необходимое условие) и внедрение методов научной организации труда, наряду с совершенствованием средств производства (достаточное условие). Именно личная заинтересованность обеспечит максимально высокую индивидуальную производительность труда, что, в свою очередь, только и позволит, используя

методы НОТ, добиться максимально высокой производительности организационно-технических средств.

Концепция совершенствования товара, заключающаяся в повышении качества продукции, начала формироваться в 40–60-е гг. XX в. В этот период качество выпускаемого товара стало целью трудовых коллективов. Появились кружки качества на предприятиях, национальные премии качества. Интенсивные технологии вытеснялись технологиями, ориентированными на качественные параметры готовой продукции.

Новые подходы в виде четырнадцати принципов теории менеджмента качества в своей книге «Выход из кризиса» сформулировал *Уильям Эдвардс Деминг*. Он представил свою концепцию «Всеобщего управления качеством» (англ. total quality management, TQM) как философию организации, которая основана на стремлении к качеству и практике управления, приводит к всеобщему качеству. *Отсюда качество – это не то, что приходится отслеживать или добавлять на каком-то этапе производственного процесса, это сама сущность организации.*

Японцы говорят: «*Все нужно делать хорошо с первого раза*». Делать хорошо – подразумевается: делать все в соответствии со стандартами. Всеобщий менеджмент качества помогает производителю решить эту задачу.

Деминг был уверен, основываясь на достигнутых японской промышленностью результатах, что эти принципы органично дополняют существующую американскую практику менеджмента, а его книга поможет трансформировать американский стиль управления. И действительно, благодаря таким сторонникам новых подходов к управлению качеством, как *Джозеф Мозес Джуран, Уолтер Эндрю Шухарт, Филипп Кросби, Малкольм Болдридж, Арманд Фейгенбаум, Каору Исикава, Гэнъити Тагути* и многих других, американская промышленность сумела преодолеть кризис 70–80-х гг. XX в. Деминг формулировал свои принципы, исходя прежде всего из потребностей США, обращая внимание на те моменты, которые были слабо развиты в США в то время.

В настоящее время система TQM потеряла свои позиции как самостоятельная философия бизнеса в области качества, достигнув пика своей популярности в начале 1990-х гг., и в настоящее время внедряется на предприятиях в виде базовых принципов в основе бережливого производства.

Бережливое производство – это концепция менеджмента, сфокусированная на оптимизацию обеспечения производственного процесса с заданной рыночной потребностью. В спирали развития концепций менеджмента бережливое производство на более высоком уровне является аналогом концепции совершенствования производства. Его основные идеи были изложены еще Фордом в его автобиографических трудах. Параллельно ему Гастев в 20-е гг. XX в. сформулировал принципиальные положения, составляющие основу развития высокоэффективных производственных систем.

Концепция бережливого производства стала модификацией и сведением в единое целое опыта производственной системы компании *Toyota* (англ. Toyota production system, или TPS). Начало развития TPS было положено после Второй

мировой войны, когда перед Японией встала задача восстановления промышленности и выхода на международный автомобильный рынок. Toyota не могла выпускать автомобили в таких масштабах, чтобы конкурировать с производителями из Соединенных Штатов, поэтому компании требовалось существенно повысить эффективность производства, сохраняя малые объемы выпуска.

В 1950 г. будущие родоначальники концепции TPS *Эйдзи Тоёда* и *Тайити Оно* после посещения заводов *Ford* в США пришли к заключению, что в Японии массовое производство работать не будет, так как:

- местный рынок был требовательным к разнообразию автомобилей;
- отсутствие притока иностранных рабочих, развитие профсоюзов и новые законы о труде усилили позиции работников, что сделало практически невозможным использование дешевой рабочей силы на неквалифицированных однообразных операциях;
- в послевоенной Японии не было достаточного количества свободных денег для кредитования, а законом был ограничен приток иностранных инвестиций в автомобильную промышленность, в результате чего невозможно было финансировать производство, основанное на больших запасах.

В 50–60-х гг. XX в. Оно при организации TPS использовал американские и советские наработки, переосмыслив, систематизировав и адаптировав их для внедрения в компании *Toyota*. Постепенное внедрение данной концепции заняло десятки лет, а результатом стало становление концептуально нового типа производства с особым подходом к мотивации всей вертикали рабочего коллектива, с внесением ряда технологических и организационных решений для собственного сборочного производства.

Позже эти идеи пришли в США и Европу в виде инструментов бережливого производства – кайдзен, карты потока создания ценности, система «шесть сигм» и др.

С 1986 г., когда была издана книга «Кайдзен: ключ к успеху японских компаний» *Масааки Имаи*, в области управления качеством появился термин «кайдзен». В японском языке данное слово означает «непрерывное совершенствование». Философия кайдзен предполагает, что жизнь человека в целом и вся его деятельность должна быть ориентирована на постоянное улучшение. Усовершенствования в кайдзен незначительны и постепенны, требуют постоянных усилий, но через некоторое время после их внедрения дают существенные результаты.

Дэниел Джонс – основатель и председатель *Lean Enterprise Academy*, и его соавторы *Джеймс Вумек* и *Дэниел Рос* в 90-е гг. XX в. популяризировали концепцию бережливого производства. Ими были сформулированы и описаны общие принципы управления потоком создания ценности, предложен алгоритм внедрения концепции БП на предприятии.

На территории России первопроходцем в области БП считается *Горьковский автомобильный завод* (ГАЗ). Первые японские консультанты прибыли в Россию в 2002 г., и уже в марте 2003 г. ГАЗ начал оптимизацию существовавшей производственной системы. С 2006 г. концепция БП внедряется предприятием *КАМАЗ*. Таким образом, уже около 20 лет предприятия России применяют концепцию БП для оптимизации бизнес-процессов.

Экономическая необходимость совершенствования управления производственными активами

Известно, что частота возникновения травматизма на предприятиях подчиняется закономерности, напоминающей пирамиду, у которой в основании лежат риски, имеющие место на производстве.

Статистика показывает, если на предприятии происходит смертельный случай, то в его основе лежат от тысячи до нескольких десятков тысяч опасных условий. Пioneром в области оценки материальных последствий несчастных случаев считается *Герберт Уильям Гейнрих*. В 30–40-х гг. XX в. он провел для Travelers Insurance company статистическое исследование, итогом которого стала «пирамида Гейнриха». Теория Гейнриха гласит: «На одну тяжелую травму или смерть на производстве приходится 29–30 несчастных случаев с менее тяжелыми последствиями и 300–330 небольших инцидентов, которые могут пройти практически незамеченными». В 60–70-х гг. XX в. данную теорию модифицировал *Франк Берд*. Согласно «пирамиде Берда»: «На тридцать тысяч опасных действий приходится три тысячи микротравм, таких как порезы, ушибы, требующие однократного медицинского обслуживания, триста регистрируемых травм – травм, потребовавших лечения, перевода на легкий труд, тридцать травм, повлекших потерю трудоспособности, и один тяжелый случай, вызвавший смерть или приведший к инвалидности».

Принцип пропорциональности, по типу события от обычного нарушения до смертельного случая, наглядно демонстрирует «Пирамида происшествий Берда» (рис. 2). В основе пирамиды находятся опасные действия.

Например, на предприятии имеется количество травм за год, как представлено на пирамиде. Как избежать смертельных травм?

На травмы, которые произошли в прошлом, воздействовать руководство не может. На травмы, которые произойдут в будущем, скорее всего, тоже. Они пройдут без присутствия/участия руководства. Единственное, на что в пирамиде можно влиять, это опасные действия людей.

Если предпринять усилия и снизить количество опасных действий в 30 раз, то пирамида происшествий уменьшится на один уровень и на вершине будет одна травма с потерей трудоспособности, а травм со смертельным исходом не будет.

«Хорошо!» – скажет руководитель предприятия. – «Но этого недостаточно. Мы хотим уйти и от травм с потерей трудоспособности». Это достижимо, если предпринять усилия. Нужно снизить количество опасных действий еще в 10 раз, и получится пирамида, где в вершине будет одна регистрируемая травма.

В рыночных условиях залогом выживания и основой стабильного положения хозяйствующего субъекта является его финансовая устойчивость. Ее достижение возможно на основе повышения эффективности производства. Она в свою очередь зависит от успешного использования всех видов ресурсов и снижения затрат. Важная роль в реализации этой задачи отводится управлению производственно-финансовыми ресурсами – активами предприятия. Система управления активами должна обеспечивать динамичное развитие предприятия в целом.

Качество начинается с исследования потребностей покупателей. Это самый важный этап жизненного цикла любого товара, так как именно на нем решается

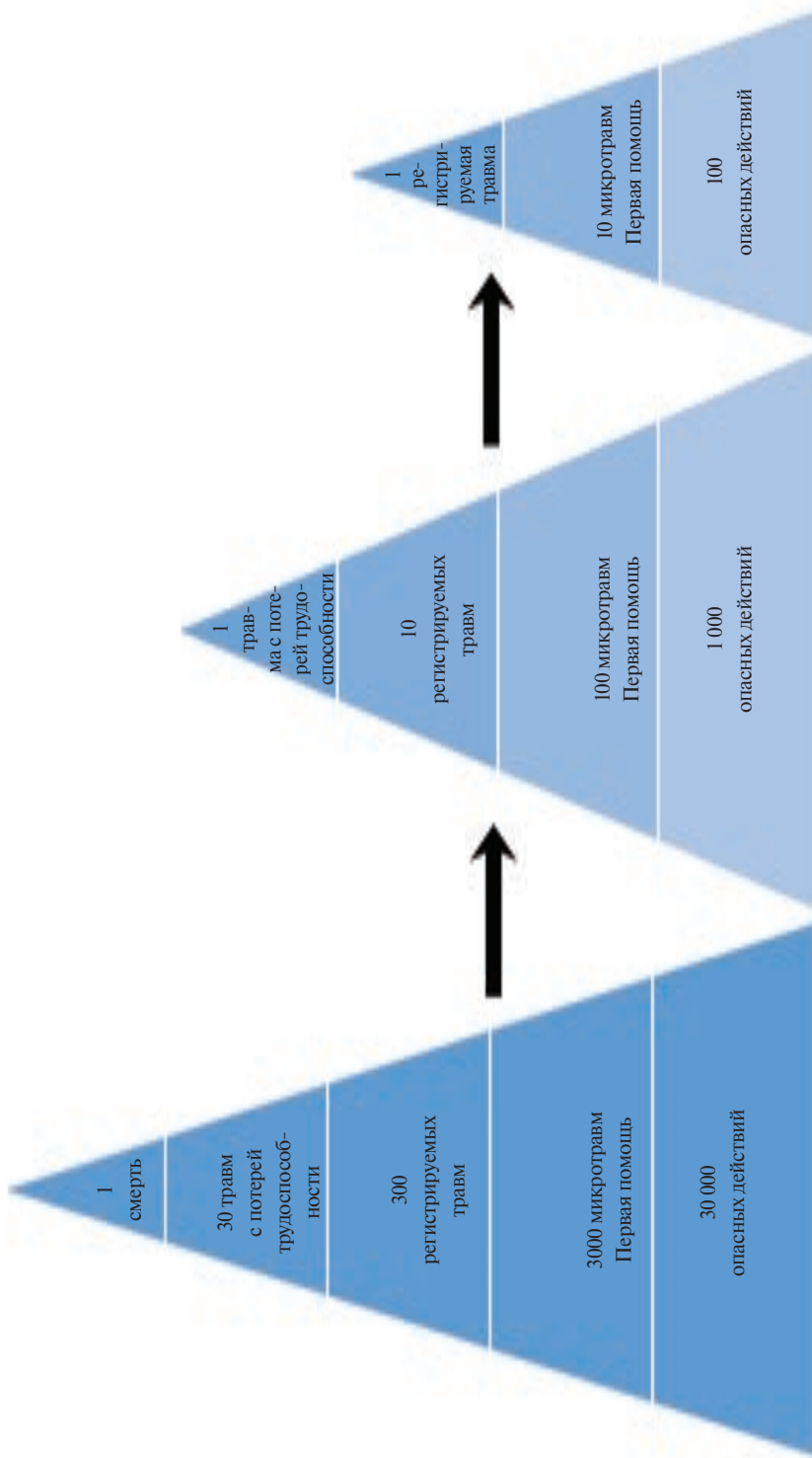


Рис. 2. Пирамида происшествий Ф. Берда

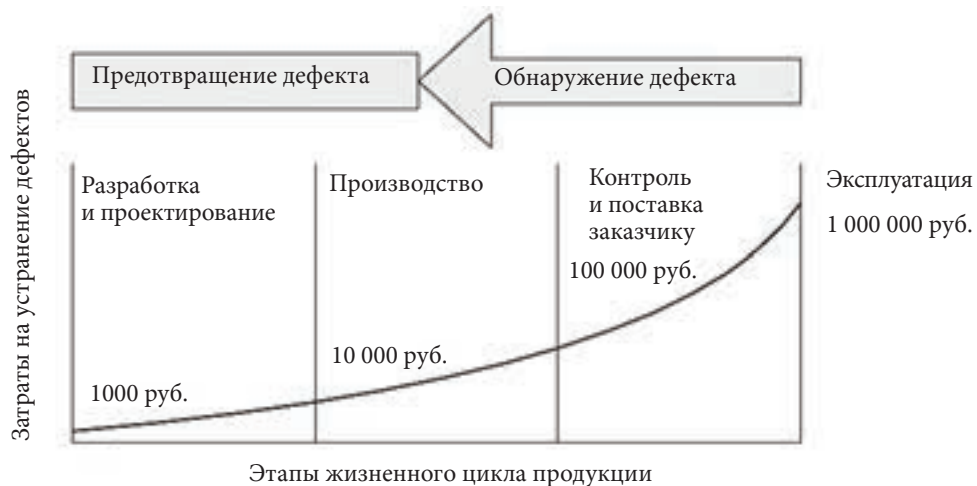


Рис. 3. Пример, демонстрирующий правило десятикратного увеличения затрат

общий замысел товара, формируется образ, устанавливаются общие характеристики. Ошибки на данном этапе наиболее критичны, так как, если неверно определены потребности, в конце производственной цепочки можно получить товар, который просто не будут покупать. В управлении качеством есть «правило десятикратного увеличения затрат». Оно гласит, что затраты на производство некачественной продукции, на обнаружение брака возрастают десятикратно при переходе со стадии маркетинга, проектирования на стадию производства, а также от стадии производства к стадии эксплуатации. Т. е. при рассмотрении общей системы затрат *экономию тем больше, чем раньше устанавливаются, устраняются или вообще избегаются дефекты в ходе выполняемых работ* (рис. 3).

Иначе говоря, если исправить какой-то недостаток при проектировании продукции стоит 1 000 руб. (например, переделать чертеж), то на производстве это обойдется уже в 10 000 руб. (переналадка производственной линии). Если тот же дефект выявляется на окончательном контроле предприятия-производителя, его устранение будет стоить 100 000 руб., а после продажи продукта устранение дефекта потребует 1 000 000 руб. (отзыв партии товара у покупателей).

Качественный товар нельзя сделать на основании плохого проекта, в котором не учтены особенности изделия, не просчитаны возможные поломки и отказы, не проанализированы каждая составляющая товара и ее влияние на функционирование изделия в целом, не оптимизирована стоимость изготовления и последующего обслуживания.

Хороший проект необходимо перевести из чертежей и замыслов в физическую форму. Это можно сделать, только качественно организовав производство, т. е. спланировав все процессы изготовления и способы контроля. Плохая организация производства, несогласованная и некачественная работа оборудования способны свести на нет все усилия проектировщиков и маркетологов. Вот почему производство и сопровождаемый его поэтапный контроль качества — важнейший этап создания товара.

Тема 1

ОСНОВЫ КОНЦЕПЦИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Понятия и определения

В табл. 1 сведены определения бережливого производства, предложенные в различных источниках.

Таблица 1

Определения понятия «Бережливое производство»

№ п/п	Автор	Определение	
		На русском языке	На английском языке
1	Крафчик Краfcik (1988)	По сравнению с массовым производством, требуется меньше человеческих усилий на рабочих местах, половина производственных площадей, половина инвестиций в инструмент, половина времени на разработку продукта, половина времени и гораздо меньше необходимых запасов на рабочих местах, приводит к меньшему количеству дефектов и большему разнообразию	With a comparison to mass production, it takes less of human effort in the workshop, half the manufacturing space, half the investment in the tool, half the developing time of the product, half the time and also requires far less needed inventory on site, resulting in fewer defects and a great variety
2	Вумек и др. Womack et al. (1990)	Бережливое производство – это динамичный процесс изменений, движимый набором принципов и лучших методов, направленных на постоянное совершенствование. Бережливое производство – единственный процесс, сочетающий в себе лучшие черты ремесленного и массового производства	Lean is a dynamic process of change driven by a set of principles and best methods aimed at continuous improvement. Lean manufacturing is the only process which combines the best features of craft and mass production

№ п/п	Автор	Определение	
		На русском языке	На английском языке
3	Вумек и Джонс Womack and Jones (1994)	Бережливое производство определяется как интегрированная производственная модель, поскольку она объединяет характерные инструменты, методы и стратегии разработки продуктов, управления цепочкой поставок и операциями в единое целое	Lean manufacturing is defined as an integrated manufacturing model because it integrates characteristic tools, method, and strategies in product development and supply chain and operation management into a coherent whole
4	Бендел Bendell (2006)	Бережливое производство можно кратко охарактеризовать как систематическое стремление к достижению безупречной ценности за счет устранения потерь во всех аспектах бизнес-процессов организации. Это требует очень четкого акцента на элементе ценности всех продуктов и услуг и тщательного понимания подробных операций бизнес-процессов, посредством которых предоставляется продукт или услуга («поток создания ценности»)	Lean can be concise as the systematic pursuit of perfect value through the elimination of waste in all aspects of the organizations business processes. It requires a very clear focus on the value element of all products and services and a thorough understanding of the detailed operations of the business processes by which the product or service provided (the “value stream”)
5	Джапракаш Jaiprakash (2014)	Бережливое производство нацелено на то, чтобы быстро реагировать на потребности клиентов, устраняя отходы. Цель бережливого производства – производить продукты и услуги с наименьшими затратами, и так быстро, как того требует заказчик	Lean manufacturing aims to be highly responsive to customer demand by eliminating waste. Lean manufacturing goal at producing products and services at the lowest cost and as fast delivery as required by the customer
6	Янг и др. Yang et al. (2011)	Взаимозависимость двух (бережливой и зеленой) философий предусматривает стратегии управления, которые используют это взаимодействие, чтобы помочь компаниям достичь одновременно финансовой и экологической выгоды	The interdependence of the two philosophies suggests management strategies that capitalize on this interaction to help firms achieve simultaneous financial and environmental gains

№ п/п	Автор	Определение	
		На русском языке	На английском языке
7	Гарджа-Реис Garza-Reyes (2012)	Экологическая устойчивость – одна из стратегических потребностей, которая в настоящее время должна быть связана с традиционными организационными приоритетами прибыльности, эффективности, удовлетворенности клиентов, качества и оперативности. С целью достижения всех этих факторов предложен подход зеленого бережливого производства	Environmental sustainability is one of the strategic needs that nowadays must be associated with the traditional organizational priorities of profitability, efficiency, customer satisfaction, quality, and responsiveness. The green lean approach proposed with the intention of achieving all these factors

Бережливое производство – это динамичный процесс изменений, движимый набором принципов и методов, направленных на постоянное совершенствование производственного процесса – минимизацию непроизводственных затрат при безусловном выполнении требований заказчика и регламента технологий основного производства.

1.2. Система национальных стандартов, относящихся к концепции бережливого производства

Система государственных стандартов Российской Федерации, относящихся к концепции «Бережливое производство» представлена на рис. 4.

ГОСТ Р 56020-2020. Бережливое производство. Основные положения и словарь

Стандарт разработан на основе накопленного организациями Российской Федерации опыта повышения эффективности деятельности с учетом лучшей мировой практики применения концепции БП. Стандарт предусматривает создание единого терминологического и понятийного пространства (словаря) в области БП для применения в российских организациях. Данный стандарт может быть использован в тех случаях, когда организация стремится к повышению конкурентоспособности и эффективности деятельности за счет системного применения философии, принципов и инструментов БП, а также понимания ценности с точки зрения БП. Стандарт является основой национальных стандартов и методических материалов в области бережливого производства, развивающихся во взаимосвязи со стандартами ГОСТ Р ИСО 9000, ГОСТ Р ИСО 9004 и ГОСТ Р ИСО 10015. Значимость применения концепции БП определяется необходимостью повышения конкурентоспособности организации.

Стандарт устанавливает:

– основные положения БП;

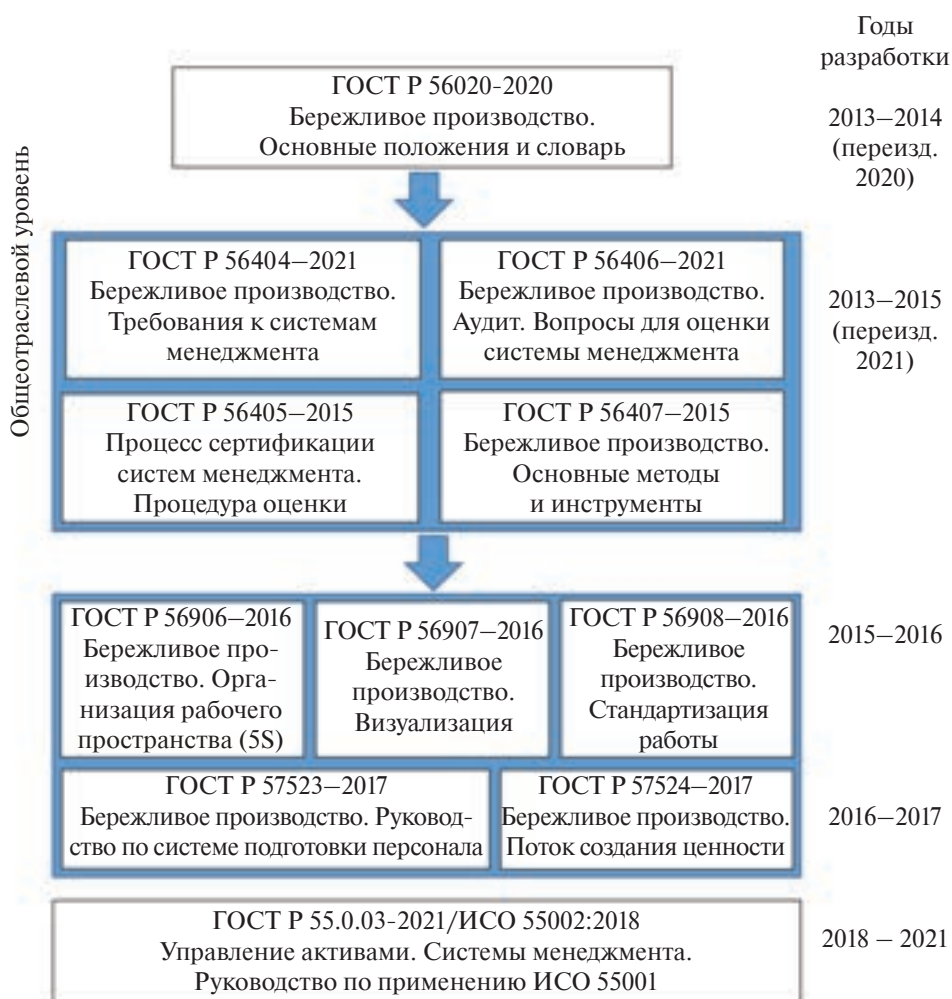


Рис. 4. Система государственных стандартов по бережливому производству

– термины БП и их определения (словарь), которые применимы ко всем организациям независимо от их размера, формы собственности и вида деятельности.

Положения стандарта предназначены для создания и развития производственных систем, систем менеджмента качества и бережливого производства, разработки соответствующих документов, а также для обучения персонала.

ГОСТ Р 56404-2021. Бережливое производство. Требования к системам менеджмента

Стандарт разработан для применения в любых организациях, принявших решение повышать эффективность деятельности на основе системы менеджмента бережливого производства (далее – СМБП).

Стандарт устанавливает требования к СМБП в случаях, когда организация:

- а) ставит своей целью повышение удовлетворенности потребителей, акционеров, работников организации, общества, государственных органов и других заинтересованных сторон посредством результативного применения СМБП;

- б) ставит своей целью повышение эффективности деятельности с точки зрения создания ценности для потребителей, акционеров, работников организации, общества, государственных органов и других заинтересованных сторон, а также обеспечение динамики повышения эффективности.

Требования стандарта являются общими и предназначены для применения всеми организациями независимо от их вида, размера и поставляемой продукции. Если какое-либо требование настоящего стандарта нельзя применить вследствие специфики организации, допускается его исключение. При допущенных исключениях заявления о соответствии настоящему стандарту приемлемы, если эти исключения подпадают под требования раздела 8 «Деятельность на стадиях жизненного цикла продукции и услуг», в части проектирования продукции (пп. 8.3.2, 8.3.3), и не влияют на способность или ответственность организации соответствовать потребностям и ожиданиям заинтересованных сторон и соответствующим обязательным требованиям.

ГОСТ Р 56405-2015. Процесс сертификации систем менеджмента. Процедура оценки

Целью стандарта является установление единого порядка сертификации СМБП. Стандарт устанавливает ключевые термины и определения, содержит руководящие указания для осуществления процесса сертификации СМБП организации. В стандарте учтены положения документов Международного форума по аккредитации.

Стандарт предназначен для широкого круга потенциальных пользователей, включающих в себя аудиторов, организации, внедряющие СМБП, и организации, нуждающиеся в проведении аудитов СМБП согласно контрактным или другим обязательствам. При этом пользователи стандарта могут применять его положения при разработке своих собственных требований, относящихся к аудиту.

Положения, содержащиеся в настоящем стандарте, могут использоваться для целей, не связанных с декларированием соответствия, а также могут быть полезными для организаций, участвующих в деятельности по подготовке аудиторов или сертификации персонала.

ГОСТ Р 56406-2021. Бережливое производство. Аудит. Вопросы для оценки системы менеджмента

Стандарт разработан на основе накопленного организациями Российской Федерации опыта проведения аудитов в системах менеджмента. Стандарт содержит вопросы и критерии для оценки СМБП. Оценка СМБП является составной частью процесса аудита.

Стандарт разработан для применения в организациях для оценки СМБП.

Основой для формирования вопросов по оценке являются требования в области БП, установленные ГОСТ Р 56404-2021, а также положения стандартов ГОСТ Р ИСО 9000-2015, ГОСТ Р 56020-2020.

Стандарт предназначен для всех организаций, которым необходимо оценить СМБП. Оценка осуществляется при проведении:

а) внешних аудитов органами по сертификации, потребителями или другими заинтересованными сторонами;

б) внутренних аудитов для целей оценки, анализа и улучшения применяемой СМБП;

в) аудитов поставщиков;

г) самооценки выполняемой деятельности в рамках СМБП.

ГОСТ Р 56407-2015. Бережливое производство. Основные методы и инструменты

Стандарт разработан на основе накопленного организациями Российской Федерации опыта и с учетом лучшей мировой практики применения концепции БП.

Стандарт приводит описание основных методов и инструментов БП, но не ограничивает весь перечень методов и инструментов, которые могут применять организации.

Методы и инструменты в стандарте приведены для их использования в СМБП и других системах менеджмента, однако не ограничивают организации в использовании иных подходящих для них методов и инструментов.

Стандарт разработан для применения в любых организациях, принявших решение повышать эффективность деятельности на основе концепции БП. Может использоваться как справочное руководство при применении концепции БП в соответствии с требованиями к СМБП и проведении аудитов СМБП в организации.

Контрольные вопросы

1. Определения понятия «Бережливое производство».
2. История концепции совершенствования производства.
3. Система стандартов, регламентирующих концепцию «Бережливое производство».

Тема 2

ВЛИЯНИЕ ПРИНЦИПОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СТРАТЕГИЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

2.1. Принципы бережливого производства в пирамиде задач менеджмента

Общая теория менеджмента рассматривает систему задач менеджмента, учитывающую их значимость и количество, в форме пирамиды. Она включает пять основных уровней:

- 1) политика организации;
- 2) стратегическое управление;
- 3) тактическое управление;
- 4) оперативное управление;
- 5) организация деятельности.

Рассмотрим, как концепция БП увязывается в два верхних уровня задач, которые являются прерогативой высшего менеджмента организации.

Политика организации (предприятия) – это группа задач, у которых определены принципы и общие ориентиры действий организации. Часто политику предприятия также называют совокупностью видения генеральных целей, принципов ведения бизнеса и управления персоналом.

Политика предприятия включает в себя главные элементы:

- концепция деятельности;
- цель предприятия;
- организационная культура фирмы или коллективная мотивация;
- индивидуальная мотивация.

Высший менеджмент предприятия может выбрать в качестве *концепции деятельности* предприятия бережливое производство.

Главные ориентиры БП:

- интерес клиента;
- мотивация каждого сотрудника.

Главная идея: делать только то, что ценно для рынка.

Организационная (корпоративная) культура – это совокупность норм и условий, набор базовых ценностей, убеждений и негласных соглашений, выбранных, созданных и разделяемых коллективом организации в целях внутренней интеграции и адаптации к внешним условиям. Организационная культура включает три важных атрибута (уровня), которые представлены на схеме (рис. 5).

Каждый последующий уровень организационной культуры становится все менее очевидным. Самый верхний (поверхностный уровень) составляют видимые объекты, артефакты культуры. Все это можно увидеть, услышать или понять, наблюдая за поведением членов организации. Второй и третий уровни являются невидимыми, т. е. незаметными для сторонних наблюдателей или партнеров компании. При этом необходимо понимать, что второй уровень представляет собой выраженные в словах и делах сотрудников организации общие ценности и убеждения, сознательно разделяемые и культивируемые работниками организации. Третий уровень представляет собой *философию* предприятия. Этот уровень составляют те ценности, принципы работы и условия оценки деятельности коллектива предприятия, которые стали в силу определенных обстоятельств базовыми, основополагающими для каждой конкретной культуры каждой конкретной организации. Именно они руководят поведением людьми на подсознательном уровне.

Философия БП основана на представлении бизнеса как потока создания ценности для потребителя, гибкости, выявлении и сокращении потерь, постоянном



Рис. 5. Уровни организационной культуры

улучшении всех видов деятельности на всех уровнях организации, вовлечении и развитии персонала с целью повышения удовлетворенности потребителей и других заинтересованных сторон.

Философия БП предполагает высокий уровень самоорганизации, менеджмент, опирающийся на организационную культуру, что придает большое значение ценностям, которые организация определяет, поддерживает и развивает. Ценности БП представлены как организационная основа концепции, на которую опираются принципы БП.

Ценности БП:

- безопасность;
- ценность для потребителя (в том числе качество продукции, процессов, систем);
- клиентоориентированность (в том числе гибкость, адаптивность);
- сокращение потерь;
- время;
- уважение к человеку.

Культура БП – это:

- самоорганизация персонала, основанная на бережливом мышлении;
- обучение всех категорий персонала, направленное на решение стратегических, тактических и оперативных «бережливых» задач;
- соотнесение элементов культуры с принципами бережливого производства;
- командная ориентация на достижение «бережливых» целей.

Индивидуальная мотивация представляет собой процесс побуждения (то есть формирования и использования внутренних мотивов) сотрудников к осознанной деятельности для достижения целей подразделения и организации в целом.

Индивидуальная мотивация в БП представляется как система ценностей, принципов, процессов, методов, направленная на создание условий реализации социальных потребностей, потребностей в признании и самореализации работника и их использование в интересах организации.

БП основано на новом поведении руководителей, менеджеров, специалистов, служащих и рабочих. Задача руководителей организации – преобразовывать лидерские мотивы персонала в систему поведения, ориентированную на потребителя, акционеров, постоянное улучшение и снижение потерь.

Вовлечение персонала в БП достигается за счет создания специальной среды в отношениях между работниками, в которой каждый может выполнять роли и функции, как правило, свойственные руководителям: планирование и организация деятельности, разработка стандартов, контроль, мотивация.

Стратегический вектор в отношении индивидуальной мотивации предусматривает:

- обучение каждого сотрудника принципам бережливого производства;
- социальную ответственность (ресурсную);
- *lean*-лидерство (KPI);
- мотивация к *lean*-улучшениям.

2.2. Сущность понятий: «миссия», «цель», «проблема»

Стратегическое управление – это программный способ мышления и решения управленческих задач, обеспечивающий согласование целей, возможностей предприятия и интересов владельцев и работающих.

Стратегическое управление характеризуется разрывом между принятием решения и его реализацией. Временной разрыв может достигать от 2 до 25 лет, поэтому неопределенность – это наиболее характерный фактор при принятии стратегического решения, реализации стратегических задач.

Концепция БП имеет стратегическую направленность. Применение концепции БП является осознанным стратегическим выбором высшего руководства организации, основывается на стратегических целях развития системы менеджмента и производственной системы предприятия.

Одной из функций стратегического управления является стратегическое планирование, которое направлено на разработку долгосрочных целей функционирования предприятия (в т. ч. по отношению к внешней среде), разработку методов решения стратегических проблем, наиболее эффективных в конкретных условиях, составление прогнозов и программ. Оно предусматривает:

- составление плана по срокам и объемам достигаемого результата;
- определение основных организационных действий предприятия в плановый период.

Стратегическое управление и планирование включает следующие основные этапы реализации:

- целеполагание;
- стратегический анализ;
- стратегический выбор;
- реализация стратегии;
- контроль и корректировка первоначальной стратегии.

Стратегический план предприятия включает формулировку миссии, видения, выявление проблемы, постановку целей, формулировку концепций, правил, процедур и моделей достижения целей. Стратегия обычно не содержит детальных количественных показателей.

На вершине иерархии корпоративных целей стратегического уровня находится *миссия* (обоснование деятельности или предназначение существования организации), т. е. описание ее ценностей, устремлений и причин появления на свет. Четко сформулированная миссия является фундаментом вытекающих из нее целей и планов.

Миссия современной организации – это общее понимание менеджментом, собственником и персоналом будущего своего предприятия и своего личного будущего в части контактов с ним и участия в его деятельности.

Заявлением о миссии называется общее определение основных направлений бизнеса и операций организации, отличающих ее от других компаний. Традиционно компании определяют род своей деятельности с точки зрения производимых товаров (например, производство мебели) или с точки зрения используемых технологий (например, машиностроительное предприятие).

Формулировка миссии компании должна быть ориентирована на рынок, т. е. на конечного потребителя.

Определение бизнеса с точки зрения рынка лучше и понятнее, чем определения с точки зрения продукции или технологии. Товары или технологии могут очень быстро устареть, а покупатели остаются надолго при правильном подходе. Миссия, направленная на рынок, определяет бизнес с учетом его направленности на удовлетворение основных потребностей потребителей. Компания *Canon Inc.*, например, утверждает, что она не выпускает фото- и оргтехнику, а стремится помочь людям реализовать весь потенциал изображения. Базовая миссия компании *Toyota*: «Производить счастье для всех, а не изготавливать автомобили экономкласса или класса люкс».

Миссия компании ПАО «КАМАЗ» включает следующие формулировки:

- «КАМАЗ», построенный всей страной, – основа транспортной безопасности и достояние России;
- предвосхищая потребности, мы поставляем автомобильную технику и фирменный сервис, помогая клиентам достигать вдохновляющие цели;
- «КАМАЗ» – социально ответственный партнер, действующий ради долгосрочных интересов акционеров и благосостояния сотрудников.

Сбербанк заявляет своей миссией дать людям уверенность и надежность, сделать их жизнь лучше, помогая реализовывать устремления и мечты.

Поскольку современные организации являются открытыми системами, они могут выжить, если будут удовлетворять какую-либо потребность, находящуюся вне ее самой. В центре миссии должны находиться клиенты организации и прочие заинтересованные в ее существовании лица (стейкхолдеры): акционеры, персонал, менеджмент и др.

Миссия должна адекватно отражать перспективы развития внешней среды организации и ориентироваться на будущее, представление о котором в условиях неопределенности рыночной среды выражает взгляд на настоящее из будущего.

К обязательным элементам миссии относятся:

- основные направления деятельности (рынки, технологии), т. е. области конкуренции организации;
- стратегическое намерение или видение (куда движется или стремится организация, мнение о ее будущем развитии);
- позиция по отношению к внешней среде (принципы работы, ограничения функционирования);
- организационная культура предприятия (правила, нормы и традиции, ценности, имидж).

Цели организации предлагают всеохватывающий контекст и направление деятельности организации, включая деятельность по управлению активами. Цели организации, как правило, являются результатом деятельности по стратегическому планированию и документально оформляются в плане организации.

Ни один менеджер не может рассчитывать на успех без знания того:

- какова конечная цель;
- насколько далек он сейчас от намеченной цели;

– каковы масштабы и суть преобразований, необходимых для достижения цели.

Цель — это желаемое состояние будущего, достичь которого и пытается организация. Другими словами, это предвосхищение результата деятельности.

Система целей представляет реализацию миссии и видения, складывается из совокупности взаимосвязанных целей и ограничений внешней среды.

На практике целей может быть от двух до десяти в зависимости от размера фирмы, объема имеющихся у нее необходимых ресурсов, качества менеджмента. Эти цели могут быть глобальными (общими) и локальными (частными); экономическими и неэкономическими.

Основным методом работы является построение иерархического графа «дерево целей» организации. Можно выделить следующие правила построения дерева целей:

– ясность и четкость формулировки каждой цели, не допускающей произвольных толкований и неоднозначностей;

– цели каждого уровня должны быть сопоставимы по своему масштабу и значению;

– формулировка целей должна обеспечить возможность количественной или порядковой оценки степени ее достижения;

– полнота декомпозиции: каждая цель верхнего уровня должна быть представлена в виде подцелей следующего уровня таким образом, что достижение всех целей нижнего уровня означало бы достижение целей верхнего уровня;

– цель вышестоящего уровня не является простой суммой целей нижнего уровня;

– цель нижестоящего уровня определяется вышестоящими;

– цель нижестоящего уровня является средством для достижения вышестоящей цели;

– при переходе к низшим уровням цели все более конкретизируются;

– дерево целей — это единая, но детализированная цель. Полнота и детализация составляющих элементов дерева целей зависит от масштабов и задач диагностики. Нижний уровень дерева целей обычно формируют из конкретных действий и результатов. Данные результаты и формируют стратегию достижения целей.

Определение основной цели работы является достаточно сложным и основополагающим вопросом для многих организаций. Правильно сформулированная в миссии организации глобальная цель дает направление всей последующей деятельности. Трудности встречаются у организаций, цель деятельности которых не связана напрямую с получением прибыли (некоммерческие организации). Например, университеты и прочие учебные заведения. Какова их цель деятельности? Что для них основное — обучение студентов основам будущей специальности или фундаментальные научные исследования?

Организацию можно рассматривать как средство достижения целей, которое позволяет людям выполнить коллективно то, что они не могли бы выполнить индивидуально. Задача руководителя — сделать достижение целей своей организации кровным делом работающих. Поэтому, чем больше сотрудников имеют

возможность участвовать в выборе и постановке цели, тем меньше менеджеру потребуется усилий для их побуждения к выполнению этой цели в последующем.

Из всего сказанного следует приоритетная важность для менеджмента процедуры целеполагания. Целеполагание выполняет в управлении важнейшую роль определения ориентира для руководителя: «Куда, в каком направлении следует двигаться». Целеполагание представляет собой процесс разработки системы целей, начиная от общих целей организации и заканчивая целями отдельных ее подразделений. В результате получается дерево целей, которое лежит в основе процесса стратегического планирования. Дерево целей строится поэтапно, сверху вниз, путем последовательного перехода от более высокого уровня к более низкому. На первом уровне формулируется основная цель. Второй уровень является понятийным, конкретизирует и раскрывает основную цель организации. На третьем уровне цели конкретизируются по видам продукции, деятельности и т. д. Четвертый уровень дерева целей является функциональным или процессным.

Формулирование целей представляет собой важное средство координации работы, поделенной между специализированными подразделениями. Формулировку цели следует тщательно отрабатывать. Особо отметим, что прибыль — это не цель, а средство достижения цели, индикатор успешности деятельности. Каждая организация должна иметь цели, отличные от прибыли, которые оправдывают ее существование.

Например, формулировки «съесть слона», «выучить иностранный язык» — типичные неправильные формулировки. «Есть один бутерброд в день», «Учить по три английских слова в день в течение 2023 года», «Увеличить годовой объем продаж на 10 % к декабрю 20XX г. за счет сокращения доли бракованной продукции до 1/1000» — примеры правильных формулировок. Уже много лет для обозначения правильно сформулированных целей используется термин *smart* — умные цели, от первых букв английских слов: *specific* (конкретными), *measurable* (измеримыми), *accordant* (согласованными), *realistic* (достижимыми) и *time bounded* (определенными по срокам). Качество разработанных целей определяется с помощью модели SMART-анализа.

Стратегические цели относятся к организации в целом. Они часто называются официальными или формальными целями, т. к. в них формулируются намерения организации. Некоторые исследователи указывают, что стратегические цели не должны ограничиваться показателями прибыльности. Более того, если компания отдает предпочтение прибыли и доходам акционеров, это может негативно сказаться на ее деятельности. *Питер Друкер* (гуру менеджмента) предполагал, что организации следует определить стратегические цели в следующих областях: рыночные позиции, инновации, производительность, материальные и финансовые ресурсы, прибыльность, управленческая деятельность и ее развитие, трудовая деятельность и установки сотрудников.

Любая цель должна состоять из четырех элементов:

1. Должно быть указано конкретное действие, которое должно быть совершено: «повысить», «сократить», «достигнуть». Цели должны быть поставлены для

каждого вида деятельности, который, по мнению организации, является важным и выполнение которого она желает наблюдать и контролировать.

2. Должен быть выбран качественный показатель (атрибут), определяющий, какая характеристика состояния организации должна быть изменена (например, доля рынка или объем продаж, рентабельность или прибыль, ликвидность, производительность труда и др.).

3. Должен быть указан количественный показатель (средство измерения цели), определяющий значение качественной характеристики.

4. Должен быть определен срок достижения цели, определяющий, к какому времени достигаются установленные количественные значения качественного показателя. Цели деятельности организации могут меняться во времени в зависимости от возникающих проблем и ожидаемых будущих условий.

Цели должны быть поставлены для каждого вида деятельности, который, по мнению организации, является важным и выполнение которого она желает наблюдать и контролировать. Цели подразделений организации могут быть сформулированы так: «увеличить прибыль по итогам года на 10 %», «снизить кредиторскую задолженность к 10 марта до 1 млн руб.», «сократить время простоев оборудования на 70 % за счет внедрения системы ТРМ в течение 20XX г.».

Цели деятельности организации меняются во времени в зависимости от возникающих проблем и ожидаемых будущих условий.

Цели, принципы управления целями и способы их достижения должны быть известны каждому работнику предприятия, сформулированы письменно и документально закреплены.

Цели могут конфликтовать. Различают внешний, внутренний и временной конфликты целей. Внешний конфликт – столкновение интересов продавца и покупателя. Столкновение их интересов проявляется, например, при установлении размеров партии поставок, цен и количества выпускаемых типоразмеров продукции. Внутренний конфликт – столкновение интересов подразделений. Примерами внутренних конфликтов оказываются противоречия повышения загрузки оборудования и повышение его надежности, сокращение оборотных фондов и сокращение производственного цикла. Временной конфликт – столкновение интересов текущего и перспективного периодов.

Изменение целей организации может происходить под влиянием масштабов производства, факторов внешней среды, развития техники и технологии, новых лидеров на рынке.

Целеполагание в концепции БП переносит акцент с кратковременных целей на долгосрочные для повышения устойчивости бизнеса. Для этого особое внимание при установлении целей следует уделить не только результатам, но и увеличению возможностей процессов, улучшению их характеристик (производительности, скорости, эффективности использования всех видов ресурсов). Целеполагание концентрируется на увеличении ценности для потребителя и сокращении реальных и потенциальных потерь, выраженных количественно.

Пять стратегических целей БП:

1. **Сократить сроки** создания продукта.

2. **Гарантировать поставку** продукции заказчикам.

3. **Обеспечить** минимальную стоимость при заданном уровне качества или **максимально высокое качество** при лимитированной стоимости.

4. **Сократить затраты** (в том числе материальные, энергетические, трудовые и т. д.).

5. **Сократить** производственные и складские **площади**.

Следующим важным этапом стратегического управления является стратегический анализ. Задача стратегического анализа состоит в том, чтобы разобраться в сути и причинах возникшей проблемы и наметить пути ее решения.

Проблема (от греч. – преграда, трудность) – это отклонение от ожидаемого результата, особый случай, нежелательное проявление, причина которого не ясна и для рассмотрения которой необходимо объединение способностей нескольких специалистов.

Проблема – это частичная неопределенность, которая включает знание (представление, понимание) и вопрос (комплекс вопросов), требующий своего разрешения, причем имеющихся знаний не достаточно, чтобы ответить на поставленный вопрос. При разрешении проблемы у менеджера нет необходимой и достаточной информации – разрешение проблемы есть поиск недостающих сведений, фактов, данных, так как на момент постановки проблемы у менеджера этих сведений нет. С ростом объема знаний проблема трансформируется в задачу.

Проблему, как правило, формирует несоответствие фактического состояния управляемого объекта желаемому (заданному). Именно при условии отклонений от заданных (плановых или нормативных) состояний, которые наблюдаются в конкретный момент времени или прогнозируются на будущее, чаще всего и возникают управленческие проблемы в промышленных организациях. Но их источником могут быть и изменения нормативов, условий функционирования (экономических, технических, экологических и т. д.) или целей деятельности организации – объекта управления, обусловленные ее развитием, а также *возникновение благоприятных возможностей*.

Совокупность факторов и условий, вызывающих появление той или иной управленческой проблемы, называется *управленческой ситуацией*, а рассмотрение этой проблемы с учетом воздействующих на нее *ситуационных факторов* позволяет описать данную конкретную проблемную ситуацию.

Проблемная среда – совокупность ситуаций, сложившихся на объекте управления в некоторой предметной области и характеризующихся отклонениями от запланированных (заданных).

Проблемная среда менеджера – часть проблемной среды управляемого объекта, очерченная полномочиями и функциональными обязанностями менеджера.

Анализ ситуационных факторов позволяет рассмотреть проблему в связи с вызвавшими ее событиями и изменениями во внутренней и внешней среде организации и определить, существует ли потребность в управляющем воздействии, начать поиск управленческого решения.

Потребность в управляющем воздействии возникает в процессе функционирования системы, когда в результате изменения внешних или внутренних условий

появляется *управленческая проблема (управленческая проблемная ситуация) или благоприятная возможность.*

Решение проблем, как и управление, — процесс, включающий последовательность взаимосвязанных этапов. В настоящее время известно достаточно много различных методов выработки управленческих решений. При классификации таких методов по признаку формализации используемого аппарата выделяют следующие:

1) формальные (статистические и экономико-математические методы и модели);

2) эвристические (включая методы аналогии и имитационного моделирования);

3) методы экспертных оценок (наиболее применяемые при исследовании сложных объектов самостоятельно, а также в сочетании с другими методами).

Процесс обдумывания проблемы может представлять трудность для отдельного менеджера или группы управленцев в целом. В такой ситуации следует использовать типовые схемы интеллектуального анализа: сортировка вариантов и конкретизация их причин, прогнозирование и анализ необходимых действий, выработка рекомендаций к действиям, выделение основных и вспомогательных характеристик проблемы, разделение проблемы на части.

Развитие бережливого производства в рамках стратегии развития организации обеспечивается:

- повышением ценности и снижением стоимости продукции;
- корпоративной культурой;
- созданием условий для привлечения и удержания высокопотенциальных сотрудников;
- механизмом командной работы;
- работой по снижению потерь;
- постоянным мониторингом спроса;
- работой с поставщиками.

2.3. Производственный процесс и процесс создания ценности

Основополагающей функцией предприятия становится процесс создания ценностей. Товар или услуга имеют ценность для потребителя только потому, что удовлетворяют какую-то его потребность. В русском языке синонимом этого слова в данном случае может служить слово *полезность*.

Процесс создания изделия, выполнения работы, оказания услуги представляет собой рабочий процесс. В сфере материального производства принято использовать понятие «производственный процесс», в непроизводственной сфере — например, «учебный процесс», «сервисный процесс».

Производственный процесс — это целенаправленная деятельность (совокупность действий, операций, работ) по созданию потребительной стоимости, удовлетворяющей личные, коллективные или общественные потребности (рис. 6).

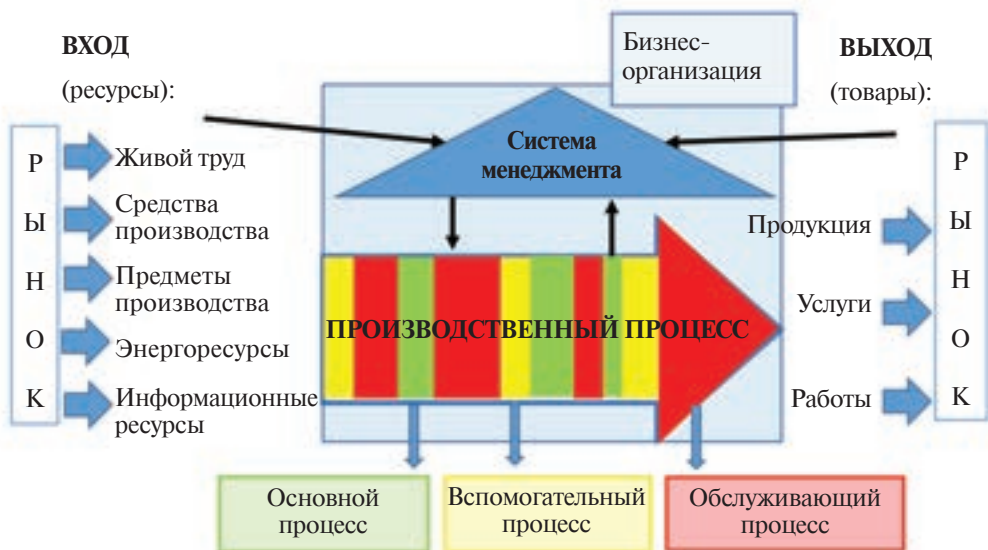


Рис. 6. Схема производственного процесса предприятия в рамках системного подхода

Результатом производственного процесса является продукция. Продукция как рыночная категория представляет собой товар. С маркетинговых позиций товар – все, что может удовлетворить потребность и предлагается рынку с целью приобретения, использования и потребления. В производственном менеджменте под товаром обычно понимаются материально-вещественные объекты (изделия, полуфабрикаты, компоненты изделий), услуги, идеи и работы (результаты НИОКР, программное обеспечение и др.).

Производственный процесс на предприятии имеет сложную структуру. По роли в общем процессе изготовления готовой продукции производственный процесс представляет собой совокупность взаимосвязанных основных, вспомогательных и обслуживающих процессов.

Основные производственные процессы – это часть процессов, в ходе которых происходит непосредственное изменение форм, размеров, свойств, структуры предметов труда и превращение их в готовую продукцию. Например, изготовление деталей, сборка из них узлов и изделия в целом.

Вспомогательные производственные процессы – это часть процессов, результаты которых используются либо непосредственно в основных процессах, либо для обеспечения их бесперебойного и эффективного осуществления. Например, изготовление инструментов, приспособлений, штампов, запчастей для ремонта оборудования, производство всех видов энергии (электрической, сжатого воздуха и т. д.). Многие вспомогательные процессы осуществляются специализированными подразделениями предприятия.

Обслуживающие производственные процессы связаны с оказанием услуг, необходимых для осуществления основных и вспомогательных процессов

(транспортировка материальных ценностей, складские операции всех видов, контроль качества, поддержание порядка и др.).

Можно ли производить продукцию, не совершая при этом непроизводительных операций? Конечно, нет. Однако удельный вес таких операций в общем объеме выполняемых действий должен стремиться к минимуму. Если процесс сокращения потерь на предприятии постоянен, можно говорить, что оно работает по бережливому принципу. Согласно общепринятому определению, под *потерями* (япон. муда – потери, отходы, бесполезность, расточительство) понимают любую деятельность, которая потребляет ресурсы, но не создает ценности. Этот подход требует выявления видов деятельности, не добавляющих ценности, в масштабах всей цепочки создания ценности и их устранения, чтобы добиться более оперативной реакции на запросы потребителей, снизить материальные запасы, повысить качество и иметь более подготовленных сотрудников.

Поток создания ценности – это совокупность всех действий, которые требуется совершить, чтобы определенная продукция (товар, услуга, работа или все вместе) прошла через три важных этапа управления, свойственных любому бизнесу: решение проблем (от разработки концепции и рабочего проектирования до выпуска готового изделия), управление информационными потоками (от получения заказа до составления детального графика проекта и поставки товара), физическое преобразование (от сырья до того, как в руках у потребителя окажется готовый продукт).

Поток создания ценности удобно представлять графически – в виде карты. Карта позволяет наглядно увидеть поток создания ценности в целом, понять последовательность и взаимосвязь процессов, а также возможности улучшения.



Рис. 7. Основные категории потока создания ценности

Все действия, которые составляют поток создания ценности, почти всегда можно разделить на три категории (рис. 7):

1. Действия, создающие ценность, т. е. добавляющие стоимость процессу. Например, сварка деталей корпуса изделия, соединение деталей между собой крепежными элементами.

2. Необходимые, но не добавляющие стоимость действия, обязательные в данных условиях работы. Для того чтобы процесс сварки осуществился корректно, необходимо выполнить ряд предварительных действий в соответствии с описанием данной производственной операции. После завершения сварки оператор должен проверить ее качество, чтобы избежать возможных непроваров или прожогов металла.

3. Действия, не создающие ценность, которые можно немедленно исключить из процесса. Эти действия относят к производственным потерям, которые должны быть определены и исключены из потока создания ценности.

Основные принципы бережливого производства сформулированы Вумekom и Джонсом:

- определить ценность конкретного продукта;
- определить поток создания ценности для этого продукта;
- обеспечить непрерывное течение потока создания ценности продукта;
- позволить потребителю вытягивать продукт;
- стремиться к совершенству.

2.4. Ценность и стоимость продукта

Для осуществления производственно-хозяйственной деятельности предприятие должно вкладывать средства в производственные факторы. Процесс их эксплуатации происходит непрерывно. Использование того или иного производственного фактора выступает в форме затрат.

Затратами называют денежное выражение использования производственных факторов (величины ресурсов), в результате которого осуществляется производство и реализация продукции.

Сумма производственных затрат и непроизводственных затрат на реализацию продукции и управление предприятием составляет *полную себестоимость* продукции (услуг).

С целью управления затратами их группируют по экономическим элементам (материальные затраты, затраты на оплату труда и отчисления на социальное страхование во внебюджетные фонды, амортизация и прочие затраты) и калькуляционным статьям.

Группировка затрат по калькуляционным статьям позволяет определить уровень себестоимости и цены изделия. Этот вид классификации затрат характеризует место их возникновения и целевое назначение, непосредственно связанные с производством данного изделия, т. е. с технологическим процессом, обслуживанием оборудования, с управлением. Предприятия разных отраслей могут вносить в перечень статей коррективы для более полного учета затрат.

Показатель себестоимости является важнейшим в системе технико-экономических показателей, характеризующих результаты производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

Независимо от вида и формы собственности предприятия вопрос о ценах для него имеет важнейшее значение, так как цены определяют рентабельность предприятия, его жизнеспособность и финансовую стабильность. От цен зависит во многом коммерческий результат, а правильная методика установления цены, ценовая стратегия, вообще являются основой деятельности любого предприятия.

Во многих словарях встречается разное определение цены. Например, «это сумма денег, за которую покупатель готов купить товар, а производитель – продать»; это денежное выражение потребительной стоимости товара.

В этом понятии цены определены основные подходы к ее формированию. Выделяют три группы методов ценообразования:

- затратные («издержки +»);
- параметрические;
- рыночные.

Основной способ определения цены заключается в суммировании полной себестоимости единицы продукции и нормы прибыли, которую предполагается получить в результате ее реализации:

$$Ц_i = C_i + П, \quad (2.1)$$

где $Ц_i$ – цена реализации i -го вида продукции, д. е.; C_i – себестоимость единицы i -го вида продукции, д. е.; $П$ – прибыль (или норма прибыльности в абсолютном значении), д. е.

Норма прибыльности устанавливается в результате анализа соотношения рыночного спроса и рыночного предложения на соответствующий вид продукции.

Концепция БП имеет другой взгляд на себестоимость, цены и прибыль.

Известно, что с математической точки зрения – от перестановки мест слагаемых сумма не меняется. Но «выворачивание» формулы цены наизнанку (ретроградная калькуляция) дает возможность по-другому увидеть проблемы и расставить акценты в бизнесе.

Рассмотрим запись формулы (2.1) в следующем виде:

$$Ц_i - П = С_{доп}_i, \quad (2.2)$$

где $С_{доп}_i$ – максимально допустимые затраты на производство i -го вида продукции, д. е.

Преобразуем формулу (2.1) еще раз:

$$Ц_i - С_{доп}_i = П. \quad (2.3)$$

Согласно полученной формуле (2.3), единственный путь повышения прибыли – снижение затрат (рис. 8). Любая компания может стремиться устранить потери, но пока она определяет цену прибавлением прибыли к затратам,

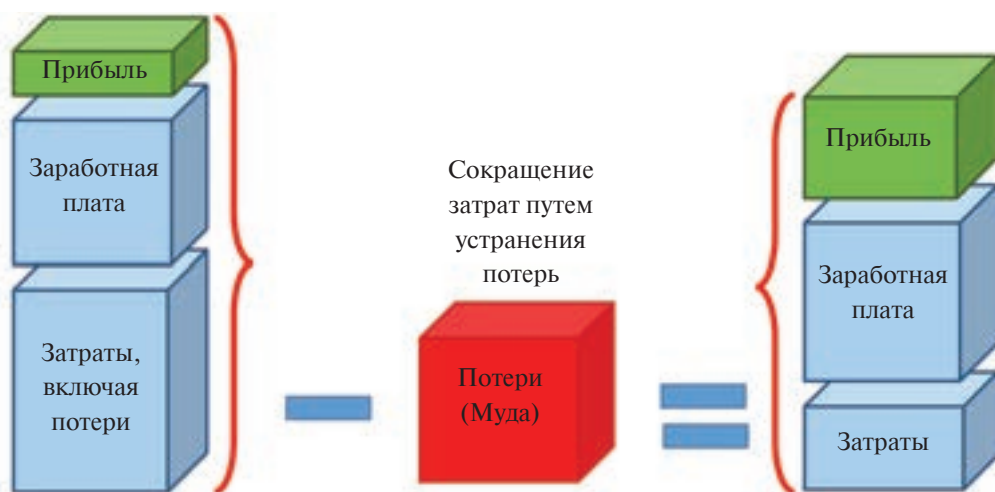


Рис. 8. Изменение структуры стоимости продукции при внедрении принципов БП

ее усилия по устранению потерь, скорее всего, будут безуспешными. Только если снижение затрат становится средством для поддержания прибыли на желаемом уровне, компания будет полностью мотивирована на устранение потерь.

Рыночная цена определяется пользой (ценностью) для клиента. Вычитая из цены величину желаемой прибыли, предприятие получает максимально *допустимые затраты* (*allowable costs*) и сопоставляет их с фактическими *текущими затратами* (*drifting costs*). С помощью метода *таргет-костинг* (*target costing*) устанавливаются так называемые целевые затраты (*target costs*). Таким образом, отвечают на вопрос: «Каковы могут быть издержки производителя, если цена приемлема для клиента?» Такой подход позволяет управлять издержками еще на стадии разработки, проектирования продукта и подготовки его производства. Особое внимание уделяется продукту, снижение себестоимости происходит за счет изменений конструкции продукта.

Впервые термин таргет-костинг в 1988 г. ввел *Тоширо Хиромото* – профессор токийского университета Хитоцубаши, в статье *Harvard Business Review* «Скрытый клинок: японский управленческий учет». Но сам метод в его современном понимании на практике применила компания *Toyota* в 1965 г., а еще раньше – в начале 1930-х гг. упрощенный метод разработки автомобиля с заранее заданной ценой был использован в Германии при создании «народного автомобиля» *Volkswagen Käfer*.

С системой таргет-костинг тесно взаимодействующий метод *кайдзен-костинг* (*kaizen costing*), который используется на стадии производства в полном жизненном цикле продукции (ЖЦП). Особое внимание уделяется производственному процессу (рабочим операциям), а снижение себестоимости продукта происходит через повышение эффективности производственных процессов.

Понятие кайдзен-костинг ввел в 1990-х гг. *Ясухиро Монден*. Кайдзен-костинг увязан с планированием прибыли, когда целевые затраты (*kaizen costs*) на продукт в планируемом периоде устанавливаются на уровне фактических затрат про-

шлого периода. Определяется и применяется в течение отчетного периода *норма целевого сокращения затрат* (отношение запланированной суммы сокращения затрат к базовой величине затрат). Затем проводится сравнение целевой суммы сокращения затрат с фактической, выявляются отклонения.

БП предлагает целевые значения затрат устанавливать на уровнях, при которых устранены все потери из процесса. И поскольку целевые затраты при этом окажутся намного ниже, чем затраты конкурентов, у предприятия появляется выбор:

- снизить цены, стимулируя рост продаж;
- добавить продукции дополнительные привлекательные для клиента опции;
- предложить дополнительный сервис;
- расширить дилерскую и сервисную сети;
- направить прибыль на разработку новых модификаций продукции.

Следует отметить, что в гонке за достижение целевого уровня себестоимости и снижение затрат предприятия, функционирующие по концепции БП, на первый план ставят *качество*.

Контрольные вопросы

1. Дайте определения терминам «миссия», «видение», «цель», «задача», «проблема». Определите, в чем их различие.

2. Как проявляется влияние принципов бережливого производства в стратегическом управлении?

3. Что собой представляют производственный процесс и процесс создания ценности?

4. В чем заключается концепция БП в отношении себестоимости, цены и прибыли?

Тема 3

ВИДЫ ПОТЕРЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И ВЫЯВЛЕНИЕ ИХ ПЕРВОПРИЧИН

3.1. Классификация потерь на производстве

Базовым элементом бережливого производства является определение понятия потерь.

Потеря (муда) — любая деятельность, которая потребляет ресурсы, но не создает ценности.

Тайити Оно определяет *потери, как любую деятельность, за которую потребитель не намерен платить.*

Потери существуют в двух основных формах: явные потери и скрытые потери. Явные потери легко обнаружить. Например, бракованные детали, излишние запасы, чрезмерный расход энергии и т. д. Скрытые потери имеют место в операциях, которые приходится выполнять в конкретных условиях или по определенным методикам, но которых можно избежать, если улучшить технологии или изменить условия труда. Например, излишняя транспортировка деталей, замена инструмента, контроль качества, многочисленные манипуляции с деталями и др.

Выделяют восемь видов потерь.

1. *Перепроизводство.* При перепроизводстве изготавливается больше полуфабрикатов и деталей, изделий или формируется больше информации, чем нужно потребителю. Важно отметить, что в качестве потребителей выступают не только внешние заказчики, но и внутренние потребители (смежные участки, подразделения).

Пример в производстве: продукцию изготавливают большими партиями, в результате чего происходит перерасход сырья, материалов; неправильный прогноз спроса на продукт/товар.

Пример в сфере услуг или офисе: составление ненужных отчетов; изготовление лишних копий документов.



2. *Излишние запасы.* Ненужное складирование и слишком большие запасы приводят к замораживанию средств, вложенных в оборотный капитал. Запасы не должны превышать установленную потребность производства и нормативы страховых запасов. Потери также связаны с тем, что избыточные запасы не позволяют выявить проблемы, которые являются источником производства бракованной продукции, поскольку дефекты успевают накапливаться до того, как они будут обнаружены.



Пример в производстве: незавершенное производство, любые излишки основных средств, в серийном производстве запасы подборок и других комплектующих, запасы производств продуктов массового потребления (*англ.* fast-moving consumer goods или FMCG) могут портиться.

Пример в сфере услуг или офисе: запасы материалов, канцелярских принадлежностей и другого для содержания офиса, архивы документов и электронные архивы.

Пример в логистике и при реализации продукции: хранение на складе готовой продукции, на которую отсутствует потребительский спрос; хранение запасов сырья в количестве, потребление которого превышает период доставки.

3. *Ожидание.* Ожидание материала, ожидание информации, ожидание из-за простоя оборудования по организационным или техническим причинам — все это является примерами такого вида потерь. Время ожидания часто вызвано неравномерностью работы производственных участков и может привести к избыточным запасам и перепроизводству.

Пример в производстве: оборудование не работает по причине того, что ожидает ремонта или технического обслуживания; работники ждут, когда им принесут необходимые компоненты для изготовления продукции; работники длительное время ожидают детали для обработки, которые находятся на предыдущей операции.



Пример в сфере услуг или офисе: ожидание сообщений по почте или звонков, встреч (не настроены уведомления или нет расписания); ожидание сотрудников, которые опаздывают на совещание; ожидание официальных данных, необходимых для открытия/закрытия счета.

4. *Транспортировка и перемещение грузов.*

Перевозка грузов на расстояния, большие, чем это необходимо, лишние перемещения с места на место материалов, людей, информации являются потерями при транспортировке. Это действия, которые не приводят к прямому повышению стоимости продукта, но вызывают дополнительные накладные расходы.



Ненужные перемещения возникают чаще всего по причине неправильного расположения оборудования, стеллажей или складских помещений, а также нерационального использования площадей.

Пример в производстве: перемещение материалов, частей или конечных товаров на склад (со склада); перемещение инструментов.

Пример в сфере услуг или офисе: документооборот между департаментами/отделами.

Пример в логистике: неправильно выстроенные логистические потоки.

5. *Лишнее движение.* Ненужные передвижения людей в ходе работы (например, в поисках деталей, инструментов и документов) относятся к потерям передвижения (перемещения).

Передвижения – совершение операторами лишних движений, которые выходят за рамки производительной работы или в которых нет необходимости.

Пример в производстве: поиск и укладка частей изделия; поиск деталей, нужного инструмента и технической документации; долгие перемещения между производствами/цехами/участками; неудобное расположение предметов, когда оператор вынужден тянуться или нагибаться, поворачиваться, чтобы взять или передать деталь.



Пример в сфере услуг или офисе: перемещения к копировальному аппарату (от копировального аппарата), архиву, факсу и т. д.; поиск необходимых файлов или документов на персональном компьютере, если они неправильно структурированы в папках; поиск и сбор или сверка данных в различных системах учета; переходы и очереди из одного кабинета в другой; повторные подписи или согласования документов и др.

6. *Излишняя или неправильная обработка.* К данному виду потерь относится выполнение большего объема работы, производство продукции и оказание услуг с более высокими потребительскими свойствами, чем это востребовано заказчиком.

Пример в производстве: изготовление бумаги высокой белизны, хотя клиент не видит разницы; выпуск стретч-пленки большей толщины, чем требуется покупателю.

Пример в сфере услуг или офисе: дополнительная упаковка цветов, подготовка расширенного коммерческого предложения, предоставление скидки клиентам в начале переговоров.

Пример в логистике: декантинг (переупаковка) материалов.



7. *Дефекты, брак и переработка.* К данному виду потерь относят сверхплановые затраты на исправление, или повторное выполнение уже сделанной работы, в которой обнаружены дефекты или брак. Дефекты, брак и переработка увеличивают время изготовления продукта, снижают качество изделия. Брак влечет за собой как минимум денежный ущерб, а в большинстве случаев еще и временные затраты на переработку или переделку.

Каждый раз, допустив ошибку при работе с изделием (оказании услуги, выполнении разработок) и передав его на следующую операцию процесса или, что еще хуже, покупателю, производитель вынужден мириться с переделкой как неотъемлемой частью процесса. Он теряет лишние деньги всякий раз, когда что-то производит, собирает или ремонтирует с ошибками, в то время как клиент платит за товар или услугу однократно.

Пример в производстве: выпуск дефектных частей изделия; ошибки в настройках оборудования; ошибки в проектно-конструкторской документации.



Пример в сфере услуг или офисе: введение некорректных данных в информационную систему; ошибки проектирования; изменение исходной информации по заказу; ошибки в выставлении счетов и подготовке документации.

Пример в логистике: от поставщика на предприятие поступают бракованные материалы и комплектующие; порча груза в процессе транспортировки или проведении погрузочно-разгрузочных работ.

8. *Нереализованный творческий потенциал персонала.* Данный вид потерь наиболее сложно поддается оценке, но является ключевым при построении непрерывного процесса совершенствования. Если предприятие не использует таланты, способности, знания и навыки, идеи и возможности совершенствования, а также приобретения опыта своих сотрудников из-за невнимательного отношения руководства предприятия к ним — это тоже потери. Данный вид потерь можно устранить, если к системе производственных улучшений предприятия привязана система мотивации.

Различные непроизводительные движения и операции в процессе разработки и проектирования нового продукта можно классифицировать как «технологические потери». Зачастую инженеры склонны проектировать сложную структуру, даже если можно ограничиться простым решением. Вооруженные знаниями



последних достижений науки и техники, специалисты стремятся найти шансы использовать свой потенциал. Такой подход одновременно наносит ущерб как требованиям потребителя, так и основным принципам организации производства. Инженеры, разрабатывая продукт или оборудование, в первую очередь должны стремиться к сокращению потерь при их производстве и использовании.

3.2. Методы выявления потерь

К основным инструментам выявления первопричин потерь относят методы: «Пять почему», доска баланса работ, причинно-следственная диаграмма («рыбья кость»), ABC-анализ и принцип Парето, диаграмма спагетти, лист сбора данных.

Метод «Пять почему»

С помощью данного метода можно определить истинные причины возникновения производственной проблемы. Задавая целенаправленный вопрос «почему?» пять раз, исследователь последовательно приближается к первопричине возникновения проблемы.

Для того, чтобы получить ответ на каждый следующий «почему», необходимо собрать достоверные, проверенные эмпирически или доказанные теоретически данные. Если вместо достоверных данных в качестве основы выступают предположения участников дискуссии, применяемый метод становится неэффективным.

Рассмотрим стандартную схему применения данного метода на примере. На складе упал штабель готовой продукции. Часть продукции пострадала. Ее пришлось заменить. Организация понесла избыточные затраты. Можно просто списать негодную продукцию, а штабель сложить снова. А можно попытаться глубже разобраться в ситуации, чтобы предпринять действия, исключающие повторение таких потерь. Как для этого использовать метод «Пять почему». Какие вопросы нужно задать сотрудникам, занимающимся этой проблемой, показано в табл. 2.

Таблица 2

Пример применения метода «Пять почему»

№ п/п	Вопрос	Ответ
1	Вопрос кладовщику: «Почему упал штабель, как это случилось?»	«Не знаю, я все сделал, как обычно»
2	Вопрос кладовщику: «Почему Вы не применили инструкцию для складывания штабелей готовой продукции?»	«Я ее не видел»
3	Вопрос сотруднику отдела сбыта, курирующему склад: «Почему у кладовщика нет инструкции для ведения складских работ? Разработана ли она?»	«Да, разработана»
4	Вопрос этому же сотруднику: «Почему эта инструкция не хранится на рабочем месте кладовщика?»	«Она хранится в отделе сбыта»
5	Вопрос этому же сотруднику: «Почему кладовщик не был ознакомлен с инструкцией? Есть ли в этой инструкции правила для складывания штабелей готовой продукции?»	«Не успели ознакомить. Конкретно для штабелей – нет»

На основе полученных ответов разрабатываются следующие корректирующие действия:

- дополнить инструкцию правилами складывания продукции в штабели и их размещения;
- хранить инструкцию на складе в доступном месте;
- ознакомить кладовщика с содержанием инструкции.

После реализации этих действий нужно убедиться, что избыточные затраты вследствие неправильного хранения продукции на складе прекратились. Заметим, что заданные пять вопросов – это не предел. Можно задать еще ряд вопросов, которые помогут установить, почему инструкция оказалась неполной, почему она хранилась не на рабочем месте, почему кладовщик оказался необученным и т. д. Ответы на эти вопросы и соответствующие корректирующие действия позволят решить проблему системно и надежно.

Применение метода «Пять почему» определило причинно-следственную связь, при этом обнаружение первопричины открыло новые горизонты для системного улучшения операционной деятельности предприятия в целом.

Инструмент «Доска баланса работ»

Важной составляющей бережливого производства является *концепция 3 М* (аббревиатура от трех японских слов: *muda* (муда) – потери; *mura* (мура) – неровность, неоднородность или неравномерность производства; *muri* (мури) – перегрузка оборудования и персонала), которая определяет ключевые виды снижения работоспособности производственных процессов. Другими словами, сосредоточив внимание на разработке процессов и последовательности операций, предприятия могут создать систему, которая устойчиво создает большую ценность и меньше потерь.

Муда – любая деятельность, которая потребляет ресурсы, не создавая ценности для клиента. В рамках этой общей категории полезно различать муда первого рода, состоящего из действий, не прибавляющих ценности товару или услуге, которые нельзя устранить немедленно. Например, испытания и проверка на безопасность напрямую не добавляют ценности конечному продукту, однако они необходимы для обеспечения безопасности продукта для клиентов. Муда второго рода состоит из действий, которые можно и нужно быстро устранить. Именно муда второго рода включает в себя рассмотренные ранее виды потерь бережливого производства.

Мура – причина существования любой из выделенных потерь. Другими словами, мура приводит к муда второго рода. Например, циклический график, вызванный не спросом конечного потребителя, а производственной системой, или неравномерный темп работы, заставляющий операторов спешить, а затем ждать. Цель БП состоит в том, чтобы выровнять рабочую нагрузку, для того чтобы не было неравномерности или накопления отходов.

Мури означает перегруженность, чрезмерность, невозможность. Мури может быть результатом мура, а в некоторых случаях – чрезмерным удалением муда из процесса. Мури также существует, когда оборудование или сотрудники

используют свои ресурсы более чем на 100 % для выполнения задач. Мури может привести к прогулам и болезням сотрудников, к поломкам оборудования, если вовремя не обратить внимание на проблему. Стандартизация работы может помочь избежать мури за счет разработки рабочих процессов, позволяющих равномерно распределять рабочую нагрузку и не перегружать конкретного сотрудника или оборудование.

При исследовании бизнес-процессов на предмет неэффективности важно учитывать наличие всех трех – муда, мура и мури. Все они тесно взаимосвязаны. Устранение одного из них повлияет на два других. Не нужно искать только муда и надеяться полностью решить проблему процесса. Скорее всего, нужно сначала разобраться с мура и мури, чтобы устранить муда. Это гарантирует, что риск возврата муда в производственный процесс будет снижен. На рис. 9 наглядно продемонстрирована взаимосвязь муда, мура и мури.

Доска баланса работ показывает баланс разных видов работ поэлементно и позволяет определить фактическое отставание или опережение графика работы сотрудника, рабочего места от планового времени.

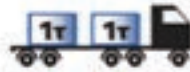
Доска баланса работ позволяет легко и быстро определить те операции в производственных процессах, в течение которых создается добавочная стоимость, и те процессы, которые по своей сути должны быть отнесены к потерям. Для достижения данной цели все операции обозначаются разными цветами (см. рис. 10). Зеленым цветом обозначается работа, добавляющая ценность,



Murі = Перегруженность



Mura = Неравномерность



Muda = Потери



Баланс: нет Murі, Muda, Mura

Рис. 9. Взаимосвязь 3 М: устранение одного из «М» часто устраняет и другие

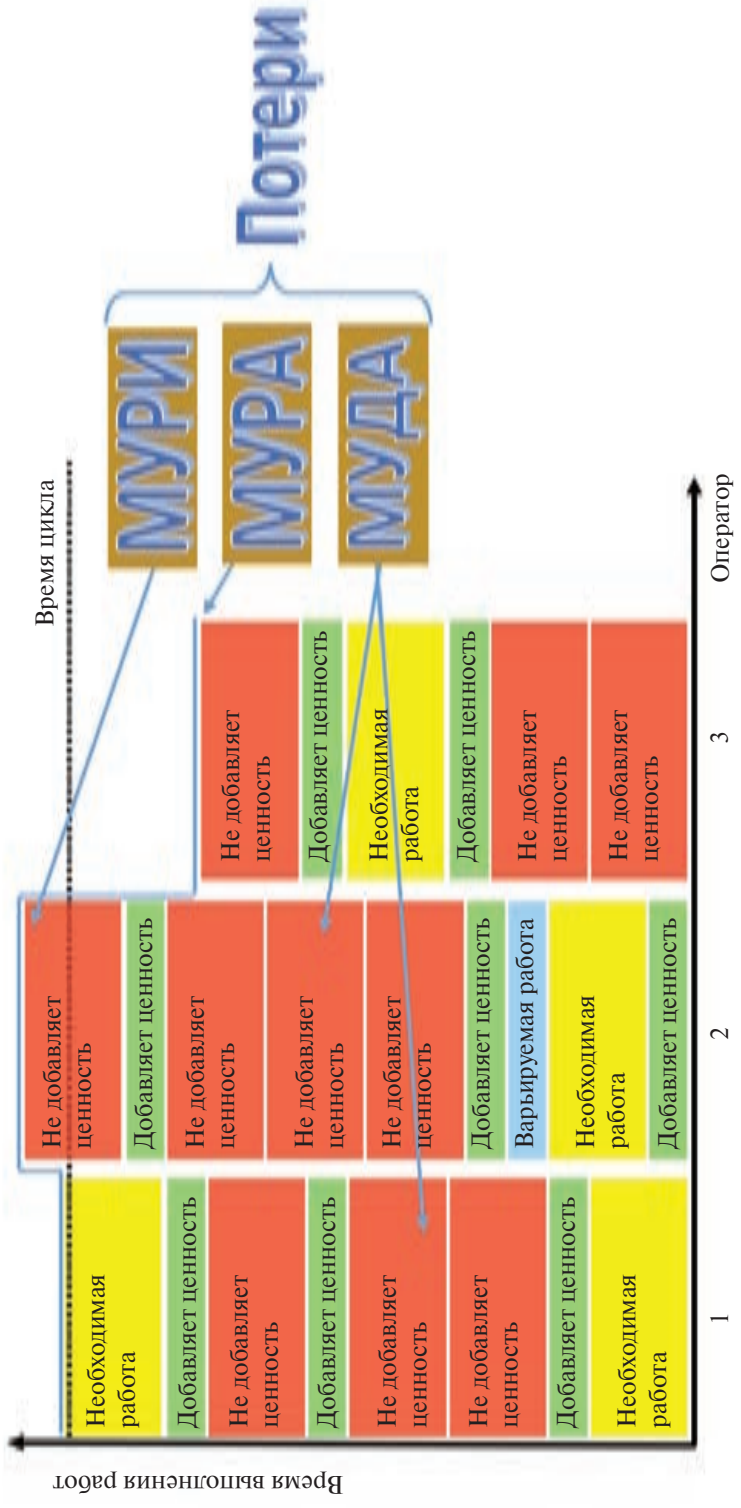


Рис. 10. Доска баланса работ

то есть меняющая физическое либо моральное состояние объекта деятельности. Желтый цвет показывает операции, добавочной стоимости не создающие, но являющиеся необходимой работой. Желтым цветом обычно обозначаются операции по подготовке к процессу создания ценности либо контроль качества изделия или процессов. Красным цветом обозначают потери. Синим цветом обозначается так называемая варьируемая работа, т. е. работа, выполняемая в зависимости от комплектации изделия.

Далее анализируется длительность каждого производственного процесса и определяются муда, мура и мури (рис. 10).

Причинно-следственная диаграмма

Этот инструмент анализа логических связей между различными факторами и результатом разработал *Каору Исикава* (или *Ишикава*), профессор Токийского университета, в начале 1950-х гг. Он был включен в японский промышленный стандарт (JIS) и определяется в нем как диаграмма причин и результатов, которая показывает отношение между показателем качества и воздействующими на него факторами. Диаграмма позволяет формализовать и структурировать причины возникновения того или иного события.

Все возможные причины возникновения проблемы или несоответствия классифицируются по принципу 5 М: человеческим фактором, оборудованием, материалами и сырьем, технологиями работы и измерениями (аббревиатура от английских слов *man, machine, material, method u measurement*).

В зависимости от области исследования допускается замена/добавление следующих групп факторов, оказывающих влияние на исследуемую проблему: окружающая среда (*milieu*), управление (*management*), бюджет или финансирование (*money*). Это необходимо для обеспечения всестороннего исследования как самой проблемы, так и причин ее возникновения.

Исследуемое событие, явление или процесс изображаются в правой части схемы (рис. 11). Горизонтально от корня диаграммы до левого края листа наносится

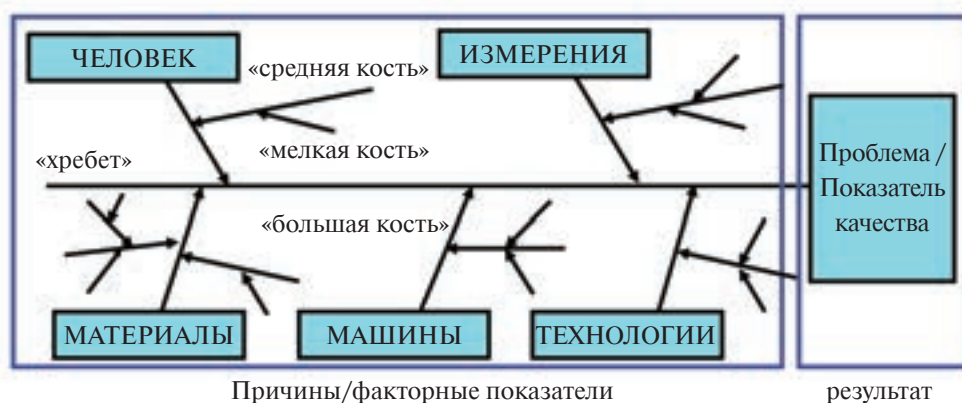


Рис. 11. Схема построения причинно-следственной диаграммы

центральная ось диаграммы. К центральной оси примыкают пять ветвей, каждая из которых соответствует своему классу причин. Результат процесса зависит от многочисленных факторов, между которыми существуют отношения типа причина—следствие. Причинно-следственная диаграмма — средство, позволяющее выразить эти отношения в простой и доступной форме. Из-за сходства диаграммы со скелетом рыбы ее часто называют — диаграмма «рыбья кость».

ABC-анализ. Принцип Парето. Правило 20/80

ABC-анализ может применяться для выбора потерь (рабочих процессов, не добавляющих ценность), устранение которых может дать наибольший эффект. Этот метод весьма прост и широко используется для анализа самых различных объектов.

ABC-анализ позволяет определить приоритет потерь или проблем, используя принцип Парето.

Принцип Парето получил свое название по имени ученого, впервые его сформулировавшего. В 1897 г. итальянский экономист и социолог *Вильфредо Парето* показал неравномерность дохода по регионам Италии. В конце XIX в. 80 % итальянского капитала были сосредоточены в руках 20 % населения страны. В 1907 г. *Макс О. Лоренц* выявил, что небольшая часть населения производит большую часть национального дохода страны. Развитием этой статистической закономерности стало «правило Парето», которое можно сформулировать следующим образом: «ограниченное число элементов (20 %), составляющих явление, на 80 % обуславливают его возникновение». Другими словами, всего 20 % усилий дают 80 % результата, а остальные 80 % усилий — лишь 20 % результата. Дальнейшие усилия не всегда оправданы, т. е. это подтверждает верность того, что лучшее — враг хорошего. Американский специалист в области качества *Джозеф Джуран* в середине XX в. использовал это правило для изучения проблем в области качества и назвал его принципом Парето.

В концепции бережливого производства, которое направлено на повышение эффективности производственной деятельности и ставит целью максимальное сокращение сроков выполнения заказов за счет устранения различного вида потерь, принцип Парето называют вторым законом бережливого производства и интерпретируют следующим образом: «80 % задержек времени выполнения заказа возникает из-за 20 % рабочих мест».

Сосредоточивая свое внимание на 20 % всех причин, оказываем влияние, таким образом, на 80 % последствий. Следующие 30 % причин порождают только 15 % следствий, и оставшиеся 50 % влияют только на 5 % следствий. Таким образом, можно распределять свое внимание и воздействие, исходя из значимости и эффективности результатов. В соответствии с этими выводами все потери (рабочие процессы) или причины разбиваются на три группы. Группа А — это потери/причины, имеющие значимость 80 % при удельном весе — 20 %; группу В составляют потери/причины, имеющие значимость 15 % и составляющие 30 % удельного веса; группа С образуется из потерь/причин, оказывающих влияние

на 5 % следствий и составляющих 50 % удельного веса. Такое разбиение на группы обусловило название метода: ABC-анализ.

Рассмотрим наглядно действие принципа Парето на графическом примере (рис. 12). Здесь изображено распределение простоя станков с ЧПУ цеха предприятия в зависимости от действия ряда причин. При этом все причины, располагающиеся по оси абсцисс, классифицированы по группам, например группа производственных причин, технических причин и т. д. Во время анализа простоя станков за определенный период времени в первую очередь были определены все возможные причины, по которым эти простои возникали. После этого определена длительность простоя по каждой из возможных причин в процессе мониторинга работы станков в часах.

Графически результаты мониторинга отражаются по убыванию времени простоев станков, чтобы причины, составляющие самое большое время, откладывались в первую очередь, далее – следующий по величине вид причин и т. д. Группа «Прочие», независимо от величины, откладывается на графике последней. Кумулятивная линия на графике показывает накопительный результат действия причин простоя станков. По вертикали помимо количественных показателей

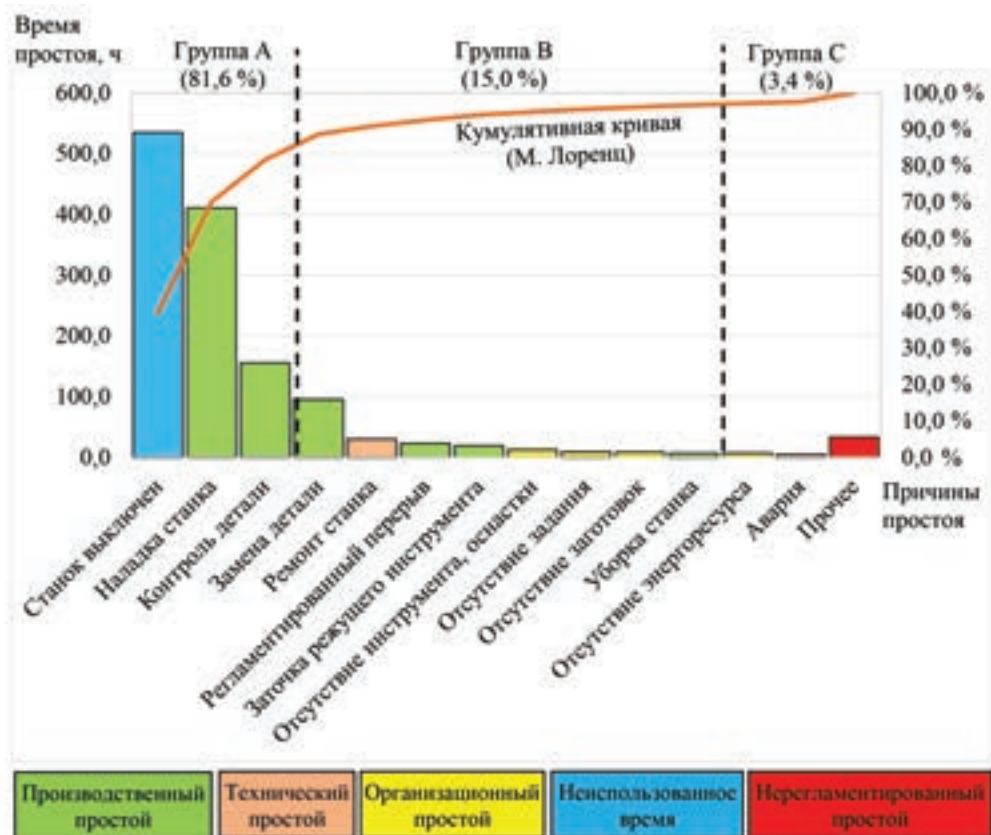


Рис. 12. Схема построения диаграммы Парето (анализ причин простоя станков с ЧПУ цеха в течение месяца)

простоев вследствие действия ряда причин обязательно показываются процентные соотношения возникновения простоев. При этом на рис. 14 видно, что чуть более 80 % всех возникающих простоев происходят вследствие действия всего лишь трех видов причин, а именно: вследствие неиспользования станков, их наладки и контроля деталей. Необходимо отметить, что в общей массе причин эти виды имеют удельный вес около 20 %. Таким образом, проявляется принцип Парето или правило 20/80: 20 % всех возможных причин простоя станков вызывают 80 % всех следствий.

Диаграмма «Спагетти»

Это инструмент, который позволяет визуализировать перемещения и расстояния работника, транспорта, инструментов, готовых изделий или сырья в ходе выполнения технологических операций на предприятии.

Суть метода заключается в нанесении на план-схему траектории движения сотрудников, транспорта или других объектов (рис. 13). Это дает возможность оценить потери на все перемещения. Понять, какие маршруты самые длинные и часто повторяющиеся и, соответственно, требуют обратить на них внимание, разработать план наиболее рационального маршрута перемещений. Данный инструмент БП универсален, его можно использовать для анализа перемещений в производстве, в офисе, на складе и даже в электронном пространстве.

Алгоритм составления диаграммы спагетти:

1. Выбрать объект наблюдения (работник, продукт, инструмент и т. д.).

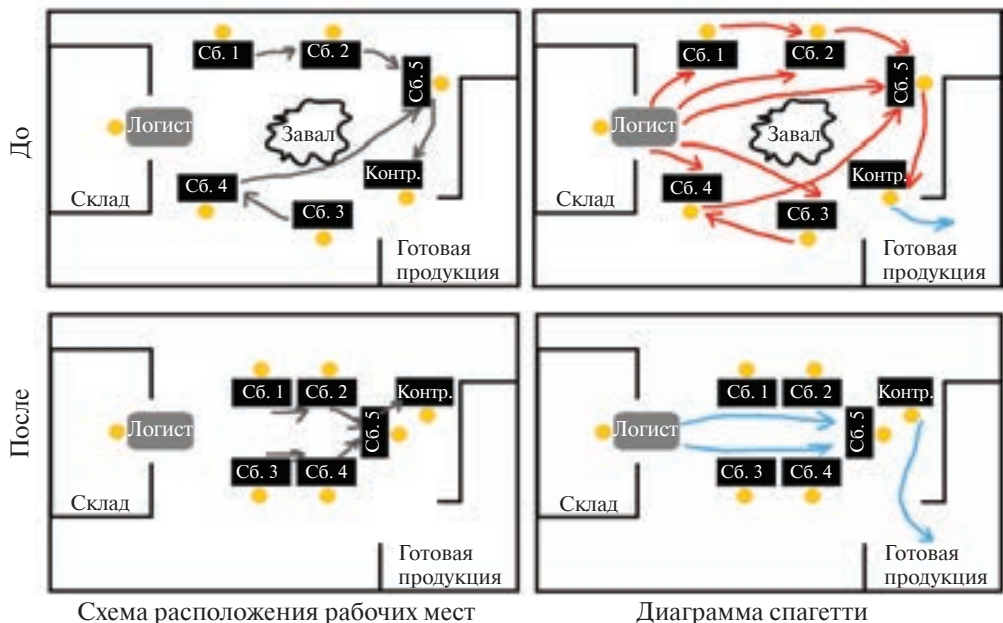


Рис. 13. Пример планировки участка с целью повышения ценности потока

2. Подготовить подробный план участка, в котором будет проводиться наблюдение. Важно отразить абсолютно все предметы, имеющиеся на участке и которые препятствуют/затрудняют перемещения.

3. Подготовить необходимые для наблюдения инструменты (видеокамеру, разноцветные маркеры, секундомер, и т. п.).

4. Провести наблюдение в течение определенного времени и нанести маршруты перемещения на план участка.

5. Определить расстояние, которое сотрудник проходит за час, за цикл (операцию) или на одно изделие (заказ). Также определить затрачиваемое время.

6. Разработать и проанализировать решения, позволяющие сократить потери на перемещения.

Контрольный лист

Другие названия – чек-лист, протокол наблюдений. Оценка ситуации в области качества всегда требует статистических данных о характеристиках качества изучаемого объекта. Поэтому центральным инструментом сбора данных является контрольный лист, служащий для фиксации и накопления данных о ходе изучаемого процесса и/или о его результатах. Контрольный лист – это запись, в которой отражены статистические данные об изучаемом объекте.

Контрольный лист – это, как правило, бумажный бланк определенного содержания, предназначенный для регистрации данных. В него вносится информация для последующей статистической обработки. Контрольный лист облегчает сбор и запись данных, упорядочивает данные, облегчает их дальнейшее использование. По существу, контрольный лист – это протокол наблюдений, содержащий необходимые данные о характеристиках качества изучаемого объекта. Контрольный лист применяется как в производстве, так и в сфере услуг на различных стадиях жизненного цикла продукции.

Цель любого контрольного листа – это сбор данных и их упорядочение для дальнейшего использования. На практике существует множество различных видов контрольных листов, например контрольный лист для регистрации измеренных значений изучаемой характеристики, контрольный лист для регистрации распределения изучаемой характеристики, контрольный лист для регистрации видов несоответствий, контрольный лист для регистрации отказов деталей в изделии и т. п. По своей структуре контрольный лист всегда ориентирован на ту задачу, для решения которой собираются данные, поэтому необходимо:

1. Четко представлять цель сбора данных (контроль или регулирование производственного процесса, выявление причин брака продукции, анализ отклонений от установленных требований, контроль выхода процесса, анализ возможностей процесса и т. п.). От этого зависит количество данных, способ их сбора и регистрации, необходимый уровень расслоения данных.

2. Знать метод или инструмент, который будет использован для обработки данных (построение диаграммы Парето, контрольные карты, гистограммы

и т. п.). Собирать и записывать данные нужно так, чтобы их можно было потом обработать с помощью того метода, который запланирован.

Внешне лист сбора данных представляет собой таблицу, заполнение которой сводится к простому добавлению в соответствующую ячейку вертикального штриха при наступлении того или иного события. Первые четыре события отмечаются вертикальными штрихами, а каждое пятое – горизонтальной чертой, пересекающей первые четыре штриха. Таким образом, каждая «связка» черточек обозначает 5 событий. В табл. 3 представлен образец контрольного листа сбора данных.

Таблица 3

Пример контрольного листа сбора данных

Наименование документа	Контрольный листок по видам дефектов	
Предприятие: XXX Цех: _____ Участок: _____	Изделие: _____ Операция: _____ Контролер: _____	Количество деталей: _____
Тип дефекта	Данные контроля	Итого
Дефект типа 1	### ## ## ## ## ## ## //	37
Дефект типа 2	### //	7
Дефект типа 3	### ## ## ## ## ## //	32
Дефект типа 4	## ## ## ## ////	24
Дефект типа 5	### ## ## ## ## ## ## //	38
Дефект типа 6	### ## ////	14
Всего		152

Контрольные вопросы

1. Опишите 8 видов потерь.
2. В чем различия между потерями и ценностью в цепочке добавленной стоимости?
3. Какие инструменты помогают найти первопричины потерь?

Тема 4

КАРТА ПОТОКА

Основные управленческие инструменты изучения потока создания ценности: графическая карта движения продукта, циклы работ PDCA и SDCA, алгоритм 8 D, методология кайдзен. Эти инструменты не являются альтернативными, они образуют комплекс, позволяющий регламентировать работу по совершенствованию организации производственного процесса.

4.1. VSM – карта потока производства

Описание бережливого производства заключается в его представлении в виде потока (*последовательности операций*) создания ценности. *Поток создания ценности* (англ. value stream mapping) – все действия (создающие и не создающие ценности), необходимые для изготовления (оказания), требуемого потребителю продукта (услуги). Часть из этих действий создают ценность, а другая часть нет и поэтому является потерями (*непроизводительными затратами*), которые следует выявлять и в максимальной степени устранять.

Максимальную выгоду от внедрения методологии бережливого производства можно получить, если хорошо понять его основные принципы и применять их в комплексе.

Ценность – это то, что хочет конечный потребитель, в чем он нуждается и за что готов заплатить. Ценность включает собственно продукт (*потребительскую полезность*), время его получения и цену продукта.

Поток ценности – полная последовательность основных и обеспечивающих процессов от истока (первоначального сырья) до покупателя.

Идеальным является поток в одну единицу: производить только то, что желает покупатель, и только тогда, когда он этого хочет. Применительно к взаимодействию производственных участков это означает, что производить только тогда, когда приходит запрос от следующего звена.

Всегда, когда есть продукт для потребителя, существует поток создания ценности (движения продукта). Задача состоит в том, чтобы увидеть его элементы и структуру.

После того как предприятие научится правильно определять ценность, видеть весь поток создания ценности, непрерывно добавлять ценность в продукт на каждом этапе потока и позволит потребителю вытягивать готовый продукт

из организации, на предприятии совершенно неизбежно произойдет осознание того, что процесс улучшения бесконечен. Можно сколько угодно сокращать трудозатраты, время, производственные площади и число ошибок, при этом создавая продукт, качество которого все больше приближается к совершенству.

Организация производственного потока опирается на основные принципы бережливого производства:

– *совершенство (ключевой принцип бережливого производства)* – постоянная нацеленность на поиск улучшений (процесс непрерывных улучшений, который должен обязательно присутствовать на производстве, позволяет увеличить производительность труда в два-три раза);

– *увеличение скорости движения производственного потока, что позволяет выявлять потери*, которые были до этого скрыты (чем выше скорость вытягивания, тем больше возникает препятствий движению потока, исключением которых должны заниматься специально создаваемые команды);

– *прозрачность* – обязательное условие бережливого производства (если участники производства могут видеть весь процесс целиком, то им легче находить пути повышения совершенствования);

– *преобразование традиционного выталкивающего производства в вытягивающее*, что позволяет в течение первых пяти лет перестройки достичь следующих показателей:

1) снижение:

– брака на 90 %;

– трудоемкости на 90 %;

– запасов на 75 %;

– производственных площадей на 50 %;

– расходов на единицу продукции на 50 %;

– число производственных дефектов и несчастных случаев на работе;

2) повышение:

– прибыли на 100 %.

Анализ потока производства – это управленческий метод, с помощью которого можно «рассмотреть путь создания продукта» по элементам процесса с точки зрения приращения ценности. Цель данного анализа – разделить производственные и обеспечивающие процессы, измерить производственные затраты и потери по элементам процесса.

Для идентификации элементов потока создания ценности используют такой инструмент, как карта движения продукта.

Карта движения продукта – это управленческий инструмент, позволяющий документировать процессы производства (полный цикл), проанализировать их и разработать план по их улучшению.

Работа с картой движения продукта включает следующие элементы (рис. 14):

– составление карты текущего состояния;

– анализ потока производства;

– составление карты будущего состояния;

– разработка плана по улучшению организации производства.



Рис. 14. Структура карты движения продукта

Карта движения продукта:

- позволяет проследить поэтапное изменение свойств продукта;
- поддерживает «полное» видение компании;
- показывает взаимосвязь людей, материалов и информационных потоков процесса;
- выдвигает на первый план и делает наглядным потери и препятствия;
- формирует стандарт для документирования процесса;
- является точным аналитическим способом для отображения потоков процесса;
- служит основой для процесса непрерывных усовершенствований.

Чтобы составить карту движения продукта, необходимо выполнить следующий комплекс мероприятий:

1. Определить объект исследования и его характеристики (семейства продуктов, входные и выходные параметры, материальные и информационные потоки).
2. Выбрать лидера (менеджера) потока создания ценности и состав рабочей группы.
3. Утвердить стандарт графического представления информации.
4. Следовать от пункта доставки сырья к пункту отгрузки для получения представления о последовательности процессов.
5. Продвигаться по потоку для представления о взаимосвязи процессов и их сути – от пункта отгрузки, вверх по потоку, и наоборот, к пункту получения сырья.
6. Составить карту карандашом (*нельзя* поддаваться искушению использовать компьютер).

7. Нанести на карту все, что можно увидеть в процессе, в независимости от кажущейся степени важности.

При составлении карты движения продукта необходимо ввести стандарт графического представления информации. Один из возможных вариантов данного стандарта представлен на рис. 15.

Составление карты создания продукта должно последовательно пройти через этапы (рис. 16):

1. Для изображения схемы используйте лист формата А3 (метод А3).
2. Начните с потребителя в верхней правой половине листа. Укажите способ, количество и частоту отправки готового продукта.
3. Поставщики обозначаются в верхней левой части листа. Поместите ниже информационный блок и укажите тип доставки, ее частоту и размер партии.
4. Производственные процессы изображаются слева направо в нижней части страницы в виде последовательности блоков.
5. Под каждым блоком процесса начертите информационный блок.
6. Укажите запасы комплектующих в процессе.
7. Укажите транспортные пути.
8. Добавьте потоки информации, используя блоки процессов и нужные стрелки.
9. Добавьте временную диаграмму с указанием общего времени производства заказа и временем добавления стоимости.

Карта движения продукта должна отображать временные характеристики:

– *время цикла* – время, затрачиваемое оператором на выполнение действий с продуктом, прежде чем повторить их, т. е. время, требуемое для выполнения одного операционного цикла; время цикла измеряется непосредственно при наблюдении за процессом;

– *время процесса* – время непосредственного изменения свойств продукта в процессе его производства;

– *время транспортировки* – время любого вида транспортировок (передвижения) продукта;

– *время нахождения в буфере* – время нахождения продукта в буфере;

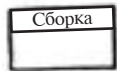
– *полное время производства* – включает в себя время переоборудования, наладки, настройки, ремонтов, транспортировок, время нахождения изделия (деталей) в буферах, зонах контроля качества; не включает в себя время перерывов;

– *время такта* – это временной показатель, характеризующий запросы потребителя продукции и синхронизирующий темп производства с темпом продаж, это норма спроса клиента. Время такта рассчитывается как отношение доступного рабочего времени к запросу потребителя.

Доступное рабочее время включает в себя время переоборудования, наладки, настройки, ремонтов, транспортировок, время нахождения изделия (деталей) в буферах, зонах контроля качества. Доступное рабочее время не включает в себя время перерывов.

На основе данных временных переменных определяют эффективность производства как отношение продолжительности продуктивной работы (process time) к полному времени производства (lead time).

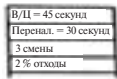
СИМВОЛЫ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА:



Производственный процесс
Один прямоугольник процесса эквивалентен определенной области потока. Все процессы должны иметь названия. То же верно для отделов, например, управления производством



Внешние источники
Описывает потребителей, поставщиков и внешние производственные процессы



Список параметров
Используется для регистрации информации, касающейся производственного процесса, отдела, потребителя и т. д.



Запасы
Указывает количество запасов и время хранения



Доставка грузовиком
Указывает частоту отгрузок



Движение материалов при выталкивании
Изделие производится и перемещается вперед прежде, чем понадобится следующему процессу, обычно при работе по графику



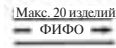
Перемещение готовых изделий к потребителю



Супермаркет
Управляемые запасы деталей, которые используются для планирования работы процесса выше по потоку



Изятие
Вытягивание материалов, обычно из супермаркета

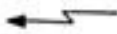


Передача управляемого количества материалов между процессами в последовательности «первый вошел – первый вышел».
Описывает схему, применяемую, чтобы ограничить количество и гарантировать очередь ФИФО потока материалов между процессами. Максимальное число изделий надо указывать

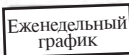
СИМВОЛЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА:



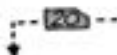
Информационный поток, осуществляемый вручную
Например, график производства или график отгрузки



Электронный информационный поток
Например, через локальную сеть или Интернет



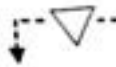
Информация
Описывает информационный поток



Канбан производства (пунктирная линия указывает путь канбан).
Один контейнер — один канбан. Карточка или устройство, которое указывает процессу, сколько и какой продукции надо произвести, и дает «зеленый свет» на выполнение этой работы



Канбан отбора
Карточка или устройство, которое инструктирует перевозчика материалов о том, какую деталь надо взять и перенести (например, из супермаркета в процесс-потребитель)



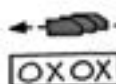
Сигнальный канбан
Один контейнер — один канбан. Когда достигнута определенная точка, сигнализирует о необходимости произвести новую партию продукции. Используется, когда процесс поставщика должен производить партии продукции, потому что на переналадку оборудования требуется время



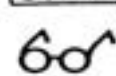
Мячик последовательного вытягивания
Дает указание немедленно приступить к производству заранее определенного типа и количества продукции, обычно одной единицы продукции. Вытягивающая система процессов производства сборочных узлов без использования супермаркета



Место сбора карточек канбан
Место, где карточки канбан накапливаются и хранятся



Прибытие партий канбан



Выравнивание загрузки. Корректировка планов на основе проверки уровней запасов



Регулирование графиков производства путем наблюдения. Корректировка планов на основе проверки уровней запасов

ОСТАЛЬНЫЕ СИМВОЛЫ:



«Взрывной» кайдзен
Указывает на необходимость улучшения выделенных участков, которые критичны для потоков создания ценности. Могут использоваться для кайдзен в цехах



Буферные или страховые запасы
Буферные или страховые запасы нужно обязательно указывать на карте



Оператор
Сотрудник (вид сверху)

Рис. 15. Стандарт графического представления информации на карте потока

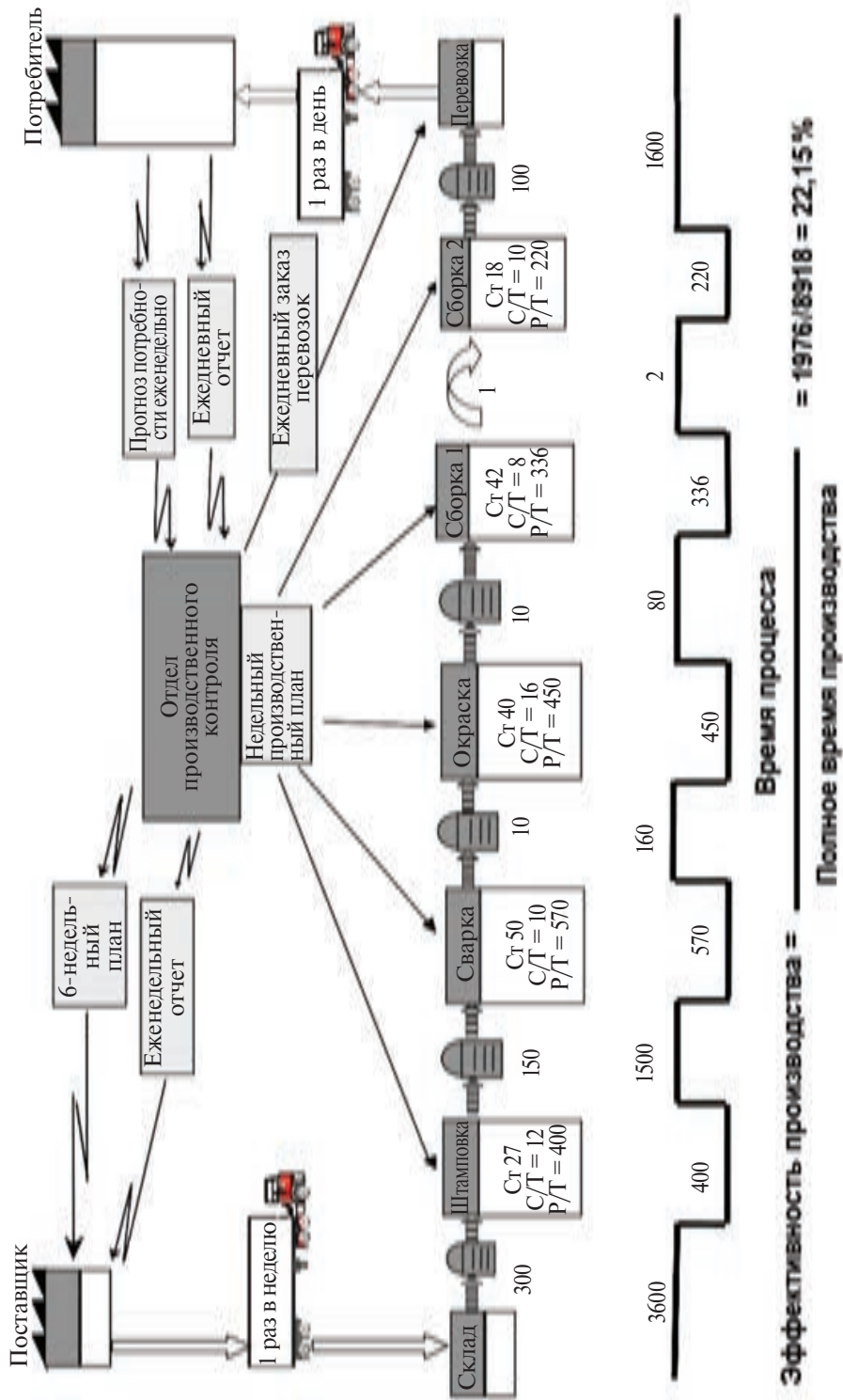


Рис. 16. Пример карты движения продукта

4.2. Кайдзен потока

Термин «кайдзен» появился в концепции БП с 1986 г.

Философия или практика кайдзен предполагает, что жизнь человека в целом и вся его деятельность должна быть ориентирована на постоянное улучшение. Усовершенствования в кайдзен незначительны и постепенны, требуют постоянных усилий, но через некоторое время после их внедрения дают существенные результаты.

Кайдзен (япон. *kai* – изменение, *zen* – к лучшему) – непрерывное совершенствование потока создания ценности в целом или отдельного процесса с целью увеличения ценности и уменьшения потерь. Существует два уровня кайдзен:

- уровень кайдзен системы или потока, ориентированный на поток создания ценности в целом (этим кайдзен занимаются менеджеры);
- уровень кайдзен процесса, ориентированный на отдельные процессы (этим кайдзен занимаются рабочие группы и их лидеры).

Цели кайдзен достигаются за счет:

- увеличения производительности;
- повышения качества продукта;
- улучшения логистики;
- сокращения ненужных и пустых расходов;
- обнаружения и устранения потерь, в том числе сокращения запасов;
- повышения годности и надежности производственных средств;
- увеличения мотивации сотрудников;
- сплочения команды;
- повышения ответственности работников;
- корпоративного стиля управления и формируемой организационной культуры;
- сглаживания иерархии;
- непрерывного повышения квалификации всех сотрудников.

Ключевые принципы кайдзен сформулированы американским ученым – практиком *Майклом Коленсо*:

- ориентируетесь на клиентов;
- вносите постоянные усовершенствования;
- открыто признавайте проблемы;
- содействуйте открытости;
- сформируйте рабочие группы;
- управляйте проектами на межфункциональной основе;
- стимулируйте процессы взаимной поддержки;
- развивайте самодисциплину;
- информируйте каждого работника;
- создавайте условия каждому работнику.

В *принципе ориентации на клиентов* рассматривается идея так называемого «внутреннего клиента», под которым понимают не внешнего клиента, купившего и использующего готовый продукт, а сотрудника организации, который в рамках

производственного процесса получит на свой производственный участок незавершенный продукт. Качество его работы будет зависеть от работы предыдущих сотрудников. Соответственно, любое производственное улучшение прямо или косвенно затронет многих сотрудников.

Принцип открытости предполагает, что непрерывное производство в каждый момент времени работы сопровождается появлением крупных и мелких проблем, либо незапланированных ситуаций. Если их наличие не замалчивается, то таким образом создается база для улучшения производства путем своевременного их решения и устранения.

Все выводы о проблеме должны основываться только на фактах. При принятии решений можно доверять только реальной информации, а не гипотезам и теориям.

Создаваемые рабочие группы должны отвечать за качество улучшаемых процессов. Они помогают членам коллектива почувствовать себя значимыми, дают мотивацию работать еще эффективнее, активизировать творческую деятельность.

Принцип управления проектами на межфункциональной основе предполагает, что любое усовершенствование должно быть согласовано между отдельными функциональными областями предприятия. С этим принципом взаимосвязаны принципы стимулирования процессов взаимной поддержки и создания условий каждому работнику.

Без соблюдения дисциплины невозможно следовать практике непрерывных улучшений в рабочих процессах, не сбиваясь на прежние, привычные условия их функционирования.

От намерений высшего руководства зависит как результат, так и вовлеченность персонала.

Философия кайдзен на предприятии ориентирована на человека. Важное значение имеет стиль управления, который применяет руководитель предприятия для стимулирования деятельности работающего и повышения его трудовой мотивации.

Дуглас Мак-Грегор и *Уильям Оучи* во второй половине XX в. рассматривали вопрос объединения запросов и стремлений организации и отдельного человека, получившего название теории Z, в которой использовал принципы японского менеджмента.

Задача руководителя – помочь коллективу и каждому работающему в отдельности увидеть смысл в работе. Необходимо создать такую среду, в которой сотрудники предприятия самостоятельно решали бы возникающие проблемы. Для этого руководители должны обеспечить возможность инициативы, движения информации снизу вверх, организовывать совместные обсуждения с сотрудниками возникших ситуаций и предложенных ими решений. Таким образом, роль управляющих – непрерывно поддерживать инициативу подчиненных (даже в том случае, если подчиненные не склонны ее проявлять) и направлять ее в нужную предпринятию сторону для поиска работниками самостоятельно либо в небольших группах того, что и каким образом может быть улучшено. При этом, так как стабильность и защищенность работников позитивно отражается на производительности их труда, одна из ключевых зон ответственности руководителей – благополучие работников.

Сравнение кайдзен и инноваций

Характеристика	Кайдзен	Инновации
Эффект	Долгосрочный, устойчивый, но не бросающийся в глаза	Краткосрочный, но впечатляющий
Темп	Медленный	Быстрый
Временной интервал	Постоянные, пошаговые изменения	Периодически, скачкообразно
Изменения	Постепенные и непрерывные (постоянные)	Резкие, приходящего характера
Участники	Все	Выделенная группа
Подход	Коллективизм, групповая работа, системный подход, процессный подход	Ярко выраженный индивидуализм, личные идеи и усилия
Образ действий	Поддержание и совершенствование	Сломать и построить заново
Движущая сила	Традиционная технология и рядовой современный технический уровень	Революционные технические решения, новые изобретения, новые теории
Практические требования	Требуется мало ресурсов, но значительные усилия сотрудников	Требуется крупных капиталовложений, но объем текущей работы незначительный
Ориентация на...	Людей и процессы	Технологию, технологическое оборудование
Критерии оценки	Оценивается процесс и стремление получить более высокие результаты	Результаты с точки зрения прибыли
Благоприятные условия внешней среды организации	Хорошо работает при медленном развитии экономики	Эффективны при стремительно развивающейся экономике

Критика теории Z сводится в основном к тому, что японизация производства невозможна в отрыве от социальных и политических аспектов, в частности от системы пожизненного найма, практикующейся в Японии, а также от общей культуры и обычаев этой страны.

Кайдзен как процесс постоянных улучшений приводит к постепенным, но стойким положительным эффектам. В этом отношении показательно его сравнение с внедрением инноваций в производство или сферу управления предприятием. Внедрение кайдзен не всегда требует новейшего технического оснащения и самых современных технологий. Важно использовать методы определения и устранения потерь (диаграмма Парето, диаграмма причин и результатов Исикавы, гистограмма, контрольные карты, диаграмма рассеивания, графики и контрольные листки). Часто достаточно просто здравого смысла. Инновации обычно предусматривают

внедрение самых совершенных технологий и требуют существенных капитальных вложений (инвестиций). Сравнение двух рассматриваемых путей повышения эффективности производства представлено в табл. 4.

При рассмотрении табл. 4 наглядно видны все различия этих подходов к организации бережливого производства. Инновация – это одномоментный акт, эффект от которого постепенно снижается из-за острой конкуренции и устаревания стандартов. Кайдзен же – постоянная работа с кумулятивным эффектом, направленная на неуклонный подъем. Если стандарты существуют лишь для того, чтобы поддерживать статус-кво, они не пересматриваются, пока уровень показателей остается приемлемым. Кайдзен же означает постоянные усилия, направленные не только на поддержание, но и на совершенствование стандартов.

4.3. Решение проблем на основе циклов PDCA и SDCA

Для разработки и внедрения усовершенствований в организации производства применяют метод построения и анализа циклов работ, основанный на разделении функции планирования и производства.

Цикл PDCA (*планируй–делай–проверяй–воздействуй*) понимается как процесс, в ходе которого появляются новые стандарты. Цикл PDCA называют еще *циклом Деминга–Шухарта*, по фамилиям ученых, впервые разработавших и применивших его в производстве.

В цикле PDCA выделяют стадии (рис. 17):



Рис. 17. Цикл PDCA

- P (plan/планируй) – разработка или коррекция плана создания нового стандарта;
- D (do/делай) – сам процесс создания нового стандарта;
- C (check/проверяй результат) – проверка результатов;
- A (act/воздействуй) – корректирующие действия, установка нового стандарта.

Первый этап цикла *P* предполагает, что должны быть установлены цели для усовершенствования производственного и/или сервисного процесса на предприятии и намечены планы действий для их достижения.

Включает следующие шаги:

1. Первичное восприятие проблемы и идеального состояния/стандарта.
2. Прояснение сути текущей проблемы и понимание различий между реальной ситуацией и стандартом.
3. Определение места, где возникает проблема. Приоритизация проблем в случае их множественного выявления. Установление целей.
4. Выявление и анализ первопричины проблемы.
5. Разработка и принятие контрмер для решения и устранения проблемы.

Второй этап *D* относится к реализации плана. Необходимо следовать плану и фиксировать отклонения.

Этап *C* относится к определению того, оставило ли внедрение след и привело ли к запланированному улучшению. Необходимо отслеживать результат и процесс.

Последний этап *A* относится к построению и стандартизации новых процедур, призванных предотвратить повторение первоначальной проблемы или установить цели для новых улучшений.

Цикл PDCA должен быть непрерывным процессом, должен постоянно возобновляться: как только происходит улучшение, результат процесса превращается в объект дальнейшего совершенствования.

Внедрение PDCA означает: «*никогда не удовлетворяться существующим положением вещей*». Поскольку люди предпочитают сохранять статус-кво и зачастую уклоняются от инициирования улучшений, менеджмент должен подталкивать их, постоянно устанавливая стимулирующие цели.

Под стандартом в методологии БП понимают наилучший, оптимальный способ выполнения работы/оказания услуги. Все улучшения должны обязательно пройти через процедуру обязательной стандартизации. Связано это в первую очередь с тем, что стандарт выполняет в какой-то степени «роль упора, который не дает шарик у улучшений скатиться вниз по лестнице» (рис. 18).

Перед тем как начать применение цикла PDCA, каждый текущий процесс надо стабилизировать с помощью цикла SDCA.

Цикл SDCA (стандартизуй–делай–проверяй–воздействуй) работает, постоянно ориентируясь только на производство (получив новые стандарты, внедряет эти стандарты в производственную деятельность – проводит требуемые изменения, далее осуществляет реальную деятельность, контролирует результаты производства и проводит требуемые корректирующие действия при отклонениях результатов).

Стандартизация

Цикл SDCA (стандартизируй—делай—проверяй—воздействуй)

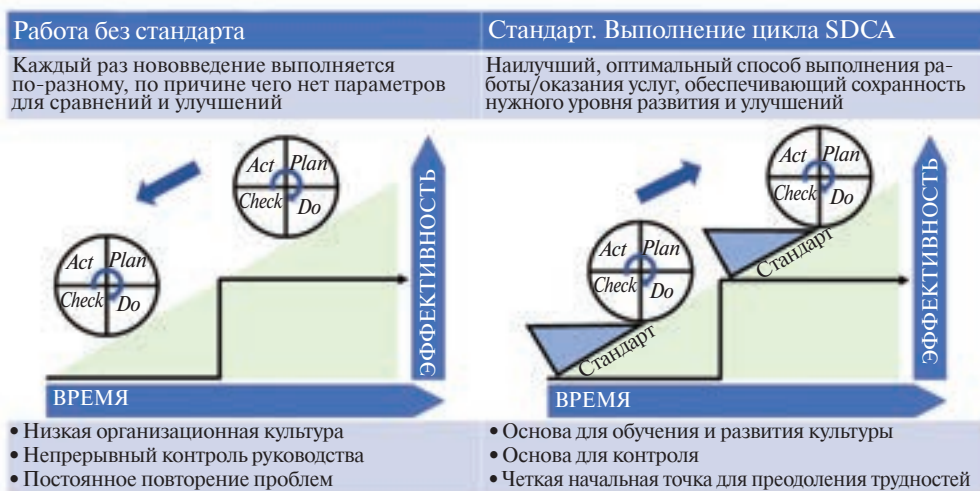


Рис. 18. Преимущества стандартизации процесса

Цикл SDCA имеет стадии:

- S (standardize/стандартизуй) – знание стандарта, внедрение нового стандарта;
- D (do/делай) – реальная производственная деятельность в соответствии со стандартом;
- C (check/проверяй) – анализ соответствия процессов и продукции стандартам;
- A (act/воздействуй) – корректирующее действие в зависимости от результатов.

Стадия *S* подтверждает имеющийся стандарт или внедряет новый стандарт. На стадии *D* цикла SDCA не ведутся процессы создания новых стандартов, ведется только их внедрение и производственная деятельность в соответствии со стандартами. На стадии же *D* ведется только деятельность по созданию новых стандартов, но нет производственной деятельности.

Всякий раз, когда в текущем процессе появляются отклонения, надо задать следующие вопросы:

- Это случилось, потому что у нас не было стандарта?
- Это случилось, потому что мы не следовали стандарту?
- Это случилось, потому что стандарт не был адекватным?

Только после того, как стандарт установлен, а его требования выполняются, можно перейти к использованию цикла PDCA.

Рассмотренные циклы работ могут действовать только совместно. SDCA используется для стабилизации и стандартизации ситуации, PDCA – для ее совершенствования, а вместе они становятся двумя эффективными инструментами менеджмента.

4.4. Алгоритм General 8 D

Любая организация в ходе осуществления своей деятельности сталкивается с необходимостью решать проблемы. Если процедура решения проблем сводится к устранению последствий проблемы, это значительно снижает эффективность проводимых мероприятий, поскольку причины возникновения проблемы не устраняются. В схожих обстоятельствах проблема будет повторяться.

Для повышения эффективности борьбы с проблемами необходима процедура, предусматривающая исследование причин возникновения проблем и разработку корректирующих действий, направленных на их устранение. Эффективным инструментом решения проблем и исключения причин их возникновения в мировой практике считается метод 8 D (*англ.* 8 D) (рис. 19).

В основу метода 8 D положен алгоритм из 8 основных этапов. Каждый этап включает в себя набор действий с определенными критериями. Выполнение всех действий в конечном итоге должно приводить к устранению всех значимых причин, способных вызвать возникновение решаемой проблемы.

Подготовительный этап (0-й шаг). На данном этапе определяется целесообразность применения метода 8 D для решения выявленной проблемы. В случаях когда проблема мала и последствия ее реализации не оказывают сколь значимого воздействия на результаты работы организации, а решение проблемы может быть осуществлено на уровне исполнителя (рабочий или специалист) – может быть принято решение об отсутствии необходимости в его использовании. Во всех остальных случаях применение метода 8 D считается актуальным.

Первый шаг – создать команду. Ответственный за реализацию 8 D формирует команду, которая в дальнейшем будет на практике реализовывать все этапы цикла. Рекомендуемая численность команды 7 человек (+/- 2). В команду должны быть включены специалисты и руководители, связанные с проблемой, но обладающие знаниями из разных сфер, соприкасающихся с проблемной областью. Наиболее эффективной считается команда, соответствующая принципу 5 М. Принцип 5 М является одним из элементов анализа и обычно используется при составлении диаграммы Исикавы, рассмотренной ранее.

Рекомендуется собирать команду не по должностному принципу, а исходя из личных характеристик работников (предпочтение должно отдаваться людям с наибольшей компетентностью и активной жизненной позицией).

Второй шаг – описать проблему. На данном этапе рабочая группа должна собрать максимальное количество информации по реализовавшейся проблеме:

1) характер проблемы (в чем она проявляется) и место ее возникновения (процесс, где возникла проблема, руководитель и участники процесса);

2) последствия от ее реализации (в чем измеряются, на кого оказывает влияние, тяжесть последствий для процессов организации, наличие влияния на внешних потребителей);

3) события, инициировавшие запуск проблемы (время и место возникновения проблемы; факторы, создающие предпосылки к возникновению проблемы;

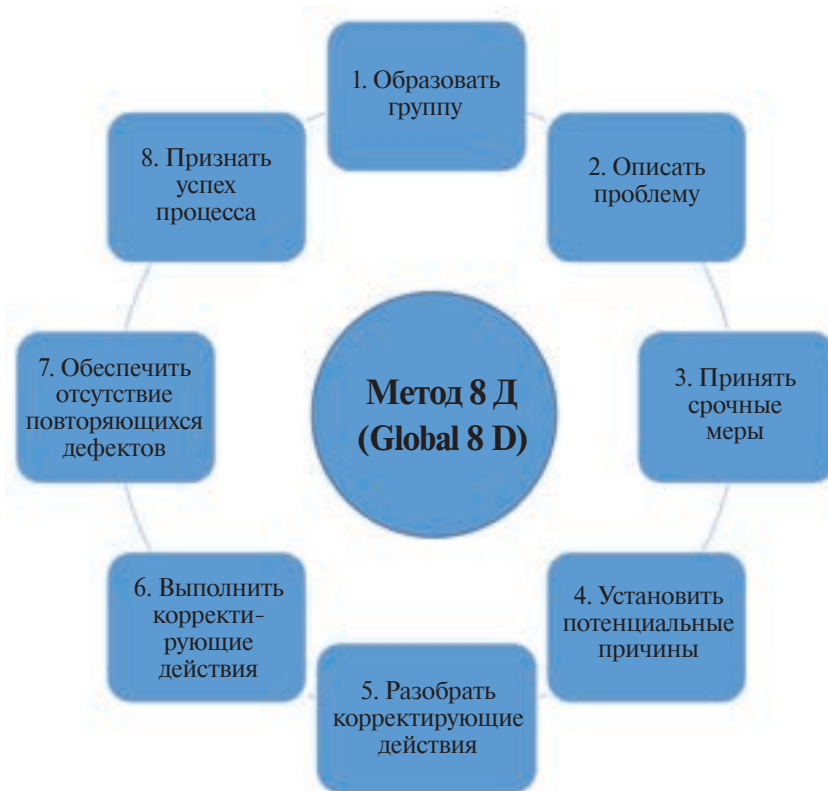


Рис. 19. Схема метода 8 Д

триггер, запускающий механизм реализации проблемы). Желательно, чтобы информация максимально опиралась на факты (полученные из объективных источников). Важно помнить, что от качества выполнения данной работы будет зависеть результат всех остальных этапов цикла 8 Д.

Третий шаг – принять срочные меры. Данный шаг предусматривает разработку временных мероприятий, направленных на ликвидацию проблемы и предупреждению ее повторного возникновения. Этот шаг единственный, который допускается пропускать. В случаях, когда событие уже реализовалось, негативный эффект уже получен, ликвидация последствий физически невозможна и его повторения в ближайшее время не ожидается, третий шаг можно пропустить.

Срочные меры направлены только на обеспечение результата и неэффективны (требуют дополнительных ресурсов). Их задача – не допустить повторения реализации проблемы (негативного события) до момента введения компенсирующих мер.

Четвертый шаг – установить потенциальные причины. Задача рабочей группы выявить и установить перечень причин, приводящих к возникновению проблемы. Рекомендуется использовать различные инструменты менеджмента: статистические методы, логические диаграммы, описание процессов, картирование

потока создания ценности, а также различные методы принятия решений (мозговой штурм, метод Дельфи, номинальные группы, карточки Кроуфорда, опрос экспертов). Выбор инструментов и методов анализа должен, в первую очередь, основываться на целесообразности их использования. Результатом выполнения данного шага должен стать перечень основных причин, вызывающих появление рассматриваемой проблемы, выделение наиболее вероятной причины возникновения конкретного исследуемого негативного события.

Пятый шаг – разработать корректирующие действия. Для причин, предопределивших возникновение проблемы, рабочая группа разрабатывает корректирующие действия. В состав корректирующих действий должны входить мероприятия, обеспечивающие полное исключение или уменьшение вероятности перехода причины в проблему.

В случае невозможности устранения причины должны быть разработаны меры контроля, позволяющие на ранней стадии прогнозировать потенциальную проблему и принимать все необходимые меры для обеспечения минимального воздействия проблемы на деятельность организации. По окончании данного этапа должен быть сформирован план работ с указанием конкретных мероприятий, ответственных исполнителей и сроки их выполнения.

Шестой шаг – выполнить корректирующие действия. Руководители и специалисты, указанные в качестве ответственных, организуют выполнение пунктов плана в соответствии с установленными сроками.

Проведение промежуточного контроля рекомендовано в случаях, когда выполнение мероприятий занимает продолжительное время, либо мероприятия имеют иерархическую структуру, или результаты одних мероприятий необходимы для выполнения других. Форма проведения контроля и периодичность устанавливается руководителем команды.

По итогам выполнения ответственный за мероприятие представляет группе отчет о проделанной работе и достигнутых результатах. В случаях, когда запланированный результат получен не был либо не оказал ожидаемого эффекта на причину/проблему, необходимо проводить корректировку существующих мероприятий или подготовку новых.

Конечная цель этапа – сформировать новые условия (как технические, так и организационные) ведения деятельности, исключая как проблему, так и причину ее возникновения.

Седьмой шаг – обеспечить отсутствие повторяющихся проблем (дефектов). По окончании выполнения плана корректирующих действий рабочей группе необходимо удостовериться в том, что причина проблемы была идентифицирована правильно, а выполненные мероприятия обеспечили отсутствие ее повторения. Это может быть сделано путем наблюдения за процессом и моделированием проблемной ситуации.

Если в рамках контроля будет установлено, что проблема в ее изначальном виде может реализоваться повторно, рабочей группе необходимо вернуться к четвертому шагу и провести всю работу заново, опираясь на информацию, полученную на седьмом шаге.

Восьмой шаг — признать успех процесса. Переход к последнему этапу метода 8 Д возможен после того, как все корректирующие и предупреждающие мероприятия будут выполнены, а их результативность будет подтверждена объективными свидетельствами. В рамках завершения цикла 8 Д должны быть подведены окончательные итоги работы, озвучены и зафиксированы конкретные результаты работы, а также поощрена рабочая группа (вид и форма поощрения определяются индивидуально, по усмотрению руководителя рабочей группы). Обязательным условием является сохранение материалов по всем этапам цикла 8 Д.

Контрольные вопросы

1. Опишите, что такое поток создания ценности.
2. К чему приводит трансформация выталкивающего производства в вытягивающее?
3. Что такое карта текущего состояния?
4. Что такое карта будущего состояния?
5. Опишите стандарт графического представления информации на карте потока.
6. Опишите философию постоянных усовершенствований (кайдзен).
7. Дайте характеристику циклам PDCA и SDCA.
8. Что такое алгоритм 8 Д?

Тема 5

УПРАВЛЕНИЕ АКТИВАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

5.1. Понятие «актив» и сопутствующие ему понятия

Активы предприятия являются одной из важнейших категорий менеджмента организации.

Деятельность любого предприятия основана прежде всего на его активах. Хозяйствующий субъект должен иметь в своем распоряжении реальное (функционирующее) имущество, представленное внеоборотными и оборотными активами. Первые представляют собой инструмент обращения вторых. Только при наличии и обращении активов можно говорить о начале функционирования предприятия.

С точки зрения бизнеса *активы* – это имущество, способное приносить доход. На предприятии это здания и сооружения, оборудование, автотранспорт, сырье на складах, деньги на счетах и многое другое.

Важную роль на предприятии играет именно оборудование, так как без него невозможно будет выпускать продукцию, изготавливать ее, поэтому правильная работа с оборудованием должна вызывать интерес предприятия, так как благодаря ему такие показатели, как производительность, доход, работоспособность, могут улучшиться или увеличиться.

Под активами понимается все имущество, которым обладает предприятие, в том числе вещественные (материальные), невещественные ценности, а также финансовые активы.

Для идентификации активов следует рассмотреть их отличительные особенности:

– непосредственно используются в процессе осуществления хозяйственной деятельности;

- формируются для конкретных целей деятельности;
- являются имущественными ценностями, имеющими стоимость;
- полностью контролируются предприятием;
- являются экономическим ресурсом, генерирующим доход;
- находятся в процессе постоянного оборота;
- их использование связано с фактором риска;
- зависимы от фактора ликвидности;
- представляют собой результат ранее осуществленных сделок, т. е. не находятся на стадии изготовления или доставки, а готовы к использованию в данный момент времени.

Понятие активов в экономической литературе часто отождествляется с такими категориями, как собственность, недвижимость, имущество, имущественный комплекс, экономические ресурсы, имущественные права, капитал, а также имущественный потенциал предприятия.

В российской практике понятие актива ассоциируется с бухгалтерским учетом, согласно стандартам которого все имущество предприятий отражается в той части баланса, которая и называется «актив» (в противовес «пассиву», отражающему источники поступления этого имущества). То есть по своей бухгалтерской сути актив – это часть бухгалтерского баланса, отражающая состав и стоимость имущества организации на определенную дату. Стоит отметить, что большая часть исследователей не акцентирует внимания на стоимостной составляющей при определении категории «активы». Однако активы хозяйствующих субъектов всегда имеют стоимостную оценку и, как правило, именно ею и выражаются.

Для понимания сущности активов приведем трактовки и определения ученых, исследовавших данную категорию, а также словари и стандарты финансовой отчетности, где есть упоминания об активах предприятия (табл. 5).

Словари дают узкие понятия активов предприятия. В частности, они не указывают на причину возникновения активов, на обязательность их использования в финансово-хозяйственной деятельности предприятия, а также на то, что они отражаются в денежном выражении в бухгалтерском балансе.

В российском законодательстве понятие активов не дается, хотя используется довольно часто, причем зачастую понятия «активы» и «имущество» тождественны. Близкое по смыслу к МСФО и GAAP США общее определение имущества сформулировано Концепцией бухгалтерского учета в рыночной экономике России (п. 7.2).

ГОСТ Р 55.0.03-2021 (разработанный на основе ИСО 55002:2018) определяет актив как то, что имеет потенциальную или реальную ценность для организации.

В настоящее время в экономической науке сложилось множество подходов к классификации активов предприятия, выделены различные признаки деления активов и соответствующие их виды. Рассмотрим основные признаки классификации, выделяемые большинством экономистов.

Анализ понятия «активы предприятия» из различных источников

№ п/п	Автор/источник	Определение «активов»
1	Словарь финансовых и банковских терминов	Имущество предприятия, состоящее из материальных, финансовых и невещественных активов
2	Юридический словарь современного гражданского права	Совокупность имущества, имущественных и неимущественных прав, принадлежащих физическому или юридическому лицу
3	Экономико-математический словарь	Хозяйственные средства, контроль над которыми организация получила в результате свершившихся фактов ее хозяйственной деятельности и которые должны принести ей экономические выгоды в будущем
4	Энциклопедический словарь-справочник	Хозяйственные средства, контроль над которыми организация получила в результате свершившихся фактов ее хозяйственной деятельности и которые должны принести ей экономические выгоды в будущем
5	Экономический словарь	Обладающее стоимостью имущество; реальные и финансовые активы, которые отражаются в балансе предприятия
6	Р. М. Нуриев	Средства, которые обеспечивают денежные поступления их владельцу в форме как прямых выплат (прибыль, дивиденды, рента и т. д.), так и скрытых выплат увеличения стоимости предприятия, недвижимости, акций и т. д.
7	Е. С. Денисенко	Имущество, являющееся собственностью организации или отдельного лица, имеющее денежное выражение, способное приносить доход и иные экономические выгоды, возникшие в результате прошлых событий
8	И. А. Бланк	Экономические ресурсы предприятия в форме совокупных имущественных ценностей, используемых в хозяйственной деятельности с целью получения прибыли
9	Ю. Н. Воробьев	Экономическая категория, характеризующая имеющиеся ресурсы предприятия, которые используются в финансово-хозяйственной деятельности для достижения поставленной цели и отражаются соответствующим образом в бухгалтерском балансе
10	МСФО	Ресурсы, контролируемые компанией в результате событий прошлых периодов, от которых предприятие ожидает получение экономической выгоды в будущем
11	Концепция бухгалтерского учета в рыночной экономике России	Хозяйственные средства, контроль над которыми организация получила в результате свершившихся фактов ее хозяйственной деятельности и которые должны принести ей экономические выгоды в будущем

Материальные, нематериальные и финансовые активы

По форме активы делятся на материальные, нематериальные и финансовые. *Материальные активы* – это физическое имущество: оборудование, топливо, мебель, здания, инструмент и так далее. Такое деление активов предприятия обусловлено временем участия различных видов активов в производственном процессе.

Нематериальные активы неосязаемы, но имеют стоимость и экономическую ценность. Это, например:

- патенты, торговые знаки, права на объекты интеллектуальной собственности;
- право на использование недр;
- лицензии и разрешения;
- формулы, программные продукты, технологии и другие подобные товарно-материальные ценности.

Финансовыми активами называют деньги и денежные эквиваленты, такие как депозиты на счетах в финансовых учреждениях, займы выданные, акции и облигации других организаций.

Фирма использует все виды имущества. В то же время роль нематериальной составляющей возросла из-за влияния информационных технологий и информации в целом на успешность бизнеса. Чем больше нематериальных активов использует компания, тем более высокотехнологичный продукт она производит.

Оборотные и внеоборотные активы

В зависимости от оборачиваемости и характера участия в бизнес-процессах активы делятся на оборотные и внеоборотные.

К первым относят виды имущества, которые полностью используются на протяжении одного производственного или коммерческого цикла. Яркий пример *оборотных активов* – сырье для производства, которое после переработки превращается в готовый и побочный продукт. К оборотным активам относят и деньги на счету компании, которые используются для выплаты заработной платы сотрудникам, покупки сырья и материалов, платежей по финансовым обязательствам и так далее.

Внеоборотные активы не изменяют форму и не являются расходным материалом. Они работают на протяжении нескольких производственных циклов, постепенно перенося стоимость на готовую продукцию. Наиболее значимой частью внеоборотных активов являются основные средства. Это имущество, которое долгое время обеспечивает производственный процесс (средства производства):

- здания и строения;
- автомобили и другая подвижная техника;
- производственное оборудование;

– дорогостоящий и используемый длительное время инструмент, инвентарь и тому подобное.

К внеоборотным относится и большинство нематериальных активов, долгосрочные займы (выданные), оборудование, переданное в аренду, ценные бумаги, депозиты и другие финансовые инструменты.

Полный перечень оборотных и внеоборотных активов описан в Приказе Минфина РФ от 06.07.1999 № 43н (ПБУ 4/99).

По состоянию внеоборотных активов можно судить об имущественном положении предприятия, по состоянию оборотных активов – о его ликвидности и платежеспособности.

Производственные и непроизводственные активы

Производственные (или операционные) – это активы, которые используются непосредственно для осуществления хозяйственной деятельности.

Если речь идет о промышленном предприятии, то часть имущества непосредственно участвует в производственном процессе. Это, к примеру, здание цеха, технологическая линия, оборудование, которое используют в производстве, топливо, сырье, инструменты и другие аналогичные ценности.

В то же время у такого предприятия есть административный корпус и обслуживающие подразделения. Все, что не принимает физического участия в производственном процессе, называют *непроизводственными активами*. К ним относятся офисная техника и мебель, легковые автомобили, имущество производственной столовой или прачечной.

Такое разделение активов используется для расчета прямых и косвенных затрат. Стоимость производственных ценностей легко перенести на готовую продукцию, поскольку они расходуются непосредственно в процессе изготовления. Для учета непроизводственных активов в себестоимости используются формулы для расчета косвенных затрат, которые затем переносятся на стоимость готовой продукции.

Собственные и привлеченные активы

В процессе работы компания может использовать как купленное имущество, так и арендованное. Активы, купленные на деньги предприятия, называются *собственными*. *Привлеченные активы* – это арендованное имущество и денежные займы, в том числе лизинг.

Привлеченные активы неразрывно связаны с обязательствами. Предприятию необходимо выплачивать кредиты и лизинговые платежи, вносить арендную плату и обслуживать долговые бумаги. Если говорить об аренде с последующим выкупом, то после того, как компания погасит обязательства перед арендодателем, имущество переходит из разряда привлеченных активов в собственные.

Другие виды активов

При оценке активы также разделяют в зависимости от ликвидности:

- абсолютно ликвидные (деньги);
- высоколиквидные (краткосрочная дебиторская задолженность и вклады с небольшим сроком возврата);
- среднеликвидные (готовая продукция, товары, дебиторская задолженность);
- слаболиквидные (финансовые инструменты с большим сроком погашения, некоторые виды нематериальных и внеоборотных активов);
- неликвидные (безнадежные дебиторские долги, брак, убыток).

Исходя из источников формирования, используют понятия «валовые активы» и «чистые активы». К *валовым* относят все виды имущества, независимо от того, на какие средства они куплены.

Чистые активы приобретены на личные не привлеченные средства компании. Чтобы рассчитать стоимость чистых активов, от общей суммы имущества предприятия отнимают сумму обязательств. Этот показатель характеризует финансовую независимость компании и рассчитывается по данным бухгалтерского баланса. Он отображает реальную сумму собственных средств организации.

Активы организации следует рассматривать *во взаимосвязи*. Каждый из них крайне важен. Во-первых, потому что иногда использование одних невозможно без наличия других. Во-вторых, потеря одних может поставить под угрозу другие.

Например, утечка информации ведет к финансовым потерям. Поломка оборудования – к простоям и, соответственно, к финансовым потерям. Потеря информации (например, если ее носители сгорели во время пожара) грозит потерей технологии, далее бизнес-процессов и прибыли.

Понимание классификации активов и их характеристик позволяет подробно и тщательно оценивать деятельность коммерческой организации в конкретных экономических показателях. На основании данных такого анализа принимаются управленческие решения, в том числе и относительно дальнейшего развития бизнеса.

Активы хозяйствующего субъекта, с одной стороны, – это имущество, обособленно принадлежащее хозяйствующему субъекту, с другой стороны, – это ресурс, который контролирует хозяйствующий субъект и который позволяет получать в будущем экономическую выгоду; при этом событие, послужившее возникновением права или контроля над получаемыми выгодами, уже произошло.

Таким образом, подводя итог вышесказанному, стоит отметить, что существуют различные точки зрения на понятие «активы», но в целом их можно определить как имущество, находящееся в распоряжении предприятия, выраженное в стоимостной форме, участвующее в воспроизводственном процессе, который ведет к созданию благ или услуг и позволяет получать экономическую выгоду.

5.2. Цели управления активами и процессы для достижения этих целей

Управление активами позволяет организации реализовывать экономический эффект от владения активами для достижения своих целей. Система управления активами используется организацией для руководства, координации и контроля всей деятельности по управлению активами.

Целью управления активами является капитализация их совокупной стоимости. Управление активами направлено на приращение стоимости имущества организации путем накопления капитала (капиталообразования).

Для достижения цели по капитализации совокупной стоимости активов организация решает следующие задачи:

- защита, секьюритизация и обеспечение безопасности активов;
- приращение и капитализация активов;
- обеспечение обновления активов;
- ускорение оборачиваемости активов;
- обеспечение необходимого объема, структуры и рентабельности активов;
- получение прибыли от использования активов.

Задачи, входящие в процесс управления активами, могут существенно отличаться в зависимости от специфики деятельности организации. В разные моменты времени для организации может приобретать наибольшее значение та или иная задача управления активами. Кроме того, одна и та же задача может представлять различную степень сложности в зависимости от особенностей организационного жизненного цикла и хозяйственной деятельности. Отраслевая принадлежность организации оказывает серьезное влияние на относительную важность того или иного вида активов.

Процесс управления активами представляет собой непрерывный анализ, прогнозирование, планирование и контроль над ресурсами организации. Процесс управления активами регулируется ГОСТ Р 55.0.03-2021.

ГОСТ Р 55.0.03-2021. Управление активами. Системы менеджмента. Руководство по применению ISO 55001

Стандарт разработан с учетом основных нормативных положений международного стандарта ИСО 55002:2018 «Управление активами. Системы менеджмента. Руководство по применению ИСО 55001» (ISO 55002:2018 «*Asset management – Management systems – Guidelines for the application of ISO 55001*», NEQ).

Стандарт представляет собой руководство по применению системы управления активами в соответствии с требованиями ИСО 55001. Может быть применен к любым типам активов и может использоваться организациями любого типа и размера.

Управление активами предполагает нахождение баланса между затратами, перспективами и рисками с одной стороны и обеспечением требуемой производительности активов с другой стороны для достижения целей организации. Нахождение баланса может осуществляться в течение различных временных периодов.

Основные принципы управления активами:

- ценность;
- согласованность;
- лидерство;
- гарантирование.

Цели управления активами, являющиеся составной частью плана (стратегического, тактического и оперативного) по управлению активами, обеспечивают необходимую связь между целями организации и планами по управлению активами, которые описывают, каким образом эти цели могут быть достигнуты. Цели управления активами трансформируют требуемые результаты (продукты и услуги) использования активов в деятельность, которая, как правило, описывается в планах по управлению активами.

Цели управления активами следует разработать таким образом, чтобы соответствовать потребностям организации. Цели управления активами могут разбиваться на отдельные подмножества целей (цели системы управления активами, цели портфеля активов, цели уровня системы активов или отдельного актива) и могут отличаться для различных функций, выполняемых для удовлетворения требований заинтересованных сторон. Организации следует учитывать информацию и данные из внешних и внутренних источников, включая подрядчиков, ключевых поставщиков, регулирующих организаций или других заинтересованных сторон.

Рекомендуется, чтобы цели управления активами были установленными, измеримыми, достижимыми, реалистичными и привязанными к определенному временному периоду (т. е. соответствовать принципам SMART). Они могут измеряться количественными (например, среднее время между отказами) и качественными (например, удовлетворенность потребителей) показателями.

Планирование достижения целей управления активами

Организации следует разработать планы по управлению активами для того, чтобы определить деятельность, которую необходимо осуществить, и ресурсы, необходимые для достижения целей управления активами и, следовательно, целей организации. Планы по управлению активами содержат руководящие указания и ожидаемые результаты для отдельных активов, портфелей, групп или классов активов.

Планы управления активами следует документально оформлять с учетом контекста организации и степени сложности подходов, используемых для управления активами. Существует общая практика, когда такие планы содержат обоснования деятельности по управлению активами, программ эксплуатации и технического обслуживания, капитальных инвестиций (остановочные ремонты, реновации, замены и модернизации), финансовые и ресурсные планы, в которых используются результаты анализа деятельности в предшествующие периоды.

Для некоторых организаций все планы могут быть включены в один документ, в то время как для других организаций целесообразнее иметь несколько

планов. Например, небольшой муниципалитет может разработать один план по управлению активами для всех своих активов, тогда как железнодорожная компания готовит множество планов для каждого класса активов (железнодорожные станции, пути, инфраструктура), или коммунальные предприятия могут разрабатывать отдельные планы для различных мест обслуживания.

Планы по управлению активами следует разрабатывать для определенного временного горизонта, присущего организации. Рекомендуется, чтобы временные горизонты соответствовали потребностям организации и учитывали период ответственности организации, а также срок жизни активов.

Целесообразно разработать первый план по управлению активами в качестве промежуточного (временного) документа как можно быстрее, основываясь на существующей информации. Он поможет организации понять сильные и слабые стороны текущих практик по управлению активами и определить приоритеты для разработки будущих планов. Это также поможет избежать выполнения амбициозных проектов по сбору данных до полного прояснения потребностей организации.

Для организации важно выделять ресурсы, которые определены планами по управлению активами как необходимые для достижения своих плановых целей. Разработка и утверждение планов по управлению активами является итеративным процессом, который включает в себя разрешение конфликтов между тем, что запланировано, и финансовыми возможностями организации. После того как рассчитана финансовая составляющая планов по управлению активами, необходимо установить связи между планами по управлению активами и финансовым планом организации, и решения относительно планов управления активами следует принимать совместно с выделением финансовых ресурсов.

Планы по управлению активами следует периодически анализировать для обеспечения их соответствия целям управления активами. В процессе планирования следует рассматривать решения, которые не требуют дополнительных активов для достижения целей организации (например, может оказаться более предпочтительным изменить спрос на продукцию или услуги путем изменения цены, чем инвестировать в новые активы или выполнять дополнительную деятельность по обслуживанию).

Необходимо регулярно выполнять оценку способности стратегического плана по управлению активами, поддерживать достижение целей управления активами. Это позволяет выявить существующие несоответствия и пробелы. Результаты такой оценки используются в качестве входных данных для проведения анализа руководством и процесса улучшения системы управления активами.

Организации следует предусматривать мониторинг, измерение, анализ и оценку, необходимые для применения и поддержки процесса принятия решений (ППР) по улучшающим действиям. Поэтому, когда решают, что измерять, как измерять, что анализировать и т. п., для организации важно понимать, какой тип поведения и деятельности необходимо применять для достижения

целей. Рекомендуется, чтобы цели управления активами были согласованы с целями организации и способствовали сотрудничеству с заинтересованными сторонами.

Мониторинг результатов управления активами организации, который основан на измерении степени достижения целей управления активами и, следовательно, целей организации, является важной составной частью системы управления активами. Отклонения результатов следует использовать в качестве входных данных для ревизии целей управления активами.

Цели управления активами следует регулярно анализировать высшим руководством. Результаты такого анализа используются в качестве входных данных для процесса постоянного улучшения.

В ходе разработки своих целей управления активами организации следует:

- анализировать риски, включая последствия потенциальных отказов: активов или деятельности по управлению активами, направленной на достижение целей управления активами. Анализируется каждый отдельный риск или их совокупность;

- анализировать важность активов по критериям получения планируемых результатов, целей и требований к продукции и услугам;

- контролировать применимость целей управления активами в процессе планирования управления активами.

Процесс ранжирования рисков позволяет определять, какие активы имеют существенный потенциал влияния на достижение целей управления активами, т. е. позволяет определить критичные активы.

5.3. Функция актива (технического объекта)

Создание и выпуск изделий на уровне лучших мировых образцов требуют углубленного изучения конструкции и структуры технических объектов, которые требуется усовершенствовать. При таком изучении в первую очередь необходимо понять и уточнить следующее:

- какую функцию выполняет каждый элемент технического объекта;

- как элементы функционально связаны между собой;

- какие физические операции (преобразования) выполняет каждый элемент и как они взаимосвязаны между собой;

- на основе каких физико-технических эффектов работает каждый элемент технического объекта и как они взаимосвязаны между собой.

При выяснении этих вопросов появляется четкое и цельное представление об устройстве технического объекта, который требуется усовершенствовать с функциональной и физической точек зрения. Без такого представления затруднительно заниматься поиском наиболее эффективного нового технического решения.

Техническим объектом (ТО) называется созданное человеком или автоматом реально существующее (существовавшее) устройство, предназначенное для удовлетворения определенной потребности. К ТО можно отнести отдельные машины, аппараты, приборы, здания, сооружения и т. п., устройства,

выполняющие определенную функцию (операцию) по преобразованию объектов живой и неживой природы, энергии или информационных сигналов. К ТО также относится любой из элементов (агрегат, блок, деталь), из которых состоят машины, аппараты и т. д., а также любой из комплексов взаимосвязанных машин, аппаратов, приборов. Это может быть технологическая линия, цех, завод и т. п.

Функция (потребность) – это общепринятое и краткое описание на естественном языке назначения ТО или цели его создания (существования). Различие между потребностью и функцией состоит в том, что понятие «потребность» всегда связано с человеком или автоматом, поставившим задачу реализации потребности и выполняющим проектирование соответствующего ТО и его изготовление. Понятие функции ТО всегда связано с ТО, реализующим эту потребность. Описания функции ТО и потребности тождественны.

Описание функции ТО должно включать следующую информацию:

– действие, производимое рассматриваемым ТО и приводящее к желаемому результату;

– объект (объекты), на который направлено это действие;

– особые условия и ограничения, при которых выполняется действие.

В целом описание функции необходимо формулировать конкретнее, короче и проще, не стремиться включать в него техническое задание на проектирование, которое кроме функции ТО включает еще список специальных требований.

5.4. Жизненный цикл актива (технического объекта)

Для оценивания экономической эффективности нового технического изделия используют не только показатель экономической эффективности, но и показатель стоимости жизненного цикла. Этот процесс включает в себя: затраты на создание, денежные потери при пользовании изделием (техническим объектом) и затраты на утилизацию.

То есть *стоимость жизненного цикла* – это сумма расходов до «окончания жизни» изделия.

Жизненный цикл – все процессы в жизни изделия: создание ТО, его эксплуатация, ремонт, поддержка и утилизация. Если часть какого-либо технического изделия подлежит модернизации или замене, то это является одним из процессов жизненного цикла этого изделия.

Главное для оценки стоимости жизненного цикла – это понимание хода действий, выполняющихся на всех его стадиях. А также нужно понимать, как все эти действия влияют на безотказность изделия, его безопасность, ремонтпригодность, технические характеристики и остальные характеристики, на которых основывается жизненный цикл ТО.

Основным объектом оценивания стоимости жизненного цикла изделия должно быть получение исходных данных для выработки решений, которые принимаются на всех или отдельно взятых этапах, периодах и стадиях жизненного цикла изделия.

Определенные стадии жизненного цикла, их состав или метод комбинирования выбирают, исходя из каждого отдельно взятого анализа. В основном общие затраты на всех стадиях жизненного цикла представляют собой затраты, связанные с приобретением, владением и утилизацией продукта.

Стоимость и приобретение продукта могут быть оценены к моменту принятия решения о его покупке. Эти расходы могут включать в себя стоимость установки, монтажа и ввода в эксплуатацию.

Расходы на поддержание работоспособности продукта обычно превышают стоимость его приобретения. Часто эти затраты сложно предсказать. Они могут включать или не включать стоимость установки и ввода в эксплуатацию.

Длительность жизненного цикла – промежуток времени между разработкой концепции изделия и выводом из обращения. К примеру, для железнодорожных подвижных составов продолжительность жизненного цикла обычно считается его сроком службы. Он определяется как полная календарная продолжительность эксплуатации подвижного состава до момента его исключения из основных средств ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»).

Жизненный цикл оборудования (ЖЦО) включает ряд этапов, начиная от зарождения идеи нового изделия до его утилизации по окончании срока использования. Основные этапы ЖЦО представлены на рис. 20. К ним относятся этапы: проектирование, технологическая подготовка производства оборудования (ТПП), собственно производство (в том числе сборка или строительство), ввод в эксплуатацию (установка и монтаж), эксплуатация, т. е. использование по назначению, включая операции по техническому обслуживанию и ремонту (наиболее продолжительная стадия), прекращение эксплуатации (демонтаж) и утилизация. В число этапов жизненного цикла могут также входить маркетинг, закупки материалов и комплектующих, предоставление услуг по обслуживанию, упаковка и хранение.

Рассмотрим содержание основных этапов ЖЦО для технического оборудования, которое является изделием машиностроения.

На этапе проектирования выполняются проектные процедуры – формирование принципиального решения, разработка геометрических моделей и чертежей, расчеты, моделирование процессов, оптимизация и т. п. На этапе подготовки производства разрабатываются маршрутная и операционная технологии изготовления деталей, реализуемые в программах для станков с числовым программным управлением (ЧПУ); технология сборки и монтажа изделий; технология контроля и испытаний.

На этапе производства осуществляются: оперативно-календарное планирование; приобретение материалов и комплектующих с их входным контролем; различные требуемые виды обработки; контроль результатов обработки; сборка; испытания и итоговый контроль.

На постпроизводственных этапах выполняются консервация, упаковка, транспортировка, монтаж у потребителя, эксплуатация, обслуживание, ремонт, утилизация.

Словарь русского языка определяет понятие «эксплуатация» (*фр.* exploitation) как систематическое использование (извлечение выгоды), применение



Рис. 20. Жизненный цикл оборудования

орудий и средств производства, механизмов и т. п. Эксплуатация оборудования включает, как правило, ввод в эксплуатацию, использование по назначению, хранение при эксплуатации, транспортирование при эксплуатации, техническое обслуживание и ремонт, прекращение эксплуатации, списание (передача, утилизация, уничтожение).

Монтаж (ввод в эксплуатацию) – установка оборудования или его составных частей на месте использования.

Демонтаж (вывод из эксплуатации) – удаление оборудования или его составных частей с места установки.

Модернизация (часть эксплуатации) – внесение изменений в оборудование, повышающих его безопасность, технический уровень и улучшающих экономические характеристики путем замены отдельных составных частей на более современные.

Реконструкция (часть эксплуатации) – изменение основных технических характеристик оборудования.

Ремонт (часть эксплуатации) — восстановление поврежденных, отработанных или ставших непригодными по любой причине составных частей оборудования.

Наладка (часть эксплуатации) — комплекс операций или операция по регулированию приборов и устройств безопасности, механизмов, электрооборудования, гидроустройств, грузоподъемных кранов и прочих машин, которые осуществляются с целью подготовки перечисленного оборудования к использованию по назначению и проводятся как собственником, так и специализированной организацией.

Технический осмотр (часть эксплуатации) — комплекс работ по контролю технического состояния, который осуществляется преимущественно с использованием органолептических методов и средств измерительной техники, номенклатура которых определена организационно-методическими документами, и испытанию оборудования (полное техническое освидетельствование) или только освидетельствованию (частичный технический осмотр), которые проводятся в срок, в случаях и в объеме, определенных нормативно-правовыми актами по охране труда, организационно-методическими и эксплуатационными документами.

На всех этапах жизненного цикла оборудования имеются свои целевые установки. При этом участники жизненного цикла стремятся достичь поставленных целей с максимальной эффективностью. На этапах проектирования, ТПП и производства нужно обеспечить выполнение требований, предъявляемых к производимому изделию, при заданной степени его надежности и минимизации материальных и временных затрат, что необходимо для достижения успеха в конкурентной борьбе в условиях рыночной экономики. Понятие эффективности охватывает не только снижение себестоимости продукции и сокращение сроков проектирования и производства, но и обеспечение удобства освоения и снижения затрат на будущую эксплуатацию изделий. Особую важность требования удобства эксплуатации имеют для сложной техники, например, в таких отраслях, как авиа- или автомобилестроение.

Достижение поставленных целей на современных предприятиях, выпускающих сложные технические изделия, оказывается невозможным без широкого использования автоматизированных систем (АС), основанных на применении компьютеров и предназначенных для создания, переработки и использования всей необходимой информации о свойствах изделий и сопровождающих процессов. Специфика задач, решаемых на различных этапах жизненного цикла изделий, обуславливает разнообразие применяемых АС.

На рис. 21 указаны основные типы АС с их привязкой к тем или иным этапам жизненного цикла изделий.

Автоматизация проектирования осуществляется САПР (система автоматизированного проектирования). В САПР машиностроения принято выделять системы функционального, конструкторского и технологического проектирования. Первые из них называют системами расчетов и инженерного анализа или системами CAE (computer aided engineering). Системы конструкторского проектирования называют системами CAD (computer aided design). Проектирование технологических процессов выполняется в автоматизированных системах

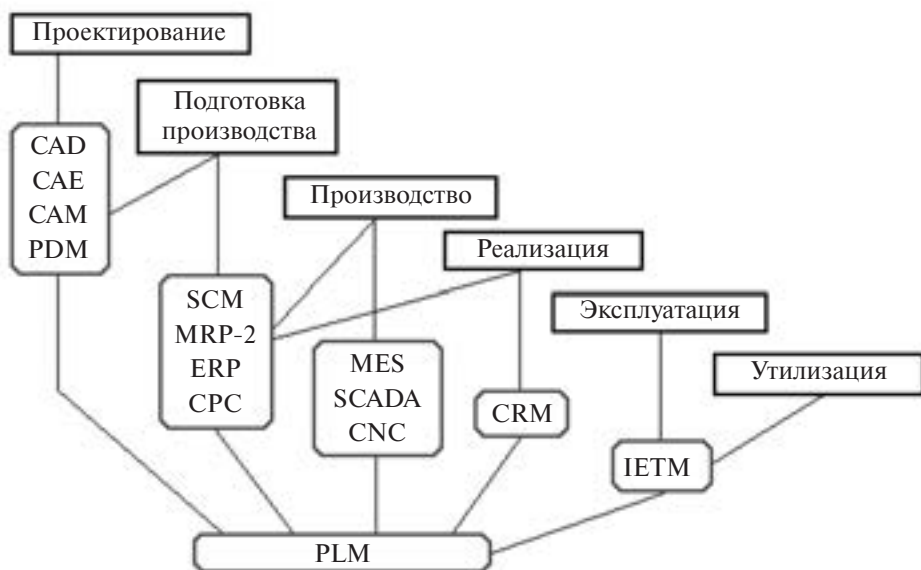


Рис. 21. Основные типы автоматизированных систем

технологической подготовки производства (АСТПП), входящих как составная часть в системы САМ (computer aided manufacturing).

Для решения проблем совместного функционирования компонентов САПР различного назначения, координации работы систем САЕ/САD/САМ, управления проектными данными и проектированием разрабатываются системы, получившие название систем управления проектными данными PDM (product data management). Системы PDM входят в состав модулей конкретной САПР либо имеют самостоятельное значение и могут работать совместно с разными САПР.

На большинстве этапов жизненного цикла, начиная с определения предприятий-поставщиков исходных материалов и компонентов и заканчивая реализацией продукции, требуются услуги системы управления цепочками поставок – SCM (supply chain management).

Цепь поставок – совокупность стадий увеличения добавленной стоимости продукции при ее движении от компаний-поставщиков к компаниям-потребителям. Управление цепью поставок подразумевает продвижение материального потока с минимальными издержками. При планировании производства система SCM управляет стратегией позиционирования продукции. Если время производственного цикла меньше времени ожидания заказчика на получение готовой продукции, то можно применять стратегию «изготовление на заказ». Иначе приходится использовать стратегию «изготовление на склад». При этом во время производственного цикла должно входить время на размещение и исполнение заказов на необходимые материалы и комплектующие на предприятиях-поставщиках.

В последнее время усилия многих компаний, производящих программно-аппаратные средства автоматизированных систем, направлены на создание систем электронного бизнеса (e-commerce). Задачи, решаемые системами e-commerce, сводятся не только к организации на сайтах Internet витрин товаров и услуг. Они объединяют в едином информационном пространстве запросы заказчиков и данные о возможностях множества организаций, специализирующихся на предоставлении различных услуг и выполнении тех или иных процедур и операций по проектированию, изготовлению, поставкам заказанных изделий. Проектирование непосредственно под заказ позволяет добиться наилучших параметров создаваемой продукции, а оптимальный выбор исполнителей и цепочек поставок ведет к минимизации времени и стоимости выполнения заказа. Координация работы многих предприятий-партнеров с использованием технологий Internet возлагается на системы e-commerce, называемые системами управления данными в интегрированном информационном пространстве СРС (collaborative product commerce).

Управление в промышленности, как и в любых сложных системах, имеет иерархическую структуру. В общей структуре управления выделяют несколько иерархических уровней, показанных на рис. 22. Автоматизация управления на различных уровнях реализуется с помощью автоматизированных систем управления (АСУ).



Рис. 22. Пирамида систем автоматизации в управлении оборудованием

Информационная поддержка этапа производства продукции осуществляется автоматизированными системами управления предприятием (АСУП) и автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУТП).

К АСУП относятся системы планирования и управления предприятием ERP (*англ.* enterprise resource planning), планирования производственных мощностей и требований к материалам и складским запасам MRP-2 (*англ.* manufacturing resource planning) и упомянутая выше система. Наиболее развитые системы ERP выполняют различные бизнес-функции, связанные с планированием производства, закупками, сбытом продукции, анализом перспектив маркетинга, управлением финансами, персоналом, складским хозяйством, учетом основных фондов и т. п. Системы MRP-2 ориентированы главным образом на бизнес-функции, непосредственно связанные с производством. В некоторых случаях системы SCM и MRP-2 входят как подсистемы в ERP, в последнее время их чаще рассматривают как самостоятельные системы.

Промежуточное положение между АСУП и АСУТП занимает производственная исполнительная система MES (manufacturing execution systems), предназначенная для решения оперативных задач управления проектированием, производством и маркетингом.

В состав АСУТП входит система SCADA (supervisory control and data acquisition), выполняющая диспетчерские функции (сбор и обработка данных о состоянии оборудования и технологических процессов) и помогающая разрабатывать программное обеспечение для встроенного оборудования. Для непосредственного программного управления технологическим оборудованием используют системы CNC (computer numerical control) на базе контроллеров (специализированных компьютеров, называемых промышленными), которые встроены в технологическое оборудование с ЧПУ. Системы CNC называют также встроенными компьютерными системами.

На этапе реализации продукции выполняются функции управления отношениями с заказчиками и покупателями, проводится анализ рыночной ситуации, определяются перспективы спроса на планируемые изделия. Эти функции возложены на систему CRM.

Функции обучения обслуживающего персонала выполняют интерактивные электронные технические руководства IETM (interactive electronic technical manuals). С их помощью выполняются диагностические операции, поиск отказавших компонентов, заказ дополнительных запасных деталей и некоторые другие операции на этапе эксплуатации систем.

Управление данными в едином информационном пространстве на протяжении всех этапов жизненного цикла оборудования возлагается на систему управления жизненным циклом продукции PLM (product lifecycle management). Характерная особенность PLM – обеспечение взаимодействия различных автоматизированных систем многих предприятий, т. е. технологии PLM (включая технологии CPC) являются основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют САПР, ERP, PDM, SCM, CRM и другие автоматизированные системы многих предприятий.

Управление оборудованием является одной из наиболее важных составляющих практически любой современной производственной системы. Важность вопросов управления оборудованием неоспорима, ведь бесперебойность работы оборудования, а также способность оборудования обеспечить необходимый объем продукции являются ключевыми показателями и критериями успешной работы предприятия.

Принято выделять шесть основных ключевых задач управления стоимостью жизненного цикла в рамках ведения изделия от разработки до утилизации: управление данными об оборудовании, управление жизненным циклом оборудования, программно-проектное управление, поддержка взаимодействия, управление качеством, соблюдение требований охраны природы.

Управление данными об оборудовании

Данные о продукте занимают значительную часть в общем объеме информации, используемой на протяжении жизненного цикла изделия. На основе этих данных решаются задачи производства, материально-технического снабжения, сбыта, эксплуатации и ремонта. Как видно из практики, даже частичное электронное представление сокращает сроки производства изделия в полтора раза и приводит к уменьшению затрат на 50–80 %. Согласно ключевому стандарту CALS-технологий (*англ.* continuous acquisition and life cycle support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий, или ИПИ) ГОСТ Р ИСО 10303 необходима гармонизация терминологии, типов, видов документов, форматов их электронного представления, протоколов работы с ними, средств защиты от несанкционированного доступа.

Управление жизненным циклом оборудования

PLM-решение помогает предприятиям при планировании, эксплуатации, техническом обслуживании и замене оборудования, обеспечивая им возможность достижения более высокого уровня контроля и точности работы оборудования. Управление жизненным циклом оборудования подразумевает целый ряд функций, направленных на улучшение работы в целом, обеспечение бесперебойного цикла производства и т. д.

Программно-проектное управление

Данная функциональная область предоставляет информацию для принятия стратегического решения по производимой продукции. Для эффективного управления проект должен быть хорошо структурирован – разбит на увязанные между собой пакеты работ, что позволяет контролировать бюджет изделия, планировать необходимые мощности, управлять коммуникационными потоками.

Поддержка взаимодействия

Увеличение эффективности разработки продукта позволяет значительно сократить его себестоимость и тем самым повысить конкурентоспособность. Тесная интеграция процессов проектирования, производства, сбыта и обслуживания повышает эффективность вывода нового продукта на рынок за счет обеспечения незамедлительной и непрерывной обратной связи на протяжении всех этапов разработки.

Управление качеством

Возросшая конкуренция привела к заметному ужесточению требований, предъявляемых потребителем к качеству продукции. Чтобы сохранить конкурентоспособность и вести экономическую деятельность без убытков, необходимо применять эффективные и результативные системы контроля качества на всех этапах жизненного цикла продукта. Этот аспект достаточно широк, он включает в себя маркетинг, проектирование и разработку технических условий, материально-техническое снабжение и закупку, разработку производственных процессов, собственно производство, контроль испытаний, сертификацию, монтаж, эксплуатацию, техобслуживание и утилизацию. PLM-системы помогают решать задачи такого рода с большим эффектом.

Соблюдение требований охраны природы

PLM-системы, помимо всего прочего, должны включать в себя компоненты, призванные снизить затраты, минимизировать риски и учесть требования регулирующего законодательства, что способствует сохранению положительной репутации компании в глазах общественности, расширяет возможности по повышению квалификации персонала за счет поддержки обмена информацией в рамках всей организации. Кроме того, применение таких приложений в системе PLM-решения значительно снижает время на заполнение бланков предписаний по технике безопасности.

5.5. Организация системы всеобщего ухода за оборудованием

Практически каждая стадия производственного процесса обеспечивается различным оборудованием — станками и механизмами, основная задача которых привнести в продукт некие новые качества, которые будут служить добавлению ценности продукта. Оборудование всегда и в любой ситуации должно быть готово к выпуску продукции именно в том объеме, который востребован потребителями на текущий момент.

Как определить, насколько имеющееся на предприятии оборудование загружено? Как определить, насколько эффективно оно используется? Очевидно, что если при текущем объеме производства оборудование простаивает половину рабочего времени, то увеличение объемов производства не требует покупки и внедрения новых единиц оборудования. Но если простое оборудования минимизированы, означает ли это необходимость введения в производство новых единиц оборудования в случае повышения объемов производства, или можно обойтись уже имеющимся оборудованием при условии повышения эффективности его использования.

На все эти вопросы можно найти ответ, используя показатель общей эффективности оборудования (*англ.* overall equipment effectiveness или ООЕ). Этот показатель позволяет учесть производительность оборудования, время фактической работы, а также процент изделий без дефектов. Учет этих параметров при расчете общей эффективности оборудования позволяет получить некий вполне объективный показатель, описывающий состояние оборудования и позволяющий

сделать правильные выводы о необходимых действиях, которые смогут повысить эффективность его использования.

Общая эффективность оборудования является основным показателем, используемым в системе всеобщего ухода за оборудованием (*англ.* total productive maintenance или ТРМ).

Квинтэссенция ТРМ – это разработка такого подхода к использованию оборудования, при котором становится возможным обеспечение его максимальной эффективности и увеличение срока его службы. Современная концепция бережливого производства построена именно на ТРМ, поскольку использование подобной методологии позволяет устранить потери, повысить эффективность операций и процессов.

Пионером в разработке и использовании ТРМ стала *Toyota*, компания, вкладывающая существенные объемы средств в оптимизацию как своего производства, так и производства своих поставщиков.

Внедрение методологии ТРМ ставит перед собой основную цель – сокращение и устранение различных потерь на производстве. Частными задачами при достижении этой цели служит обеспечение оптимальных условий эксплуатации оборудования, способность быстро восстановить его работоспособность в случае технических проблем. Помимо этого, система предусматривает улучшение функционирования комплексов оборудования, разработку схемы и принципов технического обслуживания оборудования и разработку стандартов эксплуатации.

Система ТРМ состоит из восьми ключевых элементов, которые способствуют стабильному протеканию производственного процесса на предприятии. Описание элементов системы ТРМ приведено в табл. 6.

Таким образом, система всеобщего ухода за оборудованием обеспечивает стабильность производственного процесса и позволяет использовать оборудование с максимальной эффективностью. Система также предотвращает ситуации, способные привести к потерям.

Подход ОЕЕ к наблюдению и управлению жизненным циклом оборудования был предложен в конце 60-х гг. XX в. *Сейичи Накадзимой* и начал применяться за пределами Японии только в конце 1980-х гг.

Общая эффективность оборудования – интегральный показатель, сочетающий три основных критерия эффективности:

– *готовность* или *доступность* (готовность оборудования рассчитывается как результат сравнения времени, в течение которого изготавливается продукт с номинальным временем выпуска изделия);

– *производительность* (производительность оборудования определяется путем сравнения текущей выработки производства с запланированной, номинальной выработкой за определенный период времени. Под номинальной выработкой понимается количество изделий данного типа, которое должно быть произведено на данном оборудовании за единицу времени);

– *качество* (качество определяется путем сравнения общего количества изделий, изготовленных за период времени и количества качественных изделий, то есть таких изделий, которые в полной мере отвечают требованиям потребителя).

Описание системы всеобщего ухода за оборудованием

№ п/п	Этап	Деятельность
1	Целенаправленное совершенствование как выполнения операций, так и функционирования оборудования	Необходимо производить постоянный мониторинг уровня потерь, связанных с неисправностью оборудования или некорректным выполнением операций. Необходимо также совершенствование функционирования оборудования, с целью устранения подобных потерь
2	Автономное обслуживание	Современное оборудование позволяет автоматически выполнять целый спектр операций, критически важных для обслуживания оборудования. Примером таких операций могут служить постоянная и автоматическая чистка оборудования, смазка, автоматическая диагностика оборудования. Все эти меры призваны обеспечить максимальную работоспособность оборудования
3	Плановое обслуживание	В данную категорию попадают все действия, необходимые для проведения планового и профилактического техобслуживания. Такого рода обслуживание позволяет обнаружить как существующие, так и потенциальные проблемы и неполадки в работе оборудования
4	Обеспечение качества	Соблюдение всех норм и правил эксплуатации оборудования позволяет избежать дефектов продукции и обеспечивает качество производимой продукции
5	Распределение оборудования	Оптимальное распределение оборудования в соответствии с номенклатурой и спецификой поставленных задач позволяет сократить производственный цикл. Такому сокращению также способствует установка нового оборудования там, где это необходимо и выпуск бездефектной продукции
6	Безопасность работы оборудования	Важность техники безопасности (ТБ) при эксплуатации оборудования неоспорима. Для обеспечения необходимого уровня безопасности необходимо обучение рабочих нормам и правилам ТБ и постоянный контроль за ее соблюдением. Внедрение средств визуального контроля и устройств, предотвращающих потенциально опасные ошибки, позволяет повысить общую безопасность производства
7	Закупка оборудования и обеспечение максимально возможного срока его службы	Постоянная модернизация и обновление парка оборудования позволяет расширить спектр выполняемых задач и повысить общую эффективность производства. Помимо закупки нового оборудования, особое внимание следует уделять средствам и методам технического обслуживания существующего оборудования, которое должно проводиться с учетом стадии жизненного цикла оборудования
8	Обучение и выработка необходимых навыков	Необходима методика обучения операторов оборудования с целью совершенствования их навыков. Сотрудники должны знать и понимать основы системы всеобщего ухода за оборудованием

Показатель ОЕЕ служит исключительно целям оценки эффективности оборудования, и, следовательно, производительность труда как таковая не принимается в расчет. Для правильного расчета общей эффективности оборудования необходим мониторинг работы одной конкретной единицы оборудования или мониторинг протекания производственного процесса. Цель расчета показателя общей эффективности оборудования – улучшение функционирования оборудования, что приводит к совершенствованию производственного процесса.

Оценка эффективности работы оборудования не является разовой операцией, это многоитерационный (постоянно повторяющийся) процесс, основанный на перманентном мониторинге работы оборудования. Такая методика наблюдения за работой оборудования и расчета показателей позволяет оценить эффективность в режиме реального времени и своевременно вносить коррективы в производство, позволяющие нивелировать отрицательную динамику эффективности.

Оценка показателей эффективности в режиме реального времени сочетается с еще одной концепцией системы всеобщего ухода за оборудованием – общедоступностью информации. В рамках этого подхода данные о текущей ситуации должны быть доступны всем сотрудникам предприятия, как непосредственно задействованным в производственном процессе, так и косвенно связанным с ним. Открытость информации позволяет каждому участнику процесса вносить свой вклад в улучшение функционирования оборудования и не только вовремя реагировать на снижение показателей, но и предотвращать потенциально проблематичные ситуации.

Расчет показателя готовности оборудования

Анализ готовности (*англ.* availability, или А) берет свое начало с общего рабочего времени (*англ.* plant operating time, или POT). Вторым важным компонентом для анализа является время, затраченное на запланированные остановки, так называемое время запланированных остановок (*англ.* planned shut down, или PSD). Время плановых остановок следует исключать из анализа эффективности, так как производство во время подобных плановых остановок невозможно. Разность этих характеристик называется планируемым производственным временем (*англ.* planned production time, PPT):

$$PPT = POT - PSD. \quad (5.1)$$

Критерий готовности анализирует потери на остановки (*англ.* down time loss, или DTL), которые включают в себя разнообразные временные затраты на внеплановые остановки, поломки, отказы оборудования, переналадки, остановки из-за несвоевременной поставки заготовок/материалов на производственную линию или простои из-за недостатка складского места для готовой продукции. Разность между планируемым производственным временем и временными потерями на остановки называется операционным временем (*англ.* operating time или OT). Этот параметр характеризует период, в течение которого оборудование работает фактически, и определяется по формуле

$$OT = PPT - DTL. \quad (5.2)$$

На рис. 23 показано соотношение общего рабочего времени оборудования, планируемого производственного времени и операционного времени. Также указаны возможные временные потери, возникающие на разных этапах.

Готовность оборудования определяется следующей формулой:

$$A = \frac{OT}{PPT}. \quad (5.3)$$

Расчет показателя производительности оборудования

Производительность оборудования (*англ.* performance efficiency, или P) рассчитывается как отношение текущей выработки оборудования (*англ.* actual speed, или AS) к запланированной, номинальной выработке оборудования (*англ.* theoretically possible/ideal speed, или IS) за определенный период времени:

$$P = \frac{AS}{IS}. \quad (5.4)$$

За период машинного времени данная единица оборудования может обработать определенное количество изделий при условии непрерывной работы с постоянной скоростью. Это идеальное количество изделий характеризует запланированную или номинальную выработку за данное машинное время. Однако на практике общая скорость работы оборудования снижается за счет возникновения кратковременных простоев, остановок оборудования. Такого рода простои носят общее название потерь в скорости (*англ.* speed loss, или SL), и включают в себя все возможные факторы, вызывающие снижение рабочей скорости по отношению к максимально возможной, расчетной. Рабочее время, оставшееся после учета потерь в скорости, называют чистым операционным временем (*англ.* net operating time, или NOT).

Фактическое количество обработанных изделий, текущая выработка, всегда оказывается ниже, чем запланированная номинальная. На рис. 24 показано соотношение между запланированной и текущей выработкой с учетом потерь в скорости.



Рис. 23. Соотношение рабочего времени, запланированных и незапланированных остановок



Рис. 24. Соотношение между запланированной и текущей выработкой

На практике часто используется запланированная выработка в единицу времени (идеальная норма производства, *англ.* ideal run rate, или IRR). Использование такого параметра вынуждает привести и текущую выработку к единицам времени. Таким образом, формула (5.4), приведенная выше, преобразуется в

$$P = \frac{TP / OT}{IRR}. \quad (5.5)$$

В формуле (5.5) параметр выпуск продукции (*англ.* total pieces, или TP) представляет собой фактическое количество единиц продукции, выпущенное за операционное время (OT).

Расчет показателя качества оборудования

Как упоминалось ранее, расчет качества (*англ.* quality rate, или Q) позволяет оценить отношение числа годных единиц продукции (*англ.* good product/pieces, или GP) к общему количеству произведенной продукции (TP):

$$Q = \frac{GP}{TP}. \quad (5.6)$$

В формуле (5.6) выпуск годной продукции представляет собой фактическое количество единиц удовлетворяющей требуемым характеристикам качества продукции, выпущенное за операционное время.

В идеальной ситуации, когда все произведенные изделия признаются качественными, значение характеристики равно единице. Однако в реальности, некая часть произведенных изделий содержит в себе дефекты, что приводит к необходимости отбраковки или переделки части готовой продукции. На рис. 25 показано соотношение выпуска продукции и выпуска годной продукции.

Несомненно, необходимо стремиться к минимизации количества продукции с дефектами (*англ.* production rejects, или PR), тем самым повышая долю качественных изделий в рамках неизменной текущей выработки и сокращая в том числе переделки или доработки дефектной продукции.

Критерий качества также учитывает временные потери, вызванные выпуском некачественной продукции. Рабочее время, оставшееся после учета этих потерь, называется чистым производительным временем (*англ.* fully productive

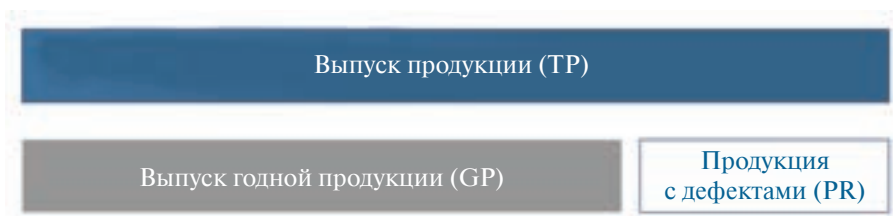


Рис. 25. Соотношение между текущей выработкой и количеством качественных изделий



Рис. 26. Соотношение временных характеристик эффективности оборудования

time, или FTP), а сами потери носят название потерь в качестве (*англ.* quality loss, или QL).

Таким образом, можно выразить чистое производственное время при помощи следующего ряда формул:

$$\begin{aligned} FTP &= NOT - QL = OT - SL - QL = PPT - DTL - SL - QL = \\ &= POT - PSD - DTL - SL - QL. \end{aligned} \quad (5.7)$$

Графически, соотношение временных характеристик эффективности оборудования может быть отражено на рис. 26.

Расчет показателя общей эффективности оборудования

Поскольку общая эффективность оборудования (ОЕЕ) является интегральным показателем, зависимым от трех описанных ранее элементов: готовности оборудования, производительности и качества, то результирующее значение рассчитывается как произведение этих трех показателей.

$$ОЕЕ = A \times P \times Q = \frac{OT}{PPT} \times \frac{TP/OT}{IRR} \times \frac{GP}{TP} 100 \%. \quad (5.8)$$

5.6. Управление общей эффективностью оборудования в рамках концепции бережливого производства

Измерение общей эффективности оборудования

Как упоминалось ранее, общая эффективность оборудования представляет собой интегральный показатель, рассчитываемый в зависимости от различных временных характеристик готовности оборудования, производительности и качества. Очевидно, что прямое измерение такого показателя невозможно, что означает необходимость измерения его составляющих. Наиболее простым и эффективным способом является измерение продолжительности различных простоев с последующей их классификацией. В сочетании с нормированными данными, такими как общее рабочее время, наличие измеренной продолжительности простоев позволяет выполнить расчет общей эффективности оборудования.

В общем случае различают и измеряют следующие шесть причин потери эффективности (*англ. six big losses*), указанные в табл. 7.

Впрочем, подобная классификация временных потерь не является абсолютной. Опыт и специфика различных предприятий позволяет привносить в эту базовую классификацию свои собственные особенности, свойственные данному конкретному типу производства или предприятию. Например, на механообрабатывающих предприятиях одним из важных типов простоев, относящихся к готовности оборудования, является необходимость замены инструмента. В то же время подобный простой абсолютно не характерен для электронного производства, в частности для поверхностного монтажа печатных плат, где понятие инструмента не применимо. Однако для такого производства специфичной потерей является необходимость замены устройств подачи электронных компонентов.

В случае мониторинга простоев, вызванных поломкой оборудования, измерение потерь времени предельно просто. Необходимо измерить временной промежуток от констатации поломки, то есть от момента остановки оборудования до момента введения оборудования в эксплуатацию после ремонта. При этом следует выделять и различать как время простоя неисправного оборудования до начала ремонта, так и время самого ремонта оборудования. Время наладки,

Таблица 7

Основные виды причин потери эффективности оборудования

Показатель общей эффективности оборудования	Готовность	Производительность	Качество
Категория причин потери эффективности	Простои	Низкая скорость обработки	Дефекты и потеря качества
Причина	Поломка оборудования	Кратковременная остановка оборудования	Брак и переделка при производстве продукции
	Переналадка или настройка оборудования	Снижение скорости обработки	Потери при запуске оборудования

подгонки оборудования определяется исходя из момента выпуска последней единицы предыдущего изделия до введения переналаженного оборудования в строй и выпуска первой доброкачественной единицы следующего изделия. Для более углубленного анализа причин длительности простоев при переналадке и улучшения ситуации следует различать время от окончания выпуска предыдущего изделия до начала переналадки (время ожидания) и собственно время переналадки до выпуска первой единицы следующего изделия. Иными словами, время простоев оборудования, вызванных неисправностью, ремонтом или переналадкой оборудования, включает в себя весь период неработоспособности оборудования, вплоть до момента изготовления первого качественного изделия. Именно изготовление качественного изделия по стандартной, немодифицированной технологии является признаком окончания простоя.

Одним из важных вопросов, возникающих в процессе измерения, является выбор участника процесса, ответственного за измерение простоев, а также выбор средств измерения и мониторинга. Наиболее удачным решением в области средств измерения и мониторинга будет внедрение на предприятии системы контроля временных затрат, которая будет сочетать в себе как возможность ручной регистрации и классификации простоя оператором оборудования, так и некий автоматический набор функций, который позволит получить данные о простоях непосредственно с оборудования.

Например, начало простоя (вне зависимости от его типа) может быть зарегистрировано автоматически. В ряде случаев, если автоматическая система управления оборудованием позволяет автоматически анализировать состояние оборудования, поломка какого-либо узла или механизма оборудования может быть тоже определена автоматически. Чтобы избежать излишней сложности подобной системы, а также добиться большей ее гибкости, оператор оборудования, или любой другой участник производственного процесса, должен иметь возможность классифицировать простой, а также отметить время его окончания. При этом активно может использоваться распределение обязанностей. Например, если оператор оборудования является наиболее подходящим персонажем для того, чтобы констатировать и регистрировать поломки оборудования, то уже ремонтник будет тем сотрудником, который отметит в системе как время начала ремонта, так и время его окончания. Время выпуска последней единицы продукции может быть автоматически зарегистрировано системой, а наладчик внесет в систему время начала процесса переналадки на новый тип продукции и время ее окончания.

Потери скорости, как правило, включают в себя кратковременные остановки оборудования, а также снижение скорости обработки относительно оптимальной. Для измерения потерь скорости необходимо измерить объем текущей выработки продукции, что вполне может быть произведено автоматически, например при помощи контактного датчика, регистрирующего выход готового изделия с данного оборудования. Текущую выработку следует сравнить с запланированной номинальной выработкой, которая задается при планировании производства. Такая запланированная номинальная выработка задается исходя

из той скорости оборудования, которая является оптимальной для данного типа изделий в соответствии со стандартами предприятия и спецификацией конкретного оборудования.

Дефекты (недостатки качества) измеряются в единицах продукции. При этом необходимо измерить текущую выработку продукции и сравнить ее с количеством изделий, успешно прошедших контроль качества. Как упоминалось ранее, измерение текущей выработки может производиться автоматически, путем регистрации выхода единицы продукции из рабочей зоны оборудования. Учет количества качественной продукции лежит в сфере отдела контроля качества, который может использовать различные технические средства, как автоматические, так и ручные, для регистрации каждой единицы качественной продукции. Впрочем, оптимальным будет обратный сценарий, при котором регистрируются не качественные, а отбракованные изделия. Если принять во внимание тот факт, что большая часть продукции должна соответствовать критериям качества, а количество брака должно быть минорным, то подобная регистрация будет более эффективной. Дополнительно возможна дифференциация дефектов с целью определения отбракованных изделий и изделий, которые нуждаются в дополнительной обработке. Подобный дополнительный анализ позволит лучше понять ситуацию в сфере качества продукции, которое является критичным показателем производства, изучить динамику и тренды, а также принять своевременные решения с целью улучшения качества и реализовать их.

Очевидно, что для постоянного мониторинга основных метрик эффективности необходима распределенная система для сбора, хранения данных, расчета необходимых показателей и их визуализации. Подобная система должна проводить перманентный мониторинг и расчет текущих показателей. Многие компании, внедрившие подобные системы, используют мониторы большого размера для отображения в удобной визуальной форме рассчитанных показателей. Как правило, такие мониторы располагаются непосредственно в рабочих помещениях рядом с оборудованием, что позволяет наблюдать за ситуацией любому участнику процесса. В дополнение к этому распределенность системы позволяет получить доступ к различным отчетам, которые позволяют получить выборку необходимой информации в соответствии с заданными критериями. Примером подобных отчетов могут служить отчеты о простоях или производительности оборудования за последние сутки, неделю, месяц. Также информативным будет отчет о качестве продукции, относящейся к конкретной партии. Подобная система мониторинга эффективности оборудования может быть как самостоятельной системой, так и частью общей системы управления предприятием (ERP).

Направления улучшения общей эффективности оборудования

Измерение показателей общей эффективности оборудования производится в динамике, что предоставляет возможность сравнения актуальных показателей с предыдущими. Подобное динамическое сравнение позволяет выявить тренд

изменения общей эффективности. Все эти действия служат единой цели улучшения функционирования оборудования, улучшения общей эффективности. Существует целый спектр средств и методов улучшения общей эффективности оборудования.

Мониторинг простоев позволяет выявить то оборудование, чьи поломки становятся все более регулярными и частыми, негативно влияя на общие показатели. Очевидно, что часто ломающийся и простаивающий станок нуждается в пристальном внимании и более глубоком анализе причин постоянных поломок. Возможны несколько сценариев для улучшения ситуации, таких как замена устарелого оборудования на более новое, которое обладает меньшим износом; капитальный ремонт оборудования с целью замены или глубокой модернизации проблематичных узлов и механизмов; пересмотр протокола и регулярности планового технического обслуживания данной единицы оборудования. Последняя мера может привести к увеличению запланированных остановок (*англ.* planned shut down, или PSD), что в целом будет скомпенсировано уменьшением временных затрат от поломок.

Раздельный учет времени простоя оборудования и времени ремонта оборудования позволяет выявить скорость реагирования сотрудников технического обслуживания оборудования, что, безусловно, можно решить организационными мерами. Сокращение сроков ремонта также решается организационными мерами (например, увеличением количества сотрудников) или обеспечением сотрудников новым, более высокопроизводительным, ремонтным оборудованием.

Превентивным средством для снижения общего числа поломок является делегирование части ответственности за оборудование сотрудникам, непосредственно занятым в производственном цикле. Именно эти сотрудники наиболее плотно контактируют с оборудованием, что приводит к углубленным знаниям оборудования. Делегирование таким сотрудникам базовых задач по мониторингу состояния оборудования (очистка оборудования, общий осмотр оборудования, контроль за уровнем смазки, контроль за соблюдением правил эксплуатации оборудования и др.) позволит снизить нагрузку на службу технического обслуживания оборудования и количество поломок, за счет своевременного информирования о потенциально критических ситуациях.

Уменьшение времени переналадки оборудования является одним из ключевых средств улучшения общей эффективности. Существует целый спектр способов снижения временных затрат на переналадку. Одним из наиболее действенных методов сокращения времени переналадки является метод быстрой переналадки SMED (*англ.* single minute exchange of dies), изначально предложенный и разработанной в компании *Toyota*. В рамках этого метода все действия по переналадке разделяются на внутренние и внешние. Внутренние операции наладки могут быть выполнены только при выключенном оборудовании, что вызывает остановку производственного процесса, в то время как внешние операции наладки не требуют отключения оборудования и могут выполняться без остановки производственного цикла. В рамках метода SMED необходимо разделить общий процесс наладки на цепочку внутренних и внешних операций,

что позволяет выполнить отдельные приготовления к процессу наладки предварительно, еще до того момента, как оборудование будет отключено. Помимо этого, при формировании цепочки внешних и внутренних операций необходимо стремиться к уменьшению числа внутренних операций и их продолжительности. Таким образом возможно существенное сокращение общего времени простоя из-за переналадки. Примером традиционных средств для сокращения времени переналадки для механообрабатывающего производства является переход к использованию станков с ЧПУ и универсальных станочных приспособлений. Использование подобного оборудования соответствует духу и букве концепции SMED. Наиболее трудоемкая часть подготовки станка с ЧПУ к переналадке, написание управляющей программы является классическим примером внешней операции, которая может быть выполнена до остановки оборудования. Использование универсальных станочных приспособлений с модульными элементами позволяют выполнить установку детали в приспособление за пределами рабочей зоны станка, что означает отсутствие необходимости остановки оборудования. При этом установка самого приспособления в станок (внутренняя операция) производится по упрощенной схеме с использованием стандартных зажимных устройств. Таким образом, большая часть операций по переналадке остается за скобками непосредственно оборудования и не создает помех производственному процессу.

Отдельной сферой являются системы бесперебойной подачи материалов к производственным линиям. Использование различных технологий (канбан, just-in-time и др.) позволяет свести практически к нулю простои, вызванные несвоевременной поставкой материалов к оборудованию.

Важным элементом общей эффективности оборудования является уровень качества. Выпуск некачественной продукции сам по себе несет в себе много негативных сторон. Это и излишний расход энергии и материалов на выпуск бракованной продукции. Это и временные затраты на выявление проблемы и на ее исправление, если это в принципе возможно. Потенциально поставленное потребителю бракованное изделие вредит также и репутации компании.

На многих предприятиях значительное внимание уделяется проверке качества готовой продукции. Такая мера позволяет создать барьер между бракованной продукцией и потребителем и предотвратить поставку бракованной продукции. Однако проверка готового изделия не устраняет дефекты, а лишь постфактум выявляет их. Основной концепцией современных систем управления качеством является постулат о том, что качество нельзя проинспектировать, его необходимо встроить в процесс производства. Основными элементами подобной системы качества являются средства предотвращения ошибок, ведущих к потере качества. Одним из примеров внедрения подобных средств являются методы верификации электронных компонентов при автоматическом поверхностном монтаже печатных плат. Каждый электронный компонент, участвующий в производственном процессе, непрерывно отслеживается системой и верифицируется при каждой стадии производства. Иными словами, каждый раз, прежде чем разрешить работы с каким-либо компонентом, система задается вопросом правильности

компонента и проводит необходимую проверку. Дальнейшие манипуляции с компонентом разрешаются тогда и только тогда, когда система убедилась в правильности компонента, то есть верификация проведена успешно. Дополнительным средством избегания потерь качества является постоянный контроль продукции после каждой операции непосредственно возле источника, то есть возле оборудования. Своевременное выявление конкретного дефекта на конкретной единице продукции позволяет вовремя провести отбраковку изделия, избегая дополнительных затрат на окончание производственного цикла. Помимо этого, подобный контроль позволяет вовремя внести коррективы в работу оборудования, в его настройку, чтобы устранить причину появления брака.

Контрольные вопросы

1. Определение понятия «активы», классификация активов.
2. Какие функции актива и связанные с ними стандарты производительности существуют на современном производстве?
3. Опишите этапы жизненного цикла оборудования.
4. Цели управления активами и процессы для достижения этих целей.
5. Оценка общей эффективности оборудования.

Тема 6

ВСЕОБЩЕЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО ЗАДАЧИ

6.1. История возникновения и принципы всеобщего обслуживания оборудования

Это направление менеджмента производственного оборудования, которое нацелено на повышение эффективности технического обслуживания.

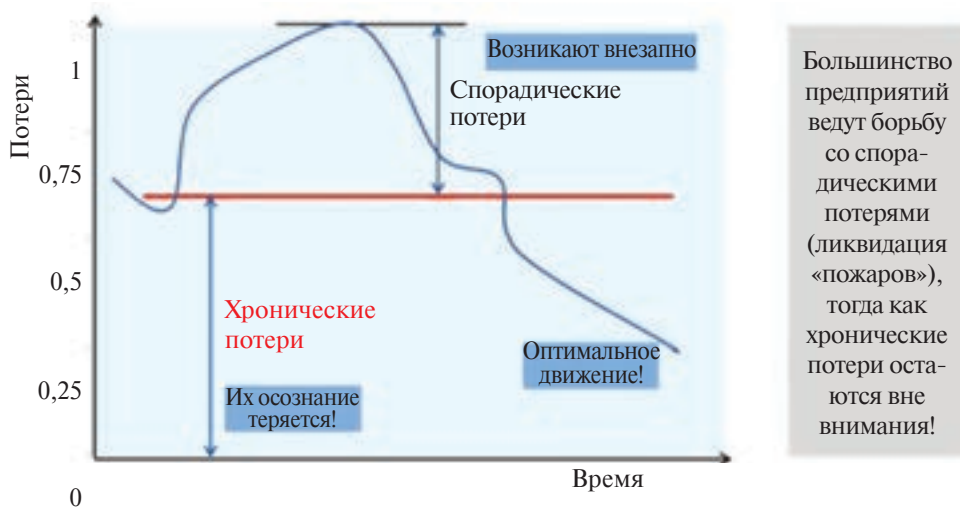
Всеобщее обслуживание оборудования (*англ.* total productive maintenance, или ТРМ; всеобщий уход за оборудованием; всеобщее техническое обслуживание) – один из инструментов бережливого производства, применение которого позволяет улучшить производительность оборудования посредством технического обслуживания, направленного на предотвращение сбоев в его работе. Для устранения простоев и дефектов ТРМ требует участия всех уровней управления. Основной акцент должен быть сделан на работу по предотвращению проблем, осуществляемую производственным и ремонтным персоналом.

Всеобщее обслуживание оборудования основывается на систематическом устранении всех источников потерь, работе по принципу бездефектного производства, системе плано-предупредительного ремонта, а также на непрерывном улучшении процессов технического обслуживания.

В системе всеобщего ухода за оборудованием речь идет не об исключительной проблеме содержания в исправности оборудования, а 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.

Обоснование для включения всеобщего ухода за оборудованием в философию бережливого производства представлено на рис. 27.

ТРМ говорит о необходимости эффективного ухода за оборудованием в течение всего срока его службы, о включении в процесс каждого работника



Источник: <https://up-pro.ru/encyclopedia/total-productive-maintenance/>.

Рис. 27. Включение ТРМ в решение проблем предотвращения потерь

и отделов с помощью привлечения отдельных операторов к техническому обслуживанию и, конечно же, об определенных обязанностях руководителя предприятия.

Повышение эффективности оборудования может быть достигнуто за счет:

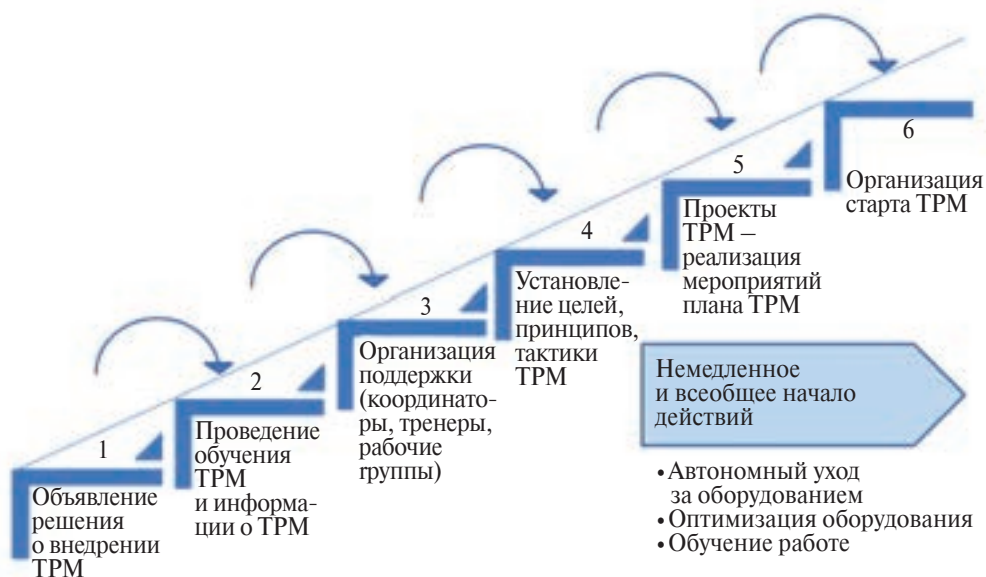
- сведения к нулю 8 видов потерь, в т. ч. устранения потерь, связанных с дефектами и браком;
- вовлечения персонала в процесс обслуживания и ремонта оборудования (передача части функций по обслуживанию от ремонтников операторам и наладчикам оборудования);
- уменьшения издержек за весь срок службы оборудования.

Внедрение метода всеобщего ухода за оборудованием в ТРМ описывается последовательностью, представленной на рис. 28.

Целью внедрения ТРМ является устранение хронических потерь следующего вида:

- 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 ТРМ борется против шести видов больших потерь, связанных с оборудованием (см. табл. 7). Если рассматривать управление техническим обслуживанием оборудования шире, то эффект от него в масштабах предприятия следующий: повышает эффективность работы станков и другого оборудования, повышает производительность цеха, снижает себестоимость производства, повышает качество продукции.



Источник: <https://up-pro.ru/encyclopedia/total-productive-maintenance/>.

Рис. 28. Внедрение метода всеобщего ухода за оборудованием

Концепция ТРМ разработана в Японии в конце 60-х – начале 70-х гг. XX в. в фирме *Nippon Denso*, поставщике электрооборудования для корпорации *Toyota*, во взаимосвязи с формированием производственной системы *Toyota* (TPS). В начале 90-х гг. XX в. ТРМ в разных вариантах внедрялась на предприятиях всего мира. Известно утверждение Т. Оно, основателя TPS: «Силы *Toyota* приходят не благодаря излечению процессов, а благодаря предупредительному техническому обслуживанию оборудования».

По смыслу термин можно перевести так – обслуживание оборудования, позволяющее обеспечить его наивысшую эффективность на протяжении всего жизненного цикла с участием всего персонала в этом процессе. Каждая буква в акрониме ТРМ мала, но важна. *Total* подразумевает всеобъемлющий взгляд на все виды деятельности, связанные с эксплуатацией оборудования, и влияние каждого на доступность. *Productive* относится к конечной цели усилий – эффективное производство, а не просто эффективная эксплуатация, как зачастую ошибочно предполагается. *Maintenance* означает прямую направленность программы на обеспечение надежных процессов и обслуживание продукции.

Согласно этой концепции, ставку необходимо делать не на контроль качества извне, а на создание высокого качества непосредственно в процессе работы. Одним из естественных этапов реализации этого подхода стало появление кружков качества. В кружки качества должен быть вовлечен весь персонал. В результате автоматизации производства в компании *Nippon Denso*, производившей автомобильное электрооборудование, возникла проблема эффективного использования

сложного оборудования. Найти решение удалось с помощью двух основных идей. Во-первых, операторам было вменено в обязанность не только использовать оборудование, но и осуществлять его текущее обслуживание. Во-вторых, на основе кружков качества была создана система поддержания в нормальном состоянии всего оборудования компании ее персоналом.

В 1971 г. компания *Nippon Denso* стала первым лауреатом премии ТРМ в Японии. С этого момента поощрение предприятий, добившихся наибольших успехов во внедрении ТРМ, стало в Японии ежегодным. В 1991 г. лауреатами премии ТРМ впервые стали иностранные компании.

Только в 1989 г. было сформулировано первое устоявшееся содержание ТРМ:

1. Целью ТРМ является создание такого предприятия, которое постоянно стремится к предельному и комплексному повышению эффективности производственной системы.

2. Средством достижения цели служит создание механизма, который ориентирован на предотвращение всех видов потерь («нуль несчастных случаев», «нуль поломок», «нуль брака») на протяжении всего жизненного цикла производственной системы.

3. Для достижения цели привлекаются абсолютно все подразделения: конструкторские, коммерческие, управленческие, но прежде всего – производственные.

4. Способствует достижению цели весь персонал – от руководителя до обычного работника.

5. Стремление к достижению «нуля потерь» реализуется в рамках деятельности иерархически связанных малых групп, в которые объединены все работники.

Принципы ТРМ:

– непрерывное улучшение, направленное на практику предотвращения 6 причин потери общей эффективности оборудования;

– автономное содержание в исправности: оператор оборудования должен самостоятельно проводить работы по чистке, осмотру, незначительные работы по техническому обслуживанию, а также смазочные работы;

– планирование технического обслуживания (обеспечение 100 % готовности оборудования, а также проведение мероприятий кайдзен 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 преобразования аварий на предприятии в нуль).

Автономное содержание в исправности — важнейший принцип системы ТРМ. Его цель минимизировать потери эффективности, которые возникают из-за отказов устройств, коротких остановок, брака и т. д. 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. Вследствие этого сотрудники отдела главного механика освобождаются, с одной стороны, от текущей рутинной деятельности, так что они получают больше времени для разработки и проведения мер по улучшению; с другой стороны, теперь оборудование (устройство) может обеспечиваться необходимым техническим обслуживанием, которое ранее не могло выполняться вообще или своевременно из-за отсутствия надлежащих ресурсов.

Автономное обслуживание означает, что на операторах лежит ответственность за повседневный уход за оборудованием — чистка, смазка и проверка. Операторы относятся к станкам, как к своим собственным; они лучше разбираются в оборудовании, которое остается всегда чистым и смазанным. Проблемы вовремя обнаруживаются, а сервисный персонал занимается более сложными задачами.

Плановое обслуживание. Оборудование обслуживается по графику, который составляется на основе прогнозируемого или расчетного показателя отказов. Меньше внеплановых простоев, оборудование обслуживается во время планового простоя, на складе хранится меньше запасных частей, т. к. быстроизнашивающиеся и часто ломающиеся детали всегда на контроле.

Качественное обслуживание. Выявление и предупреждение ошибок встраивается в производственный процесс. Повторяющиеся причины дефектов устраняются с помощью анализа коренных причин. Проблемы качества решаются устранением коренных причин дефектов. Снижение затрат достигается благодаря раннему выявлению дефектов.

Непрерывное улучшение — кайдзен. Малые группы сотрудников проактивно работают вместе, чтобы добиться регулярного постепенного улучшения работы оборудования. Повторяющиеся проблемы быстро выявляются и решаются кросс-функциональными командами. Потенциал сотрудников компании работает как единый двигатель постоянного улучшения.

Раннее управление оборудованием. Знания и опыт, полученные при ТРМ существующего оборудования, используются при разработке нового оборудования, которое быстро достигает плановых показателей производительности из-за меньшего числа проблем при запуске. Обслуживание нового оборудования становится проще и надежнее.

Обучение сотрудников. Проводятся тренинги и семинары для операторов, сервисного персонала и линейных менеджеров, чтобы заполнить пробелы в знаниях, необходимых для достижения целей ТРМ. Операторы развивают навык ежедневного ухода за оборудованием и выявления неисправностей. Сервисный персонал изучает техники проактивного и предупреждающего обслуживания. Менеджеры обучаются принципам ТРМ, коучингу и развитию персонала.

Безопасность, здоровье, окружающая среда. На производстве создается безопасная и здоровая рабочая среда. Ликвидируются риски для здоровья и безопасности работников. На рабочих местах отсутствуют аварии.

ТРМ в офисах. Техники ТРМ применяются к административным функциям. Потери в административных функциях устраняются, производство поддерживается через улучшенную работу административного персонала.

6.2. Методология всеобщего обслуживания оборудования – основа минимально достаточного производства и современного подхода к управлению эффективностью оборудования

Внедрение методики ТРМ в рамках концепции бережливого производства позволяет без существенных затрат повысить эффективность использования оборудования путем выявления и устранения на нем:

- производственных потерь;
- технических потерь;
- потерь качества.

Кроме того, методика ТРМ предусматривает внедрение системы поддержания на достигнутом уровне полученных результатов.

Внедрение инструмента ТРМ должно проводиться на предприятии в целом, нецелесообразно внедрять этот инструмент на отдельных рабочих местах. В общем случае порядок внедрения может быть следующим:

1. Высшее руководство должно принять решение о внедрении инструмента ТРМ в производственных подразделениях предприятия, для этого необходимо создать рабочий орган по внедрению ТРМ при генеральном директоре, например Совет по ТРМ (СТРМ). В обязанности СТРМ должны входить разработка, внедрение и развитие инструмента ТРМ на предприятии. Решение о внедрении инструмента ТРМ, состав СТРМ и его обязанности должны быть утверждены приказом генерального директора.

2. СТРМ определяет стратегию внедрения ТРМ и разрабатывает План мероприятий по внедрению инструмента на предприятии, в котором устанавливаются этапы внедрения ТРМ, сроки выполнения этапов и ответственные за внедрение. Стратегия разрабатывается на год и должна содержать цель внедрения ТРМ с конкретными показателями ее достижения. Кроме того, в стратегии должны быть указаны конкретные единицы оборудования с разбивкой по неделям начала и неделям завершения внедрения ТРМ на оборудовании, а также руководители, ответственные за достижение установленных показателей. Стратегия и План мероприятий утверждаются приказом генерального директора.

3. Руководители подразделений на основании Плана мероприятий, утвержденного приказом генерального директора, разрабатывают мероприятия по внедрению ТРМ в подразделении. В подразделении должны быть созданы рабочие группы по внедрению ТРМ. В них должны входить специалисты тех участков подразделения, где будет внедряться ТРМ, и специалисты смежных подразделений, которые могут потребоваться при внедрении, например

ремонтники, электрики, технологи и т. п. В рабочей группе нужно назначить лидера группы. Лидером может быть один из линейных руководителей участка (мастер участка, начальник цеха), ранее уже обученный концепции бережливого производства и методике ТРМ и участвовавший в проведении работ по применению методики на предприятии в роли лидера или члена группы. В рабочие группы также необходимо включить консультанта – специалиста, обученного концепции бережливого производства и методике ТРМ и участвовавшего в проведении работ по применению методики на предприятии в роли лидера или консультанта.

4. Руководители подразделений должны определить конкретные участки и рабочие места для внедрения ТРМ, закрепить за ними рабочие группы, наметить сроки проведения работ и ответственных за внедрение ТРМ на рабочих местах.

5. Руководители подразделений организуют с помощью рабочих групп внедрение ТРМ на рабочих местах и анализируют результаты работы по внедрению.

Руководитель подразделения обеспечивает рабочую группу помещением для сбора и обсуждения плана действий группы ТРМ, а также необходимыми канцелярскими принадлежностями, оргтехникой, инструментами и материалами для чистки оборудования, спецодеждой и средствами индивидуальной защиты.

Члены рабочей группы должны быть обучены методике внедрения ТРМ до начала проведения активных физических изменений в соответствии с утвержденной программой обучения инструменту ТРМ в учебном классе отдела обучения персонала предприятия либо непосредственно в подразделении специалистом, имеющим статус «консультант» по инструменту ТРМ.

Члены группы ТРМ определяют на рабочем месте оператора место для размещения необходимой для работы документации. Функции лидера группы ТРМ:

- определение регламента работы группы по согласованию с консультантом и организация его соблюдения;

- распределение обязанностей между членами группы, работ по внедрению методики ТРМ, работ по выполнению методических указаний консультанта, непосредственное руководство работой членов группы по внедрению методики;

- формирование, согласование и утверждение на необходимом уровне плана мероприятий для достижения целей работ по внедрению методики;

- оформление отчета по итогам проведения работ по внедрению методики;

- контроль за реализацией плана мероприятий до его полного выполнения.

Функции членов группы ТРМ:

- выявление и фиксирование проблем;

- поиск и устранение коренных причин возникновения проблемы;

- немедленное устранение проблем, если не требуется привлечение квалифицированного персонала или дополнительных ресурсов;

- разработка плана мероприятий и согласование с исполнителями необходимых сроков.

В качестве консультантов допускается привлечение персонала из числа ранее прошедших теоретическое и практическое обучение методике ТРМ и обладающих статусом «консультант».

Функции консультанта:

- практическое обучение членов группы методологии применения инструментов бережливого производства;
- указания лидеру группы для поэтапного проведения работ по внедрению методики согласно методологии инструментов бережливого производства;
- изучение методологии практического применения инструментов бережливого производства;
- развитие у членов группы способностей самостоятельного поиска решений для достижения установленных целей.

Члены группы ТРМ в течение 5–10 рабочих смен производят замеры и анализ общей эффективности использования оборудования для оценки текущего состояния использования оборудования на рабочем месте, где запланировано внедрение методики ТРМ.

По результатам анализа общей эффективности использования оборудования и учитывая выявленные потери, связанные с использованием оборудования, группа ТРМ устанавливает планируемые цели по внедрению ТРМ и разрабатывает мероприятия по их достижению. Члены группы ТРМ в соответствии с мероприятиями приступают к проведению активных физических изменений на рабочих местах. Для достижения поставленных целей им необходимо выполнить следующие шаги:

1 шаг: обучение операторов на рабочих местах «Деятельности автономного обслуживания», наведение порядка на рабочем месте в соответствии с методикой «5С», проведение работ по «Приведению оборудования к первоначальному виду»;

2 шаг: «Внедрение улучшений», в ходе которого обеспечивается внедрение предложенных группой улучшений;

3 шаг: разработка документов (инструкций, методик и т. п.) по «Стандартизации проверки, чистки и смазки оборудования»;

4 шаг: «Обучение оператора работе в соответствии со стандартами по обслуживанию оборудования».

6.3. Направления реализации всеобщего обслуживания оборудования

Систему всеобщего обслуживания оборудования, как инструмент бережливого производства, в основном выбирают компании, в производственной системе которых имеется большое количество основного оборудования. В качестве примера можно назвать установку автоматических линий по производству и розливу пива, по производству кондитерских изделий, по производству изделий гигиены, создание автоматизированного производства по добыче и обогащению урана и другие.

Эффективность подобных производственных систем зависит в основном от двух факторов:

- процент загрузки оборудования, который напрямую зависит от величины спроса на готовую продукцию предприятия;
- общее время простоя оборудования по различным причинам, таким как поломки, техническое обслуживание, переналадки, настройки, ожидания и др.

В компаниях, выбравших всеобщее обслуживание оборудования в качестве основной методологии повышения операционной эффективности производственной системы, встает вопрос о стратегии и тактике ее развертывания (рис. 29).

Ниже приведен один из возможных вариантов развертывания системы TPM, основанный на методике Японского института производственного обслуживания (JIPM).

В высший совет входят представители высшего руководства компании. Руководит высшим советом обычно генеральный или исполнительный директор, их заместители или другой представитель высшего руководства.

Малые советы TPM создаются по 8 основным направлениям TPM:

- сфокусированные улучшения;
- автономное обслуживание;
- плановое обслуживание;
- обучение и развитие;
- управление новым оборудованием и новыми продуктами;
- обслуживание, ориентированное на качество;

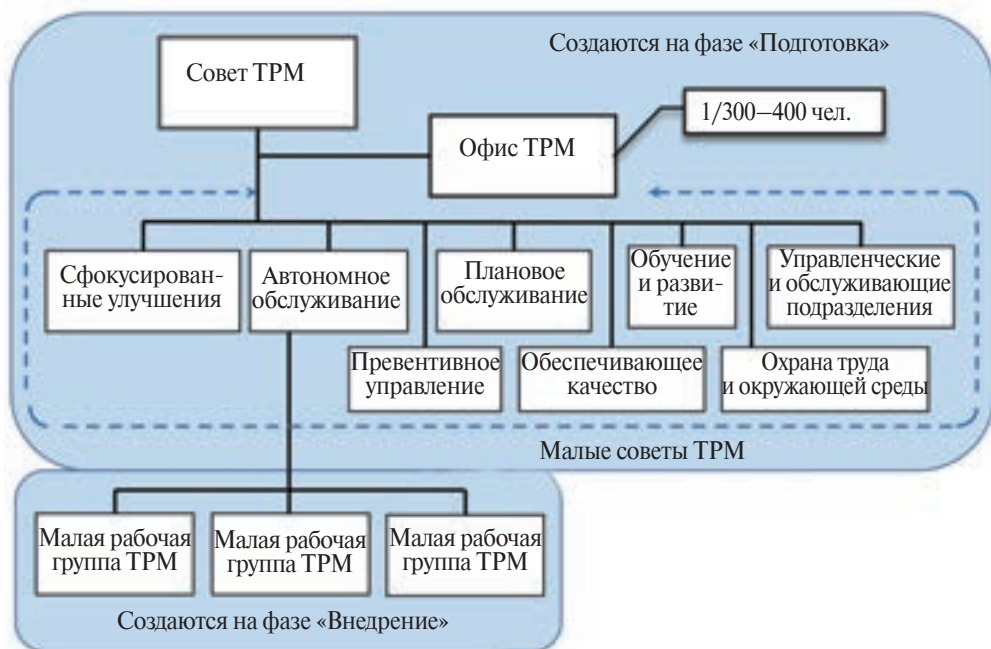


Рис. 29. Вариант развертывания системы TPM

- охрана труда и окружающей среды;
- повышение эффективности управляющих и обслуживающих подразделений.

Чаще в начале создаются малые советы только по первым 4 направлениям. По остальным направлениям малые советы создаются по мере развертывания системы. В малые советы ТРМ активно привлекаются сотрудники, подготовленные в ходе пилотных проектов.

Создается также офис ТРМ из расчета 1 человек на 300–400 сотрудников компании. Руководитель офиса ТРМ входит в состав высшего совета ТРМ. Основная задача офиса ТРМ – оказание методической поддержки и координация работы советов ТРМ. Обычно сотрудники офиса ТРМ освобождены от других обязанностей.

Матричная структура, построенная по функциональному принципу; управление «по функциям», устроенное таким образом, что система управления разделена на функциональные службы, за каждой из которых закреплен определенный круг работ или проект. Матричным структурам свойственно сочетание управления по двум линиям, например по функциям и по проектам, объединение, сочетание которых образуют матрицу.

Матричная структура ТРМ состоит из 8 колонн и основания в виде системы 5С, представленная на рис. 30.

ТРМ развертывается по восьми направлениям, первые четыре из которых напрямую связаны с производственным сектором, а вторые четыре касаются непромышленных подразделений предприятия:

- преобразование оборудования, реализация отдельных улучшений, которые направлены на повышение качества его обслуживания;

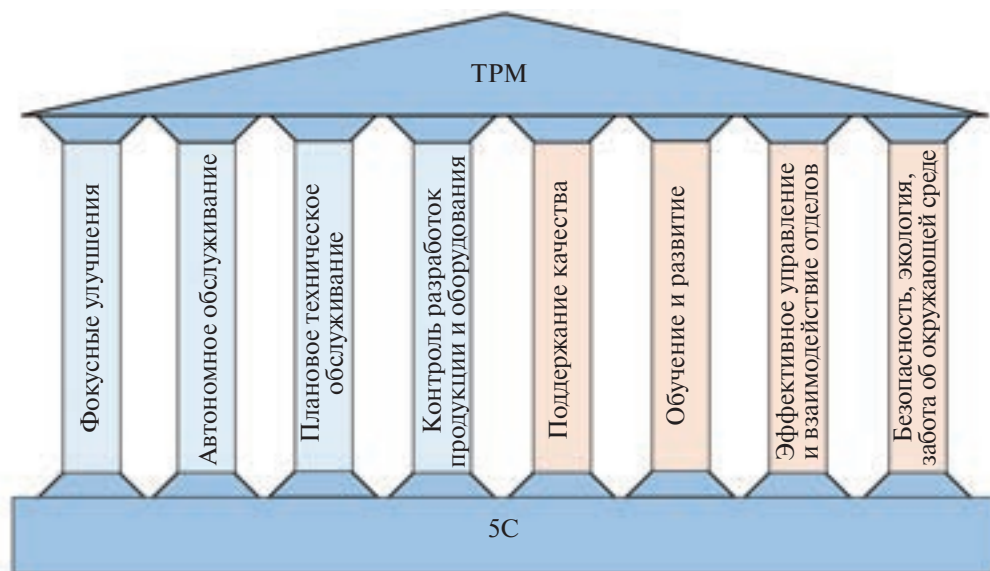


Рис. 30. Матричная структура ТРМ

– организация самостоятельного обслуживания оборудования технологическим персоналом;

– плановое техническое обслуживание оборудования с целью оперативного выявления и устранения неисправностей, что позволяет создать условия для наиболее эффективной эксплуатации оборудования при минимальных расходах на содержание;

– стабильный рост квалификации и мастерства работников за счет непрерывного обучения и переподготовки;

– разработка системы управления новым оборудованием и новой продукцией для создания легких в изготовлении и использовании оборудования и продуктов, что направлено на сокращение времени появления новых производственных линий и срока выхода новых изделий на рынок;

– формирование системы обслуживания, которая направлена на поддержание качества продукции, основывается на изготовлении оборудования и соблюдении условий его эксплуатации, при которых исключается выпуск бракованной продукции;

– увеличение качества функционирования управленческих и обслуживающих подразделений, а также повышение результативности взаимодействия с ними;

– формирование системы, поддерживающей благоприятную окружающую среду и безопасные условия труда.

Именно такая структура помогает формировать межфункциональные группы и вовлекать весь персонал компании во внедрение культуры ТРМ, тем самым «пропитывая» все бизнес-процессы принципами ТРМ.

6.4. Место системы ТОиР в методологии ТРМ

Процессы управления техническим обслуживанием и ремонтами оборудования считаются одними из сложнейших (с точки зрения их организации и неопределенностей) из всех процессов управления промышленным предприятием. Это объясняется разнообразием, особенностями конструкций и количеством как самого оборудования, так и технических и технологических систем, в которые оно входит, изменяющимися условиями эксплуатации, человеческим фактором.

Система *текущего обслуживания и ремонта оборудования* (ТОиР) – это совокупность организационно-технических мероприятий по уходу, надзору, обслуживанию и ремонту оборудования в целях его поддержания в эксплуатации и предупреждения аварий.

Система ТОиР обеспечивает строгую закономерность работ по обслуживанию и ремонту, разработку технически обоснованной классификации ремонтов, своевременную подготовку необходимых для ремонта деталей и узлов, подготовку ремонтного персонала. Определяющим элементом при реализации системы ТОиР является ремонтный цикл. В нем регламентирована последовательность работ:

– капитальный ремонт (частичное воспроизводство основных фондов, полное восстановление производительности и точности работы оборудования);

– средний ремонт (восстановление исправности и частичное восстановление ресурса объекта с заменой или восстановлением составных частей ограниченной номенклатуры и контролем технического состояния оборудования);

– малый (текущий) ремонт (частичное восстановление первоначальных способностей оборудования);

– межремонтное обслуживание;

– смена и пополнение масел;

– проверка геометрической точности, проверка жесткости;

– осмотр.

Периоды между последовательными ремонтами определяются экономически оправданными сроками службы деталей, узлов и агрегата в целом. При большом разнообразии узлов и деталей, различающихся условиями и режимом работы, установление периодичности ремонтов представляет сложную управленческую задачу.

Кроме плановых мероприятий может возникать необходимость в unplanned ремонте, более частом контроле за состоянием (температурой, вибрацией и другими параметрами).

На практике выделяют три формы организации ремонтных работ: узловые, агрегатные, детализированные. При узловых и агрегатных ремонтах производят замену не отдельных деталей, а заранее подготовленных крупных узлов и даже агрегата в целом. При этом обеспечивается малое время ремонта и гарантируется его качество. При детализированном ремонте заменяются только отдельные изношенные детали. Для этого производится разборка узлов, их ремонт, последующая сборка и опробование. Эта форма ремонта требует большего времени простоя оборудования, но меньших расходов собственно на ремонт.

Рассмотрим возможные стратегии проведения ремонтов.

Первая стратегия – *«планирование по наработке»*, т. е. применение «классической» системы планово-предупредительных ремонтов (ППР). Характерными особенностями этой системы являются: «жесткий» ремонтный цикл (заранее заданная – как правило изготовителем, последовательность ремонтов определенного вида и времен между ними); «жесткое» задание объема работ при выполнении ремонта определенного вида.

В варианте *«классической» системы ППР* при сохранении фиксированной последовательности ремонтов и их заданных объемах время между ремонтами определяется не по календарю, а в зависимости от некоторого показателя, характеризующего наработку оборудования (часы работы, литры горючего, километры пробега, число пусков и т. п.).

Вторая стратегия – *«ремонт по отказу»*. При этом оборудование ремонтируется (или заменяется) только тогда, когда его дальнейшее использование становится невозможным вследствие отказа. Ошибочно считать, что такая «примитивная» стратегия заведомо плоха. Для некоторых видов оборудования она

и технически, и экономически оправдана. Технически — в том случае, если отказы элементов имеют «абсолютно случайный» характер, то есть практически не зависят от длительности их работы (такой тип отказа характерен, например, для электронных компонент контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИП и А)).

Экономическая оправданность появляется в тех случаях, когда последствия поломки незначительны, а меры профилактики стоят дороже, чем замена отказавшего узла или устройства.

Вариант этой стратегии — *«ремонт по мере возникновения дефектов»*. В этом случае ремонт или замена может проводиться не только в случае отказа, но и при появлении явных свидетельств приближения отказа (повышенная вибрация, течь масла, повышение температуры выше допустимой, явные признаки недопустимого износа).

Третья стратегия — *«ремонт по состоянию»*. При этой стратегии объем ремонтов и время между ними не фиксированы заранее и определяются по результатам регулярных ревизий (обследований) оборудования, а также по результатам мониторинга состояния оборудования с помощью автоматизированных средств контроля (вибродиагностика и т. п.). Эта стратегия считается наиболее прогрессивной в применении к сложному и дорогостоящему оборудованию, так как позволяет существенно экономить ресурсы.

Система ТРМ предполагает создание своеобразного альянса между ремонтными и производственными подразделениями, цели которых порой противостоят друг другу. ТРМ является системой, обеспечивающей идеальное совмещение эффективного использования производственных мощностей и затрат на поддержание их в рабочем состоянии за счет уменьшения поломок и простоев, а также увеличения производительности и совершенствования оборудования. Она также предполагает применение различных методологий и автоматизацию. Эта методология позволяет структурировать процесс организации управления ТОиР оборудования в виде определенной модели, оценить текущее состояние оборудования и технических систем и разработать поэтапный план достижения идеального (или оптимального) состояния. Основная идея методологии ТРМ заключается в переориентации оперативного технического персонала на выполнение базовых функций ТОиР: чистки, смазки, подтяжки соединений, контроля мощности и уровня потребляемой энергии, осмотра и дефектации узлов оборудования, контроля уровня и качества смазки, базового контроля подшипниковых узлов и т. п. Упор в данной системе делается на предотвращение и раннее определение дефектов оборудования, которые могут привести к более серьезным проблемам.

На сегодняшний день перед многими руководителями предприятий стоит важнейшая задача — сократить затраты на ТОиР, но при этом не увеличить число аварийных ситуаций. Правильный выбор стратегии ТОиР в сочетании с высокоэффективным управлением ремонтным, а также эксплуатационным персоналом, логистикой запасных частей и материалов приводит к успешной деятельности предприятия.

При любой выбранной стратегии ТОиР планирование и учет выполненных работ вручную являются весьма трудоемкими.

Для информационной поддержки управленческих задач в области организации ТОиР и для автоматизации операций, выполняемых персоналом на предприятиях, используются модули ERP-системы или специализированные программные продукты: ЕАМ-системы (*англ.* enterprise asset management) и CMMS-системы (*англ.* computerized maintenance management system). Переход к техническому обслуживанию оборудования, ориентированному на надежность, часто совмещается с внедрением различных ЕАМ-систем.

ЕАМ-система – информационная система управления ТОиР, является инструментом для информационного обеспечения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования. Область применения данной системы – предприятия и организации, в которых требуется автоматизировать функции технического учета оборудования, хранения технической документации, планирования процессов эксплуатации и ремонта.

Программа ТОиР, входящая в состав ЕАМ-системы, позволяет осуществлять управление техническим обслуживанием и ремонтом на предприятии, исходя из следующих параметров, входящих в регламенты управления ТОиР:

- интервалы обслуживания и взаимосвязи объектов обслуживания;
- виды работ по ТОиР оборудования на предприятии;
- виды технического обслуживания и ремонта оборудования (осмотры, ремонты: плановый, текущий, по техническому состоянию, капитальный, аварийный);
- нормы трудозатрат при планировании ремонта оборудования;
- нормы расхода и использования инструментов и материалов;
- требования к квалификации и опыту специалистов;
- требования к технической безопасности;
- шаги выполнения работ (управление ТОиР) в соответствии с инструкциями.

Реальный опыт использования ЕАМ-систем на российских предприятиях не так уж велик – всего несколько сотен внедрений. На рынке АИС ТОиР широко известны следующие программные продукты: SAP PM, СПРУТ-ОКП, Naviman, TRIM-PMS, IBM Maximo, Mincom Ellipse. При этом такие системы в настоящее время используются преимущественно как удобный инструмент планирования и оперативного управления процессами ТОиР. Однако на большинстве предприятий, применяющих ЕАМ-системы, управление ТОиР ведется преимущественно на «микроуровне», то есть на уровне отдельной работы, дефекта и т. п. Значительно реже данные из ЕАМ-систем используются для управления ТОиР на уровне предприятия.

База данных для ЕАМ-системы состоит из двух частей:

- раздел инженерных объектов, содержащий описание зданий, сооружений и оборудования, находящегося в оперативном управлении;
- раздел мониторинга, включающий в себя информацию о регламентах обслуживания, показателях технического состояния оборудования и прочее.

Правильно выстроенная система мониторинга показателей качества процессов ТОиР в сочетании с системой выработки управленческих решений на основе

анализа показателей EAM-системы способна превратить информационную систему в полноценную систему управления ТОиР.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте особенности системы всеобщего обслуживания оборудования (TPM).
2. Система технического обслуживания и ремонта оборудования (система ТОиР).
3. Место системы ТОиР в методологии TPM.
4. Как выбрать подходящую стратегию технического обслуживания и ремонта оборудования?
5. Информационные системы в области управления ТОиР.

Тема 7

ОТКАЗЫ ОБОРУДОВАНИЯ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

7.1. Философия появления нежелательного события – отказа. Классификация отказов

Повреждение – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Применительно к отказу и повреждению рассматривают такие критерии, как причина, признаки, характер и последствия.

Под критериями отказа понимаются признаки, позволяющие установить факт нарушения работоспособности. Наиболее распространенными критериями отказов являются трещины, нарушения регулировок, износ и др.

Причинами отказов объектов могут быть дефекты, допущенные при конструировании, производстве и ремонте, нарушение правил и норм эксплуатации, различного рода повреждения, а также естественные процессы изнашивания и старения.

Признаками отказов объектов называются непосредственные или косвенные воздействия на органы чувств наблюдателя явлений, характерных для неработоспособного состояния объекта (падение давления масла, появление стуков, изменение температурного режима и т. д.).

Характером отказа (повреждения) являются конкретные изменения в объекте, связанные с возникновением отказа (обрыв провода, деформация детали и т. д.).

Основа классификации отказов — характер возникновения и особенности протекания процессов, приводящих к отказу (табл. 8).

Внезапный отказ возникает при скачкообразном изменении одного или нескольких параметров объекта, определяющих его качество. Такие изменения являются следствием сочетания неблагоприятных факторов воздействия. Внезапный отказ может возникнуть при возрастании механических нагрузок, превышающих расчетные, при несоблюдении условий эксплуатации, наличии скрытых технологических дефектов, при прекращении подачи смазки и т. п.

Основные признаки классификации отказов

Признак классификации отказов	Вид отказа	Определение
Тип отказа	Функциональный	Выполнение основных функций техническим объектом прекращается, например поломка зубьев шестерни
	Параметрический	Некоторые параметры технического объекта изменяются в недопустимых пределах, например, потеря точности станка
Природа отказа	Случайный	Обусловленный непредусмотренными перегрузками, дефектами материала, ошибками персонала или сбоями системы управления и т. п.
	Систематический	Обусловленный закономерными и неизбежными явлениями, вызывающими постепенное накопление повреждений: усталость, износ, старение, коррозия и т. п.
Характер возникновения	Внезапный	Характеризующийся быстрым (скачкообразным) изменением значений одного или нескольких параметров технического объекта, определяющих его качество
	Постепенный	Характеризующийся медленным (постепенным) изменением параметров технического объекта
Наличие причинно-следственной взаимосвязи	Независимый	Не обусловленный другими отказами
	Зависимый	Обусловленный другими отказами
Причина возникновения	Конструкционный	Вызванный недостатками и неудачной конструкцией технического объекта
	Производственный	Связанный с ошибками при изготовлении технического объекта по причине несовершенства или нарушения технологии
	Эксплуатационный	Вызванный нарушением правил и/или условий эксплуатации
Характер устранения	Устойчивый	Можно устранить только путем операций восстановления (ремонта)
	Перебегающий (возникающий/исчезающий)	Множественно возникающий самоустраняющийся отказ одного и того же характера
	Самоустраняющийся	Однократный сбой работы технического объекта, устраняемый без вмешательства либо незначительным вмешательством оператора

Признак классификации отказов	Вид отказа	Определение
Последствия отказа	Легкий	Легкоустранимый
	Средний	Не вызывающий отказы смежных узлов — вторичные отказы
	Тяжелый	Вызывающий вторичные отказы или приводящий к угрозе жизни и здоровью человека
Дальнейшее использование объекта	Полный	Исключающий возможность работы технического объекта до их устранения
	Частичный	При нем технический объект может частично использоваться
Легкость обнаружения	Очевидный (явный)	Обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования при подготовке технического объекта к применению или в процессе его применения по назначению
	Скрытый (неявный)	Не обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования, но выявляемый при проведении технического обслуживания или специальными методами диагностики
Время возникновения	Прирабочный	Возникающий в начальный период эксплуатации технического объекта и в основном являющийся скрытым
	При нормальной эксплуатации	Происходящий между периодом приработки и периодом износа
	Износный	Вызванный необратимыми процессами износа деталей, старения материалов и пр.

Потеря работоспособности при этом происходит внезапно, без предшествующих признаков разрушения.

Постепенные отказы происходят вследствие постепенного изменения одного или нескольких параметров объекта. Основной причиной их является износ деталей и процесс естественного старения. Постепенному отказу предшествуют различные прямые и косвенные признаки, позволяющие его прогнозировать.

Принципиальной разницы между внезапными и постепенными отказами не существует. Внезапные отказы чаще всего являются следствием постоянного, но скрытого от глаз наблюдателя старения, ухудшающего начальные параметры объекта. Так, постепенное накопление усталостных напряжений приводит к внезапному отказу.

Отказы в зависимости от их последствий можно разделить на зависимые и независимые. Зависимые отказы происходят вследствие отказа другой детали. Примером

зависимого отказа может служить выход из строя поршня при обрыве клапана. Независимые отказы не зависят от отказов других деталей рассматриваемого изделия.

В зависимости от причины возникновения отказы подразделяют на конструкционные, производственные и эксплуатационные.

Конструкционный отказ – отказ, возникший в результате несовершенства или нарушения установленных правил и (или) норм конструирования объекта.

Отказ, возникший в результате несовершенства либо нарушения установленного процесса изготовления или ремонта, выполнявшегося на ремонтном предприятии, называется производственным отказом.

Эксплуатационный отказ – отказ, возникший в результате нарушения установленных правил и (или) условий эксплуатации объекта.

По характеру изменения параметров объекта до момента возникновения отказы делятся на внезапные и постепенные.

Внезапные отказы характеризуются скачкообразным изменением значений одного или нескольких параметров, постепенные – постепенным изменением параметров. При внезапных отказах обычно отсутствуют видимые признаки их приближения, момент же наступления постепенного отказа может прогнозироваться на основе анализа характера изменения параметров объекта или его элементов.

Поэтому внезапные отказы считаются случайными событиями, вызванными неконтролируемыми изменениями параметров элемента. Постепенные отказы обычно являются следствием процессов износа и старения элементов. Деление отказов на внезапные и постепенные относительно, поскольку основано на возможностях контроля и измерения параметров, и при более полном изучении процессов, происходящих в элементах, и увеличении числа контролируемых параметров некоторые внезапные отказы могут оказаться постепенными.

По степени изменения параметров объекта отказы делятся на отказы функционирования и параметрические отказы.

Отказы функционирования приводят к невозможности выполнения техническим объектом своих функций (например, насос не подает топливо, двигатель не запускается, редуктор не передает движения и т. д.). Параметрические отказы приводят к выходу основных характеристик объекта за допустимые пределы (например, снижение подачи топлива насосом, уменьшение мощности двигателя).

По наличию причинно-следственной взаимосвязи между отказами они делятся на независимые и зависимые.

Независимые отказы не обусловлены отказами других объектов или элементов, зависимые являются следствием отказов других объектов или элементов. В более широком смысле отказы являются зависимыми, если при появлении одних из них вероятность появления других изменяется, и независимыми – если вероятность их появления не зависит от других отказов. Для выделения отказов-причин и отказов-следствий иногда первые называют первичными, а вторые – вторичными или результирующими.

По устойчивости неработоспособного состояния и возможности устранения отказы делятся на устойчивые (окончательные) и самоустраняющиеся (кратковременные).

Устойчивый отказ устраняется только путем восстановления работоспособного состояния объекта, самоустраняющийся ликвидируется без внешнего вмешательства. Сбой — однократно возникающий самоустраняющийся отказ, систематический отказ — многократно возникающий сбой, перемежающийся отказ — многократно возникающий самоустраняющийся отказ одного и того же характера. Характерный признак сбоя — то, что восстановление работоспособности после его возникновения не требует ремонта аппаратуры. Примером может служить кратковременно действующая помеха при приеме сигнала, дефекты программы и т. п.

Отказы делятся на полные и частичные по возможности использования объекта после возникновения отказа, по значимости — на критические, существенные и несущественные, по характеру обнаруживаемости — на очевидные (явные) и скрытые (неявные), по происхождению — на естественные и искусственные, по возможности восстановления — на устранимые и неустраиваемые.

По причинам возникновения отказы делятся на конструкционные (проектно-конструкционные), производственные (производственно-изготовительные), эксплуатационные (эксплуатационно-технологические) и деградационные (износные).

Конструкционные отказы возникают в результате несовершенства или нарушения установленных правил и норм конструирования объекта, производственные — в результате несовершенства или нарушения процесса изготовления или ремонта, эксплуатационные — в результате нарушения правил и условий эксплуатации, деградационные — в результате необратимых процессов или явлений в объекте.

Классификация отказов по времени возникновения основана на анализе характера изменения интенсивности отказов объекта в процессе его эксплуатации и соответствующей модели изменения надежности по времени. Согласно этой модели период работы объекта можно разделить на три части: период пуска и приработки, когда в основном проявляются конструкционные и производственные отказы, в технических системах выходят из строя дефектные элементы; период нормальной эксплуатации, для которого характерно появление внезапных отказов с примерно постоянной (или слабо увеличивающейся) интенсивностью; период износа и старения с постепенно увеличивающейся интенсивностью.

Значения интенсивности отказов в каждом из этих периодов и продолжительность периодов зависят от интенсивности нагрузок: при повышенных режимах интенсивность отказов увеличивается и границы участков смещаются в сторону меньших значений наработки. В соответствии с характером изменения значений интенсивности отказы делятся на приработочные, внезапные и износные. Кроме того, для объектов, которые проходят испытания и обкатку на заводе-изготовителе, отказы при испытаниях иногда выделяются в отдельную группу.

Изменения параметров и характеристик технических объектов во времени, обусловленные происходящими в них физико-химическими процессами, являются наиболее общей причиной отказов. Возникновение отказа представляет собой, как правило, некоторый кинетический процесс, внутренний механизм и скорость

которого определяются структурой и свойствами материала, напряжениями, вызванными нагрузкой, температурой, давлением и другими параметрами.

Вследствие этого классификация отказов технических объектов по их физической природе может представлять собой классификацию физико-химических процессов, непосредственно или косвенно влияющих на работоспособность элементов и возникновение отказов, а также классификацию условий протекания процессов. Такая классификация может быть проведена по типу (классу) материала элемента, по месту протекания процессов, влияющих на работоспособность объекта, по виду энергии, определяющей характер процесса, по типу эксплуатационного воздействия, по характеру (внутреннему механизму) процесса.

Для анализа и прогнозирования отказов важно определить признаки, по которым устанавливается факт нарушения работоспособного состояния, т. е. критерии отказа. Для внезапных отказов роль критерия отказа играет, как правило, отсутствие одной или нескольких функций, для постепенных отказов – выход одного или нескольких основных (определяющих) параметров за пределы допустимых значений (за пределы поля допуска).

Главный источник информации о надежности на предприятии – это сбор сведений о функциональных отказах.

По характеру изменения возможности выполнения рабочих функций отказы подразделяются на функциональные и параметрические. При функциональном отказе анализируемая система не может выполнять своих функций и поддерживать заданный уровень производительности.

Отказ объекта – событие, заключающееся в том, что объект полностью или частично перестает выполнять заданные функции. При полной потере работоспособности возникает полный отказ, при частичной – частичный. Понятия полного и частичного отказов каждый раз должны быть четко сформулированы перед анализом надежности, поскольку от этого зависит количественная оценка надежности.

Полный отказ характеризуется потерей работоспособности оборудования или системы, при которой невозможна дальнейшая эксплуатация объекта.

Частичный отказ характеризуется сохранением работоспособности оборудования, но со снижением эффективности и качества производства. Дальнейшая эксплуатация возможна, но с ограничениями нагрузки, производительности, скорости и т. д.

Причины этих отказов заключаются в непредусмотренных перегрузках, дефектах комплектующих и материалов, ошибках и низкой квалификации персонала, сбоях системы управления и др.

7.2. Причинно-следственные связи появления отказов

Нагрузки, испытываемые техническими объектами и их составными частями, можно разделить на механические, электрические, магнитные, электромагнитные, радиационные, акустические, гидравлические, пневматические, тепловые, климатические и химические. Для каждого класса объектов типичны

Виды отказов и причины, которые их вызывают

№ п/п	Вид отказа	Причины отказа и методы определения и устранения
1	Постепенный (параметрический)	Возникающий в результате градационного, постепенного изменения одного или нескольких параметров без резкого скачка из-за старения материалов, коррозии, износа деталей и т. п. Может быть предупрежден и устранен путем планового технического обслуживания
2	Внезапный (мгновенный)	Внутренние дефекты, ошибки обслуживающего персонала, нарушения режима эксплуатации. Обычно проявляется в виде резких самопроизвольных повреждений (трещины, обрывы, пробои и т. п.) и не сопровождается видимыми признаками его приближения. Чаще всего причины возникновения определяются не сразу, какое-то время оставаясь неизвестными, и дифференцируются с помощью теории вероятности
3	Независимый	Любые причины, кроме обусловленности другими отказами
4	Зависимый	Повреждения и отказы других элементов объекта или системы
5	Конструкционный	Ошибки в разработке и проектировании технического объекта, занижение запасов прочности, нарушение норм ГОСТ и т. п.
6	Производственный	Несоблюдение норм документации, применение некачественных материалов и комплектующих, недостаточный уровень контроля качества изготовления (или ремонта) технического объекта и т. д.
7	Эксплуатационный	Может проявляться как в начальный период, так и в последующее время эксплуатации. Ошибки низкоквалифицированного обслуживающего персонала, игнорирование/нарушение правил технической документации, а также старение и износ технического объекта по вышеуказанным причинам
8	Устойчивый	Износ, старение и усталость при соблюдении норм производства и эксплуатационных правил и/или условий
9	Самоустраняющийся	Кратковременные внешние помехи, кратковременное изменение параметров объекта
10	Перебегающий	Внешние помехи, выходящие за допустимые технические пределы и являющиеся обратимыми

№ п/п	Вид отказа	Причины отказа и методы определения и устранения
11	Прирабочный (начальный)	Плохое качество материалов, нарушение технологий проектирования, сборки или производства; отсутствие контроля качества и т. д.
12	При нормальной эксплуатации	Ошибки низкоквалифицированного обслуживающего персонала, игнорирование/нарушение правил технической документации, а также старение и износ технического объекта по вышеуказанным причинам
13	Износный	Необратимые последствия старения конструктивных материалов, износ деталей технического объекта. Необходима своевременная профилактическая замена (восстановление) изношенных элементов конструкции

определенные виды нагрузок (для деталей машин – механические и тепловые, для электрических элементов – электрические, электромагнитные и тепловые).

Но, как правило, на элементы технических систем воздействуют одновременно несколько видов нагрузок, тем более что некоторые из них взаимообусловлены: так, тепловые нагрузки часто являются следствием электрических или механических. Поэтому для повышения надежности, разработки методов предотвращения или снижения числа отказов проектируемого и изготавливаемого оборудования, установления обоснованной системы планово-предупредительных ремонтов и работ по обслуживанию для каждого вида отказов необходим подробный анализ причин их возникновения (табл. 9).

Причины отказов делятся на случайные и систематические.

Случайные причины – это непредусмотренные нагрузки, дефекты материала и погрешности изготовления, не обнаруженные контролем, ошибки обслуживающего персонала или сбой системы управления. Случайные факторы преимущественно вызывают отказы при действиях в неблагоприятных сочетаниях.

Систематические причины – это закономерные явления, вызывающие постепенное накопление повреждений: влияние среды, времени, температуры – коррозия, старение, нагрузки и работа трения – усталость, ползучесть, износ, функциональные воздействия – засорение, залипания, утечки.

Последствия отказа – это события, которые развиваются после единичного или множественного отказа. К последствиям отказов относятся признаки и события, которые возникли после отказа в прямой причинно-следственной связи с ним.

Последствия функционального отказа влекут за собой: расходование денежных средств на ремонт оборудования; финансовые затраты, связанные со снижением объемов производства; затраты, связанные с возмещением вреда окружающей среде и компенсацией воздействия, оказанного на жизнь и здоровье человека.

7.3. Условия возникновения отказов

Отказы происходят из-за:

- конструктивных дефектов;
- технологических дефектов;
- эксплуатационных дефектов;
- постепенного старения (износа).

Отказы вследствие конструктивных дефектов возникают как следствие несовершенства конструкции из-за «промахов» при конструировании.

В этом случае наиболее распространенными являются недоучет «пиковых» нагрузок, применение материалов с низкими потребительскими свойствами, схемные «промахи» и др.

Отказы этой группы сказываются на экземплярах изделия, объекта, системы.

Отказы из-за технологических дефектов возникают как следствие нарушения принятой технологии изготовления изделий (например, выход отдельных характеристик за установленные пределы). Отказы этой группы характерны для отдельных партий изделий, при изготовлении которых наблюдались нарушения технологии изготовления.

Отказы из-за эксплуатационных дефектов возникают по причине, связанной с нарушением установленных правил и (или) условий эксплуатации и правил обслуживания. Отказы этой группы характерны для отдельных экземпляров изделий.

Отказы из-за постепенного старения (износа), вследствие накопления необратимых изменений в материалах, приводящих к нарушению: прочности (механической, электрической), взаимодействия частей объекта.

Отказы по причинным схемам возникновения подразделяются на следующие группы:

- отказы с мгновенной схемой возникновения;
- отказы с постепенной схемой возникновения;
- отказы с релаксационной схемой возникновения;
- отказы с комбинированными схемами возникновения.

Отказы с мгновенной схемой возникновения характеризуются тем, что время наступления отказа не зависит от времени предшествующей эксплуатации и состояния объекта, момент отказа наступает случайно, внезапно.

Примерами реализации такой схемы могут служить отказы изделий под действием пиковых нагрузок в электрической сети, механическое разрушение посторонним внешним воздействием и т. п.

Отказы с постепенной схемой возникновения происходят за счет постепенного накопления вследствие физико-химических изменений в материалах повреждений.

При этом значения некоторых «решающих» параметров выходят за допустимые границы, и объект (система) не способен выполнять заданные функции.

Примерами реализации постепенной схемы возникновения могут служить отказы вследствие снижения сопротивления изоляции, электрической эрозии контактов и т. п.

Отказы с релаксационной схемой возникновения характеризуются первоначальным постепенным накоплением повреждений, которые создают условия для скачкообразного (резкого) изменения состояния объекта, после которого возникает отказное состояние.

Примером реализации релаксационной схемы возникновения отказов может служить пробой изоляции кабеля вследствие коррозионного разрушения брони.

Отказы с комбинированными схемами возникновения характерны для ситуаций, когда одновременно действуют несколько причинных схем. Примером, реализующим эту схему, может служить отказ двигателя в результате короткого замыкания по причинам снижения сопротивления изоляции обмоток и перегрева.

При анализе надежности необходимо выявлять преобладающие причины отказов и лишь затем, если в этом есть необходимость, учитывать влияние остальных причин.

Отказы таких категорий, как первичные, вторичные или инициированные могут иметь различные причины. Когда точный вид отказов определен и данные по ним получены, а конечное событие является критическим, то они рассматриваются как исходные отказы.

Первичный отказ элемента изделия определяют как нерабочее состояние этого элемента, причиной которого является он сам, и необходимо выполнить ремонтные работы для возвращения элемента в рабочее состояние. Первичные отказы происходят при входных воздействиях, значение которых находится в пределах, лежащих в расчетном диапазоне, а отказы объясняются естественным старением элементов. Разрыв резервуара вследствие старения (усталости) материала служит примером первичного отказа.

Вторичный отказ – такой же, как первичный, за исключением того, что сам элемент не является причиной отказа. Вторичные отказы объясняются воздействием предыдущих или текущих избыточных напряжений на элементы. Амплитуда, частота, продолжительность действия этих напряжений могут выходить за пределы допусков или иметь обратную полярность и вызываются различными источниками энергии: термической, механической, электрической, химической, магнитной, радиоактивной и т. п. Эти напряжения вызываются соседними элементами или окружающей средой, например – метеорологическими (ливень, ветровая нагрузка), геологическими условиями (оползни, просадка грунтов), а также воздействием со стороны других технических систем.

Примером вторичных отказов служит «срабатывание предохранителя от повышенного электрического тока», «повреждение емкостей для хранения при землетрясении».

Следует отметить, что устранение источников повышенных напряжений не гарантирует возвращение элемента в рабочее состояние, так как предыдущая перегрузка могла вызвать необратимое повреждение в элементе, требующее в этом случае ремонта.

Инициированные отказы (ошибочные команды). Работники, например операторы и обслуживающий технический персонал, также являются возможными источниками вторичных отказов, если их действия приводят к выходу элементов

из строя. Ошибочные команды представляются в виде элемента, находящегося в нерабочем состоянии из-за неправильного сигнала управления или помех (при этом лишь иногда требуется ремонт для возвращения данного элемента в рабочее состояние).

Самопроизвольные сигналы управления или помехи часто не оставляют последствий (повреждений), и в нормальных последующих режимах элементы работают в соответствии с заданными требованиями. Типичными примерами ошибочных команд являются: «напряжение приложено самопроизвольно к обмотке реле», «переключатель случайно не разомкнулся из-за помех», «помехи на входе контрольного прибора в системе безопасности вызвали ложный сигнал на остановку», «оператор не нажал на аварийную кнопку» (ошибочная команда от аварийной кнопки).

Множественный отказ (отказы общего характера) есть событие, при котором несколько элементов выходят из строя по одной и той же причине. К числу таких причин могут быть отнесены следующие:

- конструкторские недоработки оборудования (дефекты, не выявленные на стадии проектирования и приводящие к отказам вследствие взаимной зависимости между электрическими и механическими подсистемами или элементами избыточной системы);

- ошибки эксплуатации и технического обслуживания (неправильная регулировка или калибровка, небрежность оператора, неправильное обращение и т. п.);

- воздействие окружающей среды (влага, пыль, грязь, температура, вибрация, а также экстремальные режимы нормальной эксплуатации);

- внешние катастрофические воздействия (естественные внешние явления, такие как наводнение, землетрясение, пожар, ураган);

- общий изготовитель (резервируемое оборудование или его компоненты, поставляемые одним и тем же изготовителем, могут иметь общие конструктивные или производственные дефекты. Например, производственные дефекты могут быть вызваны неправильным выбором материала, ошибками в системах монтажа, некачественной пайкой и т. п.);

- общий внешний источник питания (общий источник питания для основного и резервного оборудования, резервируемых подсистем и элементов);

- неправильное функционирование (неверно выбранный комплекс измерительных приборов или неудовлетворительно спланированные меры защиты).

7.4. Модель Ризона

Модель швейцарского сыра появилась в 1990 г. «Каждая дырка в ломтике – отдельная ошибка. Таких «дырок» много в любой системе на каждом из уровней, они находятся в разных местах и обладают разной степенью потенциальной разрушительности. Однако следующий уровень – ломтик, в котором нет проблемы на том же месте, защищает всю систему от эпик фейла».

Когда психолог *Джеймс Ризон* из Университета Манчестера придумал остроумную метафору для череды ошибок, ведущих к катастрофе. Сегодня эта теория

хорошо известна специалистам в области риск-менеджмента и активно используется в авиации, здравоохранении и инженерном деле.

Основа концепции Ризона, которую называют еще «кумулятивными последствиями действий» — это выделение типичных ошибок в любой организации (и вообще где угодно). Согласно модели, существует 4 типа ошибок — и все неудачи проектов так или иначе являются следствием одной или нескольких из них. К этим ошибкам относятся проблемы менеджмента, недостаточный контроль, предпосылки к небезопасным действиям и сами небезопасные действия.

Проблемы менеджмента — это управленческие решения, которые могут в отдаленном будущем привести к катастрофе. Например, вследствие финансового кризиса авиакомпания сокращает траты на тренировку пилотов. Те учатся меньше часов, выходят на работу неподготовленными и не справляются с управлением самолетом. Можно сказать, что вина в таком случае лежит на самом пилоте, и отчасти это так — но первопричиной произошедшего была все же корпоративная политика. Без знаний о том, что послужило отправной точкой для происшествия, невозможно быть уверенным, что она не повторится в будущем. Именно поэтому так много авиакомпаний взяло на вооружение разработки Ризона.

Небезопасные действия — это активные отказы — действие или бездействие, включая ошибки и нарушения, которые оказывают прямое негативное воздействие. Они, как правило, считаются (задним числом) опасными действиями. Активные отказы, как правило, ассоциируются с непосредственными исполнителями (например, в авиации пилотами, диспетчерами управления воздушным движением, авиационными инженерами-механиками и т. д.) и могут привести к аварийным последствиям. Они обладают потенциалом проникновения через средства защиты авиационной системы, предусмотренные организацией, регламентирующими органами и т. д. Активные отказы могут являться следствием обычных ошибок или они могут быть результатом отклонений от предписанных процедур и практики. В модели Ризона признается, что в любом эксплуатационном контексте присутствует много порождающих ошибки или нарушения условий, которые могут повлиять на индивидуальную или коллективную деятельность.

Проблемы менеджмента, недостаточный контроль и предпосылки к небезопасным действиям — это ошибки латентные, то есть косвенно ведущие к катастрофе. Как правило, модель швейцарского сыра используют на стадии проведения исследований именно для того, чтобы в первую очередь уберечься от последних. Либо для предотвращения катастрофы, либо для выяснения, как же она случилась и что нужно сделать, чтобы такого больше не было.

Организация, согласно модели швейцарского сыра, формирует ряд барьеров для того, чтобы нейтрализовать потенциальную вредоносность ошибок. Например, пилотам-новичкам могут помочь хорошо подготовленные диспетчеры, кнопка «Уничтожить все» может запросить подтверждение выполнения операции и так далее. Иначе: каждый барьер, способный предотвратить катастрофу, — это и есть ломтик сыра.

На рис. 31 модель Ризона изображена таким образом, чтобы можно было понять, какую роль в причинности авиационного происшествия играют организационные и управленческие факторы (т. е. системные факторы). В авиационной системе глубоко заложены различные средства защиты от отклонений в отрицательную сторону в действиях или решениях человека на всех уровнях системы (т. е. рабочее место непосредственных исполнителей, руководящие уровни и старшее руководство). Средства защиты представляют собой ресурсы, предоставляемые системой для защиты от факторов риска для безопасности, которые занятые производственной деятельностью организации генерируют и должны контролировать. На этой модели показано, что, хотя организационные факторы, включая управленческие решения, могут создать скрытые условия, которые могут привести к нарушениям средств защиты системы, они также способствуют повышению надежности защиты системы.

Проблемы начинаются, когда на разных уровнях системы в одной и той же области есть ошибка – то есть когда «дырка» уходит вглубь, через все ломтики. Ризон называл это «траекторией возможного происшествия». Следующий слой, который должен был бы сработать как защитный барьер, имеет тоже слабое место, как и следующий за ним, и, таким образом, провал становится все более вероятен.

Авиационный бизнес – только один из примеров применения модели Ризона.

Следующий пример из области медицины. Размещение двух препаратов различных групп, но с похожей упаковкой на одной аптечной полке явно относится к латентным ошибкам. В перспективе она может привести к выдаче пациенту не того препарата и ухудшению его самочувствия (не говоря уже о возможном иске к аптеке). Исследования, в ходе которых такие «дырки» обнаруживаются, показывают, что не все ляпы делаются из-за невнимательности и иногда систему винить правильнее, чем отдельных людей.

Другая область, в которой активно применяют модель швейцарского сыра – проектирование систем пожарной безопасности. Основная концепция применительно к этой сфере деятельности заключается в добавлении максимального количества барьеров-ломтиков в надежде, что в случае чего хотя бы один из них окажется недырявым.

Ошибки делают все, но одни на них учатся, а другие повторяют. Вот что следует знать об ошибках.

Виды ошибок:

– настоящая ошибка – возникает вследствие совершения неверного действия;

– сбой – происходит, если в ходе процесса забыли использовать какую-то функцию;

– срыв – итог неправильного выполнения правильного задания.

Уровни, на которых происходят ошибки:

– уровень, связанный с практикой и опытом (skill-based level);

– уровень, базирующийся на правилах и протекании реакций (rule-based level);

– уровень абстрактного мышления, взаимосвязей (knowledge-based level).

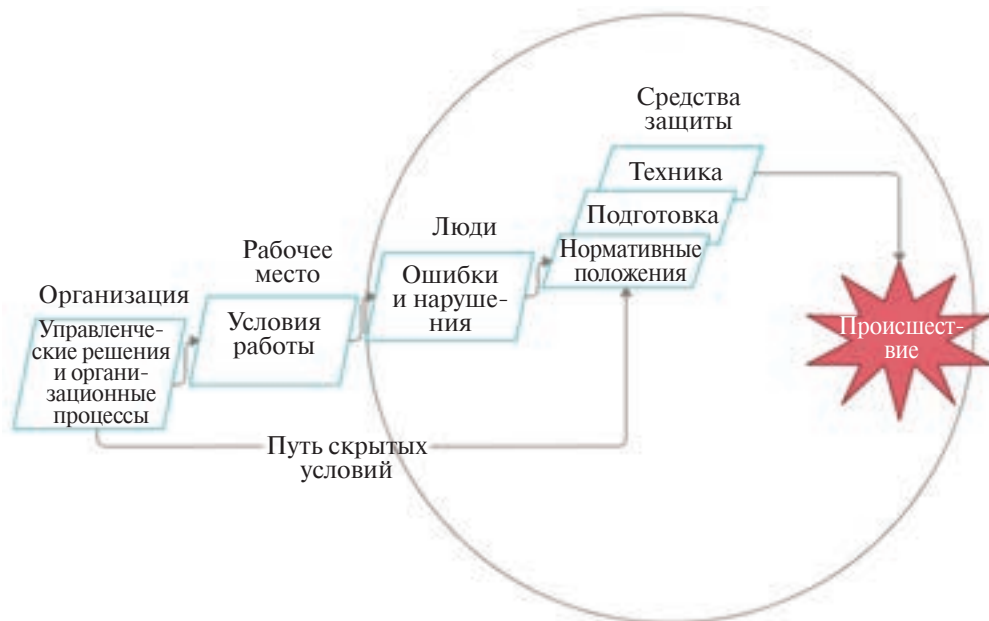


Рис. 31. Концепция причинности происшествия на примере авиакомпании

Факторы, приводящие к ошибкам:

- круг участников – начальник, команда, коллеги, друзья;
- технические условия – оснащение, рабочее место;
- организационные элементы – постановка задачи, распределение времени;
- внешние факторы – время, экономическая ситуация, настроение, погода.

Контрольные вопросы

1. Что такое отказ оборудования?
2. Каковы причины возникновения отказов?
3. Приведите классификацию отказов по характеру изменения параметров технического объекта до момента возникновения.
4. Приведите классификацию отказов по степени изменения параметров объекта.
5. Приведите классификацию отказов по возможности использования объекта после возникновения отказа.
6. В какой последовательности идут отказ, сбой, неисправность, ошибка по мере значимости последствий?
7. Какие ошибки существуют согласно модели Ризона?

Тема 8

МЕТОДОЛОГИЯ RCM

8.1. RCM как методология оптимизации выбора стратегий ТОиР с учетом теории рисков

RCM (*англ.* reliability centred maintenance) – методология организации программ технического обслуживания и ремонта оборудования, ориентированная на надежность.

Понятию RCM соответствует термин «надежностно-ориентированное техническое обслуживание» из ГОСТ Р 27.606-2013. Это процесс выработки и принятия решений, направленных на выявление подходящих и эффективных требований к системе активов и операциям предупредительного технического обслуживания, отвечающих последствиям выявляемых отказов в части их влияния на безопасность, техническую эффективность и экономичность эксплуатации изделия (оборудования) и вызывающих указанные отказы механизмов.

Методология RCM предусматривает выработку стратегии технического обслуживания с учетом возможных последствий (экологических, экономических, безопасности) для каждого конкретного актива или системы активов. Позволяет предприятиям снижать риски путем уменьшения вероятности возникновения отказов и снижения тяжести его последствий.

Отличительной особенностью RCM является то, что эта методология, в отличие от других методов технического обслуживания, признает, что последствия отказов более важны, чем их технические характеристики. То есть важно не предупреждение отказа как такового, а предупреждение или смягчение его последствий. Следовательно, отказы оборудования с разной критичностью (важностью) отличаются по опасности последствий.

Методология RCM устанавливает важность последствий отказов, классифицируя их по четырем группам. Ранжирование последствий по убывающей степени важности отражено в диаграмме принятия решений.

1. *Первая группа – последствия скрытых отказов.*

Скрытые отказы не причиняют ущерб безопасности, не оказывают прямого влияния на производственный процесс, однако могут стать причиной других отказов с катастрофическими последствиями. Методология RCM придает

приоритетное значение диагностике скрытых отказов. На этом этапе осуществляется простой и последовательный подход к оценке рисков.

2. Вторая группа – последствия для окружающей среды и безопасности человека.

Такие последствия помимо потери оборудования причиняют прямой ущерб экологии, жизни и здоровью персонала. Экологические последствия считаются таковыми, если отказ приводит к нарушению социального, муниципального, регионального, национального, международного экологического равновесия или регламента, имеющего отношение к оборудованию или системе.

Фундаментальным правилом методологии RCM является сведение рисков последствий первых двух групп к минимуму либо полное их устранение.

3. Третья группа – производственные (эксплуатационные) последствия.

Последствия, связанные с производством, считаются таковыми, если отказ негативно повлиял на работоспособность оборудования или системы (например, ухудшилось качество продукции, обслуживание клиентов, снизился объем выработки, поднялись затраты на ремонт). Другими словами, это экономические потери, происходящие вследствие нарушения производственного процесса. Производственные последствия всегда сопровождаются затратами, в том числе и на их предотвращение.

4. Четвертая группа – непроизводственные последствия.

Такие последствия называются внеэксплуатационными и поддаются ликвидации, не являются скрытыми в нормальных условиях и не несут ущерба окружающей среде и человеку. Непроизводственные последствия предполагают только материальные затраты на ремонт. Сюда же можно отнести последствия, требующие меньших затрат, чем проведение ремонта или технического обслуживания, которые можно устранить за счет резервного источника.

Применение методологии RCM на производстве позволяет упорядочить и максимально обезопасить производственный процесс и устранить возможные последствия отказов. Безопасность для окружающей среды и жизни человека рассматривается группой экспертов в одном контексте с производством, приближая показатели надежности к заданным значениям на базе заложенного бюджета.

Методология RCM обеспечивает минимизацию рисков возникновения внештатных ситуаций при максимально возможной эксплуатационной готовности основных фондов с учетом бюджетных ограничений и различного рода рисков.

Согласно RCM, различные единицы или группы оборудования на предприятии имеют разную значимость (критичность) для выполнения производственной системой своих функций и исключения возможного ущерба. Соответственно, отказы оборудования с разной критичностью отличаются по опасности последствий.

Изменение категории риска вида отказа (R) при выборе стратегий оценивается ожидаемыми значениями таких показателей вида отказа, как вероятность (P_f) и стоимость последствий (C_{cf}):

$$R = P_f \times C_{cf}. \quad (8.1)$$

Соответственно, составляется матрица рисков по вероятности возникновения отказов, в одной из клеток которой выбирается конкретное положение и возможное изменение категории риска для оборудования (рис. 32).

Качественная характеристика частоты события	Частота события в год	Серьезность последствия (стоимость, руб.)			
		Катастрофическое (>108)	Значительное (106–108)	Серьезное (104–106)	Незначительное (<104)
Часто	1	Неприемлемый риск	Неприемлемый риск	Высокий риск	Допустимый риск
Вероятно	1–10 ⁻¹	Высокий риск	Высокий риск	Высокий риск	Допустимый риск
Случайно	10 ⁻¹ –10 ⁻²	Высокий риск	Высокий риск	Допустимый риск	Допустимый риск
Редко	10 ⁻² –10 ⁻⁴	Высокий риск	Допустимый риск	Допустимый риск	Можно пренебречь
Маловероятно	10 ⁻⁴ –10 ⁻⁶	Высокий риск	Допустимый риск	Можно пренебречь	Можно пренебречь

Рис. 32. Матрица риска отказов технического объекта (пример)

Для каждой категории может быть разработана своя стратегия ТОиР. Для каждой стратегии, выбранной для критичных видов отказов, подбираются необходимые мероприятия, определяется их состав (операции мероприятий), а также периодичность. При определении периодичности и состава операций мероприятия система наглядно показывает изменение стоимости каждой выбранной стратегии, что позволяет экспертам оставить только самые экономичные из выбранных ранее стратегий. В результате формируется оптимальная программа ТОиР, максимально отвечающая потребностям предприятия и позволяющая минимизировать затраты на техническое обслуживание при обеспечении требуемого уровня надежности. Система позволяет проанализировать результаты сформированной программы ТОиР с точки зрения следующих целей: экономичности, эффективности и сокращения рисков.

С RCM-анализом тесно связан RBI-анализ (*англ.* risk based inspections). Это метод, позволяющий определить оптимальные объемы и периодичность мониторинга активов на основе анализа рисков отказа.

Концепция RBI заключается в том, что риск отказа может быть оценен относительно приемлемого уровня, а проверка и ремонт используются для обеспечения того, чтобы уровень риска был ниже этого допустимого предела.

В результате объекты и оборудование, связанные с высокой вероятностью возникновения отказов и значительными последствиями, имеют более высокий приоритет в инспектировании по сравнению с оборудованием, для которого отказ не будет иметь серьезных последствий.

Целями методологии RCM являются:

- поддержание оборудования, машин и механизмов в исправном состоянии;
- минимизирование и устранение негативных последствий отказов оборудования;

– сокращение затрат на эксплуатацию на 20 и более процентов при безопасной или эффективной работе оборудования;

– соблюдение требований безопасности и надежности производственной системы за счет оптимальной программы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта оборудования.

Применение RCM позволяет хозяйствующим субъектам существенно сократить риски. Важная задача управления с использованием методологии RCM – это обеспечение наиболее рациональной стратегии (программы) технического обслуживания и ремонта оборудования и механизмов и минимизации затрат. Хорошие программы технического обслуживания и ремонта основаны на оценке рисков возникновения отказов оборудования.

При использовании эффективной стратегии ТОиР хозяйствующие субъекты имеют возможность достичь уровня надежности производственных активов, который необходим в текущей рабочей ситуации, и в то же время снизить затраты на техническое обслуживание, выполняя только необходимый объем ремонтных воздействий.

Выделяют четыре признака (свойства), с помощью которых можно определить и характеризовать RCM.

Первое свойство – сохранность функций производственной системы.

Данный признак RCM дает возможность принимать решения о взаимосвязи функций системы с конкретным оборудованием на дальнейших стадиях процесса производства систематизированно, а не предполагать априорно, что каждая единица оборудования в равной степени важна.

В подходе к планированию профилактического обслуживания оборудования в настоящее время эта тенденция является самой распространенной. С первого взгляда данное понятие трудно воспринимается, поскольку оно противоречит устоявшемуся представлению о том, что профилактическое обслуживание используется для того, чтобы сохранить работоспособность оборудования. В процессе обращения к функции всей системы требуется узнать, каким будет ее производственный результат, и в роли главной задачи выделяют сохранение данного результата, т. е. функции.

Второе свойство – осуществление перехода к компонентам аппаратных средств посредством идентификации различного рода неисправностей оборудования, которые могут быть предполагаемой причиной нежелательных функциональных отказов.

Третье свойство

Существуют приоритеты значимости видов неисправностей, так как в процессе RCM функции не являются равными.

Четвертое свойство

Чтобы выявить перечень возможных мероприятий профилактического обслуживания оборудования, необходимо обратиться к каждому из расположенных в приоритетном порядке видов неисправностей. На этой стадии у RCM выделяется еще одна, последняя, характерная особенность, которая нуждается в определении. Любую возможную задачу профилактического обслуживания необходимо

рассматривать с точки зрения применимости и эффективности. Применимость задачи – удовлетворение одной из трех причин осуществления профилактического обслуживания оборудования в процессе ее выполнения не зависимо от затрат. Эффективность задачи – обоснованный расход ресурсов на ее выполнение.

Когда более чем одна из возможных задач профилактического обслуживания оборудования рассматривается как применимая, необходимо выбрать наименее затратную, то есть самую эффективную задачу. В процессе принятия решения об отказе от выполнения задачи существует три критерия данного выбора. Две причины отказа от выполнения задачи – это ее несоответствие критериям применимости и эффективности, третья – низкий приоритет в классификации.

Главная особенность методологии RCM в том, что она обеспечивает предприятие эффективной пошаговой системой принятия решений и вовлекает в работу всех специалистов, которые хоть как-то задействованы в процессе эксплуатации оборудования.

Таким образом, задачи RCM состоят в следующем:

- сохранение функциональности системы;
- установление видов неисправностей, из-за которых может быть нарушено выполнение функций;
- распределение функциональных потребностей в приоритетном порядке (по типу неисправности);
- выбор применимых и эффективных задач профилактического обслуживания для видов неисправностей с высоким приоритетом;
- обеспечение оптимальной Программы ТОиР;
- рекомендации по проведению технического перевооружения, замены или частичного реконструирования имеющегося оборудования.

8.2. История появления методологии RCM

1960-е гг.: Появление RCM в военной авиации

Методология RCM технического обслуживания берет свое начало в авиационной отрасли и установлена в документе ATA-MGS-3. Исследования показали: сокращение интервалов реконструкции не дает никаких преимуществ, а только увеличивает затраты, а замена запасных частей раньше времени сокращает срок эксплуатации актива. Тогда же появился термин «отказ периода приработки».

1970-е гг.: Внедрение RCM в базовых военных и космических системах

В 1974 г. Министерство обороны США поручило компании *United Airlines* написать отчет о процессах, которые использовали в гражданской авиапромышленности, направленных на развитие программ технического обслуживания самолетов. Выводы специалистов авиакомпаний *United Airlines Стэна Нолана* и *Говарда Хуна*:

- многие виды отказов невозможно предотвратить, невзирая на интенсивность и частоту работ по профилактическому обслуживанию;
- на некоторых активах вероятность отказа не возрастала, независимо от срока эксплуатации;

– техническое обслуживание «по возрасту» не оказывает влияния на частоту отказов.

Диаграмма принятия решений Нолана и Хипа, включенная в руководство по техническому обслуживанию самолетов, впоследствии претерпела изменения и адаптировалась к другим сферам промышленности.

1980-е гг.: Внедрение RCM в промышленность

В начале 80-х гг. XX в. программы технического обслуживания и ремонта RCM адаптировались к промышленности. Эти программы получили название RCM 2 (или RCM II). Методология RCM 2 стала определяться как процесс, при котором совершаются действия, направленные на работу физических активов в ключе желаемой производительности в конкретном производственном контексте. Задачей RCM 2 теперь становится не устранение сбоев, а обеспечение выполнения оборудованием его функций и минимизация последствий отказов. В 1986 г. *Джон Моубрей*, уже ставший бакалавром и консультантом по развитию и внедрению ручных и автоматизированных систем технического обслуживания, основал компанию *Aladon Ltd* в Великобритании. Глобальная сеть *Aladon (The Aladon Network)* под руководством *Маркуса Бассона* затем стала эксклюзивным разработчиком программ технического обслуживания и ремонта, направленных на надежность. Моубрей посвятил развитию RCM всю жизнь, проработав в своей организации до 2004 г. и подготовив ни одно поколение экспертов RCM. К концу 1980-х и началу 1990-х гг. методология RCM 2 стала применяться более чем на 1 000 предприятиях в 40 странах мира. Методологию адаптировали ко всем видам производств – машиностроительной, сталелитейной, горнодобывающей, обрабатывающей, энергетической промышленности, медицине, военному и морскому флотам, строительству, телекоммуникациям и транспорту.

1990-е гг.: Использование RCM в прочих системах, повсеместное распространение

В 1990-х гг. были введены международные стандарты в области управления физическими активами. Так, Сообщество автомобильной инженерии (SAE) представило новые стандарты: JA 1011 и JA 1012, которые определяют выбор стратегии обслуживания оборудования в соответствии с целями RCM. Стандарт SAE JA 1011 называется «Критерии для оценки процесса управления надежностью». Он содержит минимальные требования к процессу RCM и указывает последовательность этапов RCM-анализа. Стандарт SAE JA 1012 описывает два подхода к выбору политики управления отказами: более дорогой, полный и строгий подход и более бюджетный – с помощью полной диаграммы RCM. В стандарте JA 1012 главным критерием политики управления отказами является акцентирование внимания на экологических последствиях. В 1999 г. публикуется книга *Reliability-centered Maintenance* Моубрея, которая полностью соответствует международным стандартам технического обслуживания и является официальным справочником методологии RCM 2. В настоящее время RCM представляет собой проверенную временем методологию, общепринятую в мировых промышленных отраслях.

8.3. Принципы методологии RCM

Методология RCM основана на нескольких принципах:

1. *Ранжирование оборудования.* Критерии для ранжирования – влияние на безопасность, роль в технологическом процессе, затраты на устранение отказов и ликвидацию последствий аварий. Таким образом, выделяется критичное оборудование.

2. *Ранжирование отказов критичного оборудования.* Инструмент ранжирования – анализ видов, последствий и критичности отказов (АВПКО / англ. FMECA).

3. *Выбор эффективной работы по предупреждению каждого отказа.* При этом работа является эффективной, если она соответствует механизму отказа, ее выполнение приводит к снижению вероятности отказа, а затраты на нее оправданы последствиями, к которым может привести отказ.

В числе таких работ выделяют:

а) периодические воздействия:

- работы по состоянию;
- плановая замена элементов оборудования;
- плановое восстановление характеристик оборудования;
- проверки на скрытый отказ;

б) неперiodические воздействия:

- изменения конструкции оборудования;
- изменения правил обслуживания и ремонта;
- улучшение условий эксплуатации;
- повышение квалификации персонала;
- работы по устранению отказа.

4. *Формирование программы работ ТОиР как совокупности работ по предупреждению каждого отказа.*

Методология RCM основана на постулате, согласно которому поддержание единицы оборудования в безупречном состоянии (согласно предписаниям ее производителя) не является самоцелью, целью же является обеспечение надежности критичных для деятельности предприятия производственных и технологических процессов.

8.4. Критичность оборудования. Ранжирование оборудования по критичности потенциальных отказов

Реализация RCM начинается с функционального анализа оборудования:

– определение функций каждой единицы или группы оборудования в конкретных условиях его эксплуатации в составе производственной системы вместе с требованиями к качеству выполнения этих функций;

– определение перечня функциональных отказов как неспособности выполнять функции в соответствии с требованиями;

– определение перечня критичного оборудования, отказ которого ведет к функциональному отказу, расчет индекса критичности оборудования.

Критичность оборудования – это определение степени важности каждой единицы оборудования или системы с учетом вероятности ее отказа.

Порядок проведения и общие методические принципы АВПКО технических объектов всех видов установлен стандартом ГОСТ 27.310-95.

Уникальная методика анализа критичности оборудования включает использование качественного метода для распределения оборудования в системе по степени критичности и по уровню ремонтпригодности. При анализе критичности используются показатели степени серьезности последствий и частоты отказов, влияющих на безопасность, окружающую среду и производство, что позволяет проводить классификацию по степени относительной критичности (рис. 33).

Для выявления приоритетности оборудования необходимо проранжировать его в порядке убывания индекса критичности отказов, а потом идентифицировать объекты, вошедшие в верхнюю часть списка. В качестве индекса критичности используется RPN (*англ.* risk priority number) или ПЧР (приоритетное число риска) – значение приоритетности риска, которое вычисляют по формуле:

$$RPN = S \times O \times D, \quad (8.2)$$

где *S* – (*англ.* severity) тяжесть/значимость последствий отказа данной единицы оборудования; *O* – (*англ.* occurrence) вероятность отказа этого оборудования в течение определенного периода времени; *D* – (*англ.* detection) вероятность, что отказ не будет обнаружен до проявления его последствий.

Множители, входящие в RPN, определяются как ранг по шкале от 1 до 5 или от 1 до 10, а не как фактическое значение вероятности или тяжести последствий. При этом значения RPN изменяются в диапазоне от 1 до 1000.

Ранг вероятности отказа *O* устанавливают пропорционально частоте отказов данного оборудования (число отказов в сутки, в неделю, в месяц, в год). Эти данные должны накапливаться в информационных системах управления ТОиР по ходу эксплуатации оборудования. Если же статистики отказов нет или она



Рис. 33. Расчет критичности отказа оборудования

неполная, привлекаются специалисты предприятия по направлениям, хорошо знакомые с работой данного оборудования – механики, электрики, гидравлики, технологи. Их экспертные оценки используют при определении величины вероятности отказа (табл. 10).

Для определения тяжести последствий отказа S учитывают категории последствий. Пример оценки последствий отказа оборудования представлен в табл. 11. Согласно ГОСТ Р 27.303-2021 (МЭК 60812:2018) учитывают следующие категории тяжести последствий отказа оборудования:

- последствия для безопасности (отказ может повлечь гибель или травмы людей);
- экологические последствия (отказ может нанести вред окружающей среде);
- производственные последствия (отказ влияет на выполнение оборудованием своих функций и может повлечь снижение производительности и/или качества);
- экономические последствия (последствия отказа проявляются только в повреждении оборудования и выражаются в необходимых затратах на ремонт).

Последствия могут выражаться различными сочетаниями указанных категорий. Источником данных по последствиям отказов также может служить информационная система управления ТООиР, а для их уточнения при проведении RCM-анализа также привлекаются специалисты предприятия по направлениям.

Величина S может быть определена по формуле

$$S = \frac{1 + H + E}{S_1 + S_2}, \quad (8.3)$$

где H – (*англ.* health) ранг последствий для безопасности людей; E – (*англ.* environment) ранг экологических последствий; S_1 – ранг производственных последствий; S_2 – ранг экономических последствий.

Шкалу величин, входящих в RPN, можно выбрать исходя из следующих объяснений. Отказы систем или узлов происходят гораздо чаще, чем отказы агрегатов, так как отказ системы или узла может не приводить к отказу агрегата. Поэтому разброс частоты отказа систем и узлов значительно шире, чем у агрегатов.

Системы и узлы имеют также широкий разброс последствий отказа от полного сохранения работоспособности агрегата/системы до снижения уровня выполнения основной или вспомогательной функции агрегата/системы или полного отказа основной или вспомогательной функции без последствий для безопасности или с таковыми. В этой связи шкалу от 1 до 10 используют для расчета RPN систем и узлов, а шкалу от 1 до 5 – для расчета RPN-агрегатов.

Во время анализа состояния безопасности предприятий особое внимание уделяется выявлению уровня критичности узлов и агрегатов технических объектов. Проблема определения критичных точек и узлов является особенно актуальной при анализе систем в условиях ограниченных ресурсов. Наиболее чувствительными показателями измерения являются скорость производства и пропускная способность предприятия. Проводя анализ производительности

Количественные оценки частоты появления отказа оборудования (пример)

Ожидаемая частота отказа	Ассоциируемая вероятность отказа	Балльная оценка
Частый отказ	$p > 0,2$	10 9
Вероятный отказ	$0,1 < p < 0,2$	8 7
Редкий отказ	$0,01 < p < 0,1$	6 5
Очень редкий отказ	$0,001 < p < 0,01$	4 3
Невероятный отказ	$p < 0,001$	2 1

Пример оценки тяжести последствий отказа

Номер класса тяжести отказа	Наименование класса тяжести отказа	Описание последствия отказа для людей или окружающей среды
IV	Катастрофический	Вид отказа может привести к прекращению выполнения первичных функций системы и вызывает тяжелые повреждения системы и окружающей среды и/или гибель и тяжелые травмы людей
III	Критический	Вид отказа может привести к прекращению выполнения первичных функций системы и вызывает значительное повреждение системы и окружающей среды, но не представляет собой серьезной угрозы жизни или здоровью людей
II	Минимальный	Вид отказа может ухудшить выполнение функций системы без заметного повреждения системы или угрозы жизни или здоровью людей
I	Ничтожный	Вид отказа может ухудшить выполнение функций системы, но не вызывает повреждений системы и не создает угрозы жизни и здоровью людей

оборудования предприятия, нужно не забывать про вероятность случайных отказов.

Так как технический объект (оборудование) состоит из большого количества элементов, в условиях сильно ограниченных ресурсов не получится повысить надежность посредством повышения качества одновременно всех элементов оборудования. Помимо того, предприятие должно иметь в виду, что системы, которые мониторят состояние оборудования, сами могут быть подвержены различным сбоям и отказам. Особенно это касается полностью интегрированных технологий.

Для проведения ранжирования оборудования необходимо разделить оборудование на агрегаты, агрегаты на системы, а системы на узлы (рис. 34). Эксперты при ранжировании оборудования применяют следующий порядок действий:

1. Идентификация и ранжирование агрегатов (выделение критичных единиц).
2. Только критичные агрегаты разделяют на системы и проводят ранжирование системы.
3. Только критичные системы разделяют на узлы, которые ранжируют.
4. RCM-анализ критичных узлов, а на уровне агрегатов и систем RCM-анализ на этом останавливается.

Идентификация агрегатов осуществляется с использованием качественного и количественного признаков.

Качественный признак:

– агрегат – это отдельно стоящая в цеху крупная единица оборудования, решающая определенную производственную задачу;

– агрегат либо добавляет ценность в производственном процессе (основной агрегат), либо способствует этому (вспомогательный агрегат).

Количественный признак – в цехе может быть ориентировочно от 10 до 100 агрегатов. Примеры агрегатов: турбина, насос, компрессор, кран, конвейер, трансформатор, стан.

Для идентификации систем используют функциональный признак. Проводится функциональный анализ агрегата, определяются функции его систем и сами системы. В агрегате может быть, например, от 5 до 20 систем. Одна система может включать разные виды оборудования (механическое, энергетическое). Примеры систем: система электроснабжения, система привода, система охлаждения, механизм подъема, металлоконструкции агрегата.

Для разбиения систем на узлы исходят из того, что узел – это часть системы, которую можно заменить при ремонте. Количество узлов в системе ориентировочно от 5 до 15. Примеры узлов: электродвигатель, редуктор, гидроцилиндр.

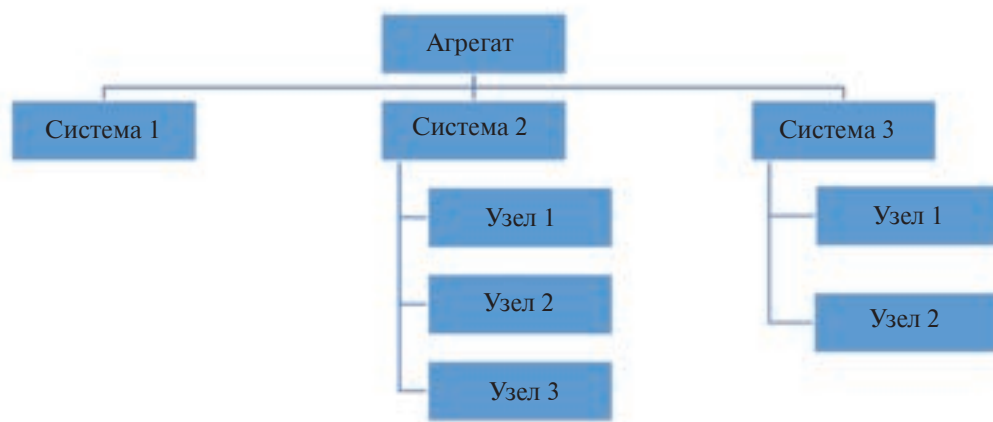


Рис. 34. Структура технического объекта

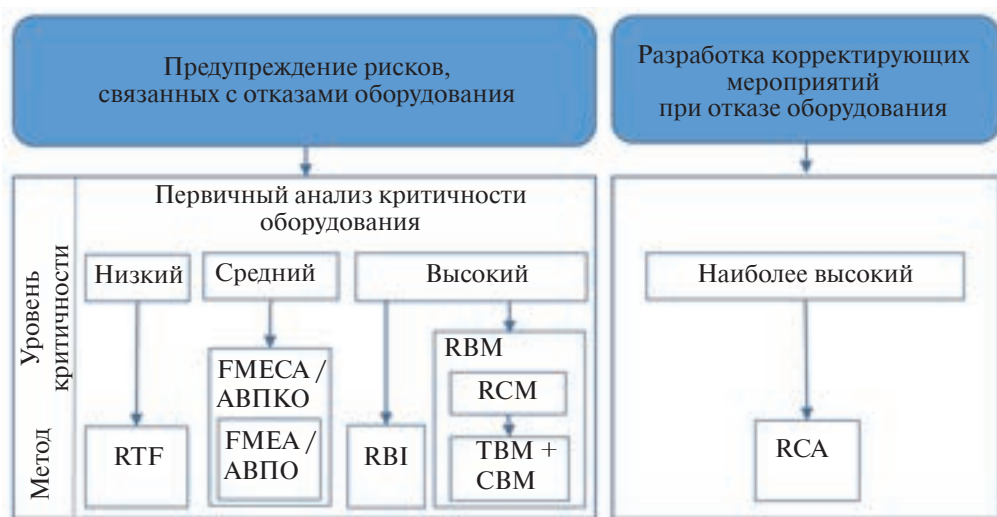


Рис. 35. Схема использования методик при оптимизации технического обслуживания и ремонта

В зависимости от уровня значимости (критичности) оборудования для выполнения основной части технологического процесса, обеспечения безопасности процесса или соблюдения экологических требований используются различные методики для оптимизации ТОиР. На рис. 35 представлена классификация методик, рекомендуемых к использованию при оптимизации ТОиР исходя из критичности оборудования.

Наряду с критичным оборудованием выделяется некритичное – это может быть резервированное оборудование, либо отказ которого не влечет последствий в виде функционального отказа. Далее, по отношению к некритичному оборудованию применяется практика RTF (*англ. run-to-failure*) – ремонта после отказа, а по отношению к критичному – сочетание практик TBM (*англ. time-based maintenance*) и CBM (*англ. condition-based maintenance*). TBM – предупредительные ТОиР по критерию времени наработки оборудования, а CBM – предупредительное обслуживание по состоянию. Таким образом, RCM нельзя назвать в чистом виде предупредительным обслуживанием, так как здесь предупредительные практики комбинируются с RTF.

В то время как метод RCM направлен на предупреждение отказов, RCA (*англ. root cause analysis*, анализ первопричины) или RCFA (*англ. root cause failure analysis*, анализ первопричины отказа) проводится для наиболее критичного оборудования, когда нежелательные последствия отказа уже наступили и привели к потерям, составляющим основную долю ущерба.

Это структурированный пошаговый метод со связанными инструментами для нахождения и анализа реальной причины проблемы и реагирования на нее, а не только на ее симптомы. Это процесс, который помогает заинтересованным сторонам:

- определить, что конкретно произошло;

- определить, почему это произошло (понять причины проблемы);
- достигнуть полного разрешения проблемы за счет разработки корректирующих мер;
- понять, что нужно сделать, чтобы уменьшить вероятность того, что это произойдет снова.

Метод RCA направлен на выявление первичных причин отказа оборудования без рассмотрения их внешних проявлений. Очевидно, что корректирующие действия не всегда эффективны и зачастую требуют их постоянного улучшения. Метод RCA обычно применяют для оценки основной составляющей потерь, однако его можно применять для анализа более общих потерь с целью выявления возможностей постоянного улучшения.

При выполнении RCA разрабатываются планы по реконструкции и модернизации оборудования для устранения коренной причины (*англ.* proactive maintenance); могут быть изменены правила обслуживания или эксплуатации, выбраны другие методы ТОиР; рекомендовано обучение персонала; возможно принятие риска.

В отношении критичного оборудования применяется комплексная стратегия повышения надежности:

- АВПКО анализ, формирование моделей оценки технического состояния, определение параметров надежности оборудования и интенсивности отдельных видов отказов;
- измерение и мониторинг параметров оборудования, использование их как исходных данных в моделях оценки состояния, применение моделей для расчета результирующего индекса состояния;
- расчет показателя важности (интегральный показатель индекса критичности и индекса состояния);
- распределение оборудования по зонам стратегий обслуживания в зависимости от важности (рис. 36);
- ранжирование работ по важности с тем, чтобы направлять ограниченные ресурсы на выполнение в первую очередь тех работ по ТОиР, которые дадут наибольший вклад в повышение надежности.

АВПКО в общем случае представляет сочетание качественного анализа видов и последствий отказов актива с количественными оценками критичности отказов, выявляемых при анализе видов и последствий отказов (АВПО/ФМЕА), возможных или наблюдаемых при испытаниях и в эксплуатации.

При АВПО может проводиться предварительная качественная оценка ожидаемой (наблюдаемой) частоты наступления отказов разных категорий тяжести при эксплуатации объектов. Указанные оценки используют:

- для ранжирования отказов по очередности необходимых доработок объекта с целью их предупреждения с использованием матрицы «вероятность отказа – тяжесть последствий»;
- для построения шкал балльных оценок критичности отказов.

Критичность отказов при АВПКО оценивают с использованием показателей, учитывающих для каждого анализируемого отказа объекта:

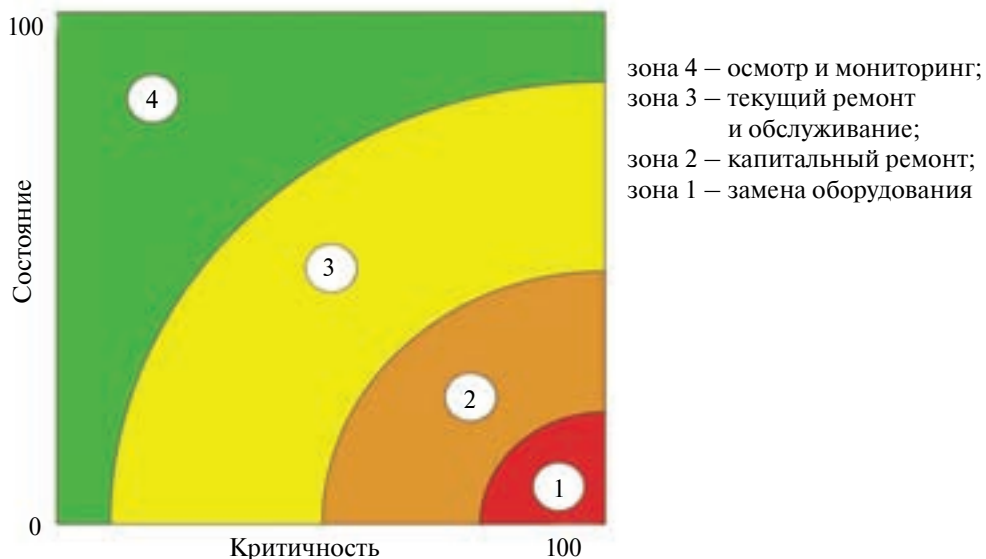


Рис. 36. Распределение оборудования по зонам стратегий обслуживания в зависимости от важности

- вероятность его возникновения за время эксплуатации;
- условные вероятности наступления всех возможных неблагоприятных последствий отказа, если он может сопровождаться несколькими различными по характеру и тяжести последствиями;
- размер возможного ущерба в результате наступления каждого из ожидаемых последствий отказов.

В процессе АВПО проводят предварительную количественную оценку и ранжирование выявленных возможных (наблюдаемых) отказов объектов по тяжести их последствий с целью определения необходимости дальнейшего углубленного анализа и оценки их критичности и очередности проведения соответствующих доработок объекта, технологии его изготовления, системы технического обслуживания и ремонта.

При категорировании отказов по тяжести их последствий должны учитываться факторы в различных сочетаниях:

- опасность отказа (с учетом немедленных и отдаленных последствий) для жизни и здоровья людей (в том числе не связанных непосредственно с эксплуатацией объекта), для окружающей среды, для целостности и сохранности самого объекта, другого имущества и материальных объектов;
- влияние отказа на качество функционирования объекта и полноту выполнения им назначенных функций, возможный ущерб любого вида (материальный, моральный, политический и др.), обусловленный снижением качества функционирования объекта или невыполнением объектом определенных функций (поставленных задач);
- скорость развития неблагоприятных последствий отказа, определяющая возможность принятия соответствующих мер защиты от них.

Выполнение задач RCM-анализа происходит благодаря содействию информационной системы, которая поддерживает мониторинг и оценку технического состояния систем и оборудования.

8.5. Семь шагов RCM

Методология RCM организации программ технического обслуживания и ремонта оборудования, ориентированная на надежность, предусматривает алгоритм последовательных шагов:

1. *Функция и стандарт ее выполнения.* Провести функциональный анализ и выявить выполняемые оборудованием функции. Определить требования к выполнению каждой функции в данных условиях эксплуатации, отклонение от которых считается отказом, включая требования к безопасности и экологии (стандарт производительности).

Пример функции: производство сжатого воздуха компрессором с производительностью 2 м³/мин.

2. *Функциональный отказ.* Определить, что является функциональным отказом в отношении каждой функции оборудования.

Примеры функциональных отказов: а) компрессор не выдает сжатый воздух; б) компрессор выдает сжатый воздух с производительностью 1 м³/мин.

3. *Виды отказа.* Определить причины каждого функционального отказа (виды отказа). При этом должна быть определена первопричина (коренная причина).

Для определения первопричины в рамках RCA используется техника «Пять почему», разработанная при построении производственной системы корпорации Toyota (рис. 37).

4. *Последствия отказа.* Определить, каковы последствия каждого функционального отказа. Например, в случае отказа «компрессор не выдает сжатый







Проблема/причина	Вопрос
Компрессор не выдает сжатый воздух	Почему? 
Не работает электродвигатель компрессора	Почему? 
Сработала защита по току статора	Почему? 
Разрушился подшипник электродвигателя	Почему? 
Произошло засорение подшипника абразивными материалами	Почему? 
В данных условиях эксплуатации кожух электродвигателя не обеспечивает должную защиту подшипника от засорения	

Рис. 37. Пример проведения анализа первопричин методом «Пять почему»

воздух» последствия могут быть следующими: не работает пневмоинструмент, продукция не выпускается, последствий для безопасности и экологии нет.

5. *Критичность отказа*. Определить критичность каждого функционального отказа. Для этого необходимо количественно оценить последствия отказа и частоту (вероятность) их возникновения.

Пример: происходит остановка производства на 1 час для перехода на резервный компрессор, и образуется недовыпуск продукции на соответствующую сумму. Отказ происходит каждые двое суток.

6. *Стратегия ТОиР (проактивные действия)*. Выработать применимую и эффективную стратегию ТОиР в отношении каждого отказа.

Стратегия считается применимой, если она способна снизить критичность данного отказа (уменьшить вероятность отказа и/или его последствия), и эффективной, если затраты на ее реализацию менее значимы, чем последствия отказа.

Пример: предупредительное обслуживание с очисткой подшипника и заменой смазки применимо, но не эффективно, так как его требуется проводить каждую смену, с остановкой компрессора и производства на 20 мин. В результате за двое суток образуется еще больший недовыпуск продукции, чем при отказе и переходе на резервный компрессор.

7. *Разовое преобразование*. Определить, возможны ли эффективные разовые преобразования.

Пример: по результатам всех этапов сделан вывод, что эффективной будет политика управления отказом «конструктивная доработка» – разработка, изготовление и установка дополнительного защитного кожуха.

Возникновение отказа

Процесс полного RCM-анализа по отношению ко всему технологическому оборудованию достаточно долгий и трудоемкий. Данный процесс отсрочивает введение оптимальных систем работ и получение эффекта. В действительности не все руководители готовы и имеют возможность к длительному проекту, связанному с сильной загрузкой персонала и облачными перспективами. Данные факторы в большей степени сдерживают внедрение RCM.

В качестве внедрения RCM профессионалы рекомендуют пользоваться разумным пределом. В данном случае имеет место использование принципа Парето. Данный принцип подразумевает, что 80 % всех проблем возникают из 20 % причин. В приведенном примере следует выделить около 20 % активного оборудования, на которое приходится 80 % тяжести последствий функциональных отказов.

Обязательно исполнению данных 7 шагов должно предшествовать ранжирование (приоритезация) оборудования. Данный процесс способствует выявлению самых критичных элементов используемого оборудования и ограниченные ресурсы. А также помогает сосредоточить внимание и скорее достичь серьезного эффекта от использования RCM.

Перед ранжированием оборудования должен быть сформирован перечень основного технологического оборудования, проведена паспортизация, систематизирована информация о выполняемых работах по ТОиР, накоплены достоверные данные по затратам на ТОиР — как плановым, так и фактическим, собрана статистика по дефектам, отказам и их последствиям, по простоям с указанием их причин.

Сохранение функций оборудования

После анализа системы и ее свойств принимается комплекс мер по сохранению и улучшению условий функционирования технического объекта или системы. А именно обосновывается расход ресурсов на сохранение эффективности функций.

Такой подход позволяет предприятиям оптимизировать работу по техническому обслуживанию и ремонту оборудования согласно рекомендациям производителя.

8.6. Основные варианты проведения RCM

Суть методологии RCM сводится к автоматизированному контролю за технической эффективностью, безопасностью и экономичностью эксплуатации оборудования после детального анализа исходных данных. На основе этого анализа для каждой части оборудования выбирается наиболее подходящий с точки зрения экономии и надежности тип технического обслуживания (реактивное, профилактическое и т. д.).

Проведение RCM-анализа базируется на следующих постулатах:

1. *Определение технических условий функционирования системы.* Составляется детальный перечень всех единиц оборудования, входящих в систему, с подробным описанием функций, характеристик и условий эксплуатации).

2. *Анализ функций системы и ее составляющих.* На данном этапе составляется список всех главных и вторичных функций системы, анализируются методы генерации и передачи данных, выявляются такие критерии, как эргономичность, экономичность, безопасность, защищенность системы и т. д.

3. *Определение и анализ функциональных отказов системы.* На этом этапе RCM-анализа выявляются все потенциальные отказы, признаки и причины их возникновения. Методология RCM применяется для наиболее важных и критичных для производства систем. Это оборудование, поломка которого может серьезно сказаться на процессе производства вплоть до его остановки.

4. *Выявление возможных последствий отказов.* Анализируются и описываются возможные последствия каждого отказа при условии того, что меры по их устранению предположительно не принимались. Функциональные сбои способны приводить к плохой производительности, избыточному и недостаточному выполнению функций, выполнению нежелательной функции или полному отказу).

5. *Оценка возможных последствий отказов.* На этом этапе рассматриваются варианты сценариев и последствия сбоев. Группа экспертов анализирует ответы на следующие вопросы:

— какое влияние окажет сбой на производство?

- может ли отказ угрожать безопасности людей и окружающей среды?
- какие расходы повлечет за собой отказ?
- может ли сбой привести к полной или частичной остановке выполнения операций?

б. *Выбор эффективной тактики для каждого компонента оборудования.* Для данного этапа RCM-анализа применяют специально разработанную диаграмму принятия решений. Это некий алгоритм, позволяющий, отвечая на вопросы «Да» и «Нет», выстроить логическую цепочку ответов, определить группу отказов и прийти к решению проблемы. Эксперты выстраивают тактику ТОиР по-разному: где-то применяют профилактическое обслуживание по графику, где-то выбирают ремонт в зависимости от состояния детали, а каким-то агрегатам дают работать до отказа.

8.7. Этапы выполнения ТОиР по методологии RCM

Успешное применение RCM требует хорошего знания оборудования и систем, условий и контекста их применения, взаимосвязанных с ними систем, а также возможных отказов и их последствий. Наибольшая эффективность достигается в случаях, когда анализ нацелен на предупреждение и/или ослабление последствий отказов, имеющих серьезные последствия с точки зрения безопасности, влияния на окружающую среду, экономичности и эффективности применения изделий.

Все задачи должны быть нацелены на обеспечение безопасности изделий или оборудования для персонала и окружающей среды, а также на выполнение требований по эффективности и экономичности их эксплуатации. Вместе с тем критерии отбора должны зависеть от природы изделий/оборудования и их назначения. Например, производственные процессы должны быть экономически жизнеспособными и отвечать строгим требованиям по охране окружающей среды, в то время как изделия военного назначения должны полностью отвечать оперативным требованиям, но при этом к ним могут применяться не столь жесткие требования по безопасности, экономичности и экологичности.

Программа технического обслуживания представляет собой полный перечень работ по ТОиР для системы, составленный применительно к заданным условиям ее эксплуатации, включая те, необходимость выполнения которых вытекает из RCM. Программа ТОиР обычно состоит из начального и текущего, корректирующего перечней работ.

Согласно ГОСТ Р 27.606–2013 основными этапами методологии RCM являются:

- а) инициирование и планирование;
- б) анализ функциональных отказов;
- в) отбор задач;
- г) внедрение;
- д) непрерывное совершенствование.

Инициирование и планирование RCM-анализа

Первый этап планирования RCM-анализа заключается в определении потребностей и масштабов исследований, нацеленных как минимум на решение следующих задач:

- а) установление оптимального состава работ по ТОиР актива;
- б) выявление возможных конструктивных доработок актива;
- в) выявление ненужных, неэффективных работ по ТОиР;
- г) выявление возможных резервов для повышения надежности актива.

Процесс оценки необходимости RCM-анализа должен быть постоянной обязанностью менеджмента в рамках действующей в организации программы непрерывного совершенствования системы ТОиР.

Обоснование и выбор приоритетов

RCM-анализ как составная часть общей политики в области ТОиР должен применяться только при наличии убежденности в его экономической эффективности или в тех случаях, когда прямые коммерческие выгоды отступают на задний план под влиянием других, критически важных, требований, таких как безопасность физического актива или охрана окружающей среды. Действие указанных факторов должно учитываться на протяжении всего срока службы актива.

Подвергаемыми в обязательном порядке анализу считают отдельные системы, влияющие согласно проведенным оценкам на общие цели предприятия. Выбор этих систем и определение очередности решения относящихся к ним задач осуществляют с учетом широкого ряда критериев, таких как:

- а) эффективность ТОиР;
- б) повышение надежности;
- в) изменения конструкции и условий эксплуатации.

Приоритетность систем определяется распределением приоритетов деловых целей предприятия.

Методика RCM-анализа должна содержать набор руководящих указаний по его проведению и принятых допущений и предположений. Эти указания и допущения должны быть четко сформулированы и отражены в документации с тем, чтобы определять общий подход к проведению анализа и обеспечивать состоятельность его результатов.

Проведение RCM-анализа требует привлечения информации относительно условий и режимов эксплуатации технических систем и использования предыдущего опыта при наличии соответствующей информации. Например, должны быть изучены все доступные данные о ранее наблюдавшихся отказах, с тем чтобы разрабатываемая программа ТОиР обеспечивала их предупреждение и/или устранение. Протоколы проведенных ТОиР могут давать представление об изменениях технического состояния физического актива в процессе эксплуатации. Вместе с тем при отсутствии достаточного объема данных могут также использоваться соответствующие экспертные оценки специалистов, хорошо знающих рассматриваемое оборудование.

Анализ функциональных отказов

Создание с помощью RCM-анализа успешной системы ТОиР зависит от ясного понимания функций актива, возможных его отказов и их последствий, выраженных в терминах достижения целей организации с использованием рассматриваемых активов.

Организация выбирает методы анализа функций оборудования, видов и последствий их отказов, исходя из собственных целей и схемы эксплуатации этих видов оборудования. Вместе с тем результаты такого анализа должны давать информацию, пригодную для проведения RCM-анализа.

Отбор задач

Результатом RCM-анализа может быть перечень многочисленных задач ТОиР, выполняемых самыми разными частотами. Далее этот перечень должен быть рационализирован, с тем чтобы можно было составить расписание ТОиР актива, удалив из предварительного перечня дублирующие друг друга работы и выровняв периодичности выполнения оставшихся. Это выравнивание следует проводить с осторожностью, чтобы изменения периодичности работ не повлияли отрицательно на безопасность, не нанесли ущерба окружающей среде и не привели к существенному ухудшению эксплуатационных характеристик актива.

Первым шагом процесса рационализации должно быть определение потребностей в персонале для выполнения ТОиР. Для этого потребуется определить требуемые специальности, квалификацию исполнителей и организационные уровни, на которых должны выполняться те или иные работы. Такими уровнями могут быть операторы, обслуживающий персонал эксплуатирующей организации, специализированная сторонняя ремонтная организация или изготовитель оборудования. Далее задачи ТОиР должны быть классифицированы по специализации исполнителей и уровням выполнения.

Рационализацию проводят посредством приведения расчетных значений периодичности отдельных задач ТОиР к единой шкале измерений (календарному времени, наработке в часах или циклах) с последующим их выравниванием в целях составления оптимального расписания ТОиР всех видов и уровней выполнения. Процесс рационализации следует начинать с задач с наиболее ограниченной гибкостью, например с тех, которые направлены на предупреждение отказов, угрожающих безопасности или окружающей среде, или выполнение которых требует обязательной остановки работы оборудования. На выровненный таким образом график выполнения этих работ затем налагают задачи по предупреждению отказов, влияющих на экономические и технические характеристики оборудования, стремясь избежать совмещения несовместимых работ. Вместе с тем может оказаться, что некоторые задачи не поддаются рационализации, и в этом случае процесс RCM-анализа должен быть повторен.

Внедрение рекомендаций, полученных в результате RCM-анализа

Приступая к разработке программы ТОиР, полезно внедрение электронных систем регистрации результатов RCM-анализа и всех последующих изменений, вносимых в систему ТОиР в процессе эксплуатации.

Программа ТОиР, составленная на основе RCM-анализа, должна быть полностью включена в план ТОиР активов предприятия.

Непрерывное совершенствование

RCM-анализ достигает поставленных целей только при условии дальнейшего совершенствования построенных на его основе систем ТОиР оборудования.

Установленные первоначально условия и режимы эксплуатации и допущения, принятые при RCM-анализе, не являются догмой и могут корректироваться на протяжении сроков службы оборудования. Они должны регулярно пересматриваться с учетом изменений конфигурации оборудования или предъявленных к ним эксплуатационных требований. Изменения условий и режимов эксплуатации могут повлечь за собой внесение изменений в состав или периодичность выполнения задач ТОиР.

8.8. Блок-схема проведения RCM (диаграмма принятий решений)

Выбирая эффективную тактику ТОиР в ходе RCM-анализа, эксперты используют специально разработанный инструмент — диаграмму принятия решений (рис. 38).



Рис. 38. Диаграмма принятия решений при RCM-анализе

Диаграмма принятия решений — это алгоритм, при работе с которым группа экспертов выявляет:

- признаки, по которым можно предугадать скорое наступление отказа;
- тип воздействия, которое нужно применить в случае возникновения отказа;
- периодичность проведения воздействий.

Признаки отказа, вид воздействия и периодичность выполнения ТОиР устанавливаются путем фиксирования ответов «Да» и «Нет», исходя из логической схемы алгоритма.

На производстве могут пользоваться как полной диаграммой, так и упрощенной. Пример упрощенной диаграммы представлен на (рис. 39).

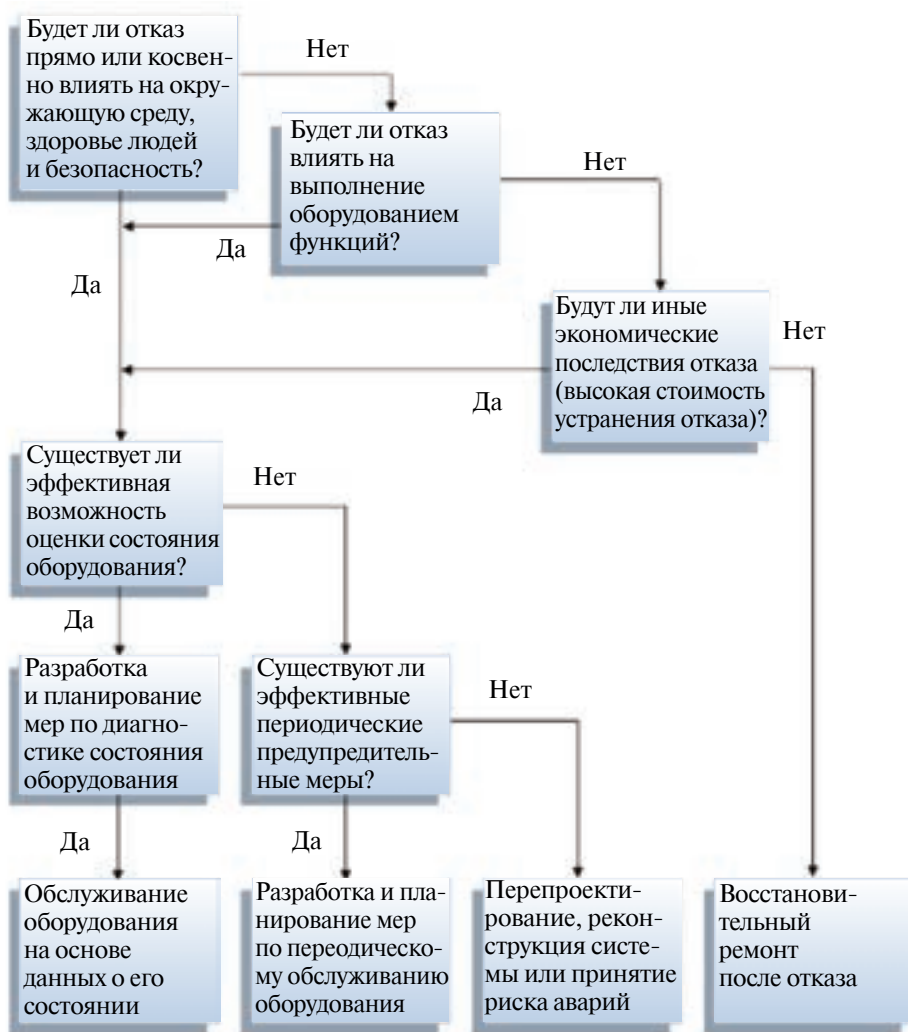


Рис. 39. Пример упрощенной диаграммы принятия решений

В верхней части блок-схема разделена на 4 группы отказов:

- скрытые;
- влияющие на безопасность и окружающую среду;
- влияющие на производство;
- не влияющие на производство.

Этапы работы с диаграммой:

1. Отказы распределены по горизонтали в порядке убывания степени их критичности слева направо (то есть самыми важными являются скрытые отказы).

2. Работу с диаграммой начинают с крайнего левого угла (следуя критериям алгоритма, эксперты RCM двигаются по схеме и определяют тип отказа).

3. Определяются варианты воздействия для снижения вероятности отказа (рассмотрение воздействий проходит в строгом порядке, и решение о его применении принимается исходя из двух утверждений: выполнимо или целесообразно).

Выполнимость обслуживания системы или оборудования определяется исходя из наличия признаков, которые указывают на скорое наступление отказа.

Целесообразность применения воздействия определяет снижение вероятности наступления отказа. Анализируя целесообразность, эксперты рационально рассчитывают расход ресурсов, оценивая издержки на выполнение воздействия.

На этапе определения периодичности проведения воздействий формируется свод и устанавливается взаимосвязь полученных результатов RCM-анализа. После этого оптимизируются графики ТОиР, вносятся предложения и изменения в Программу технического перевооружения и реконструкции (ТПиР).

Все полученные данные специалисты RCM вносят в специальный рабочий лист принятия решений (рис. 40).

Лист принятия решений разработан экспертами RCM на основе многолетнего опыта работы. Он помогает производителям интегрировать данные RCM-анализа с задачами по воздействию на отказы и улучшению производительности.

Лист разделен на 16 колонок, каждая из которых имеет обозначение. В графы F, FF, FM вносятся идентифицированные после анализа данные по функциональным отказам. Следующие 10 колонок должны заполняться ответами на вопросы из блоков «Диаграммы принятия решений» с помощью условных обозначений «Да» и «Нет» (в международном варианте – это буквы Y («Yes») и N («No»)). В оставшиеся 3 колонки вносятся предложения по улучшению и изменению программы, периодичность воздействий и имя исполнителя.

Однако перед заполнением листа принятия решений эксперты вносят данные в специальный документ – информационный лист. Это такой же важный технический акт, как и другая документация при RCM-анализе (рис. 41).

Все решения о возможных воздействиях и их периодичности не должны противоречить нормативно-технической документации.

РАБОЧИЙ ЛИСТ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ			СИСТЕМА			СИСТЕМА №			ИСПОЛНИТЕЛЬ			ДАТА		ЛИСТ №				
			ПОДСИСТЕМА			ПОДСИСТЕМА №			ПРОВЕРИТЕЛЬ			ДАТА		ЛИСТ				
СПРАВочная ИНФОРМАЦИЯ			ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ				ДЕЙСТВИЕ ПО УПОМЯНУТОМУ			ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ЗАДАНИЯ				ПЕРИОДИЧНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ		ОТВЕТСТВЕННОЕ ЛИЦО		
F	FF	FM	H	S	E	E	N1	N2	N3	N4	N5	S4						

ООО «ПИРС» ©

Рис. 40. Рабочий лист принятия решений



Рис. 41. Пример информационного листа

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте систему RCM.
2. Оптимизация системы ТОиР оборудования.
3. RCM как методология оптимизации выбора стратегий ТОиР с учетом теории рисков.
4. Что понимают под надежностью оборудования?
5. Что обеспечивает применение RCM-методологии?
6. Базовые правила бережливой системы RCM.
7. История появления и развития методологии RCM.
8. RBI-анализ. Матрица рисков.

Тема 9

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

9.1. Способы управления производством: по отклонению и по возмущению

Управление – представляет собой совокупность приемов и методов целенаправленного воздействия на объект для достижения определенного результата.

В любом процессе управления существует объект, которым управляют (станок, предприятие, область), и орган, который осуществляет управление (техническое средство, человек, система менеджмента). В процессе управления этот орган получает некоторую информацию о состоянии внешней среды, где находится объект, с которым он связан. Вся эта информация воспринимается управляющим органом, который вырабатывает на ее основе руководящую информацию (принимает решения). На основе принятого решения некоторый исполнительный орган (аппарат управления, руки работающего и др.) совершает управляющее влияние на объект, которым руководит. Эти три составляющие (вместе с информационными связями) образуют систему управления согласно кибернетике.

Под влиянием не известных заранее возмущений фактическое поведение системы отклоняется от желаемого, заданного алгоритмом управления, и, чтобы приблизить фактическое поведение к требуемому, алгоритм управления следует увязать не только со свойствами системы и с алгоритмом функционирования, но и с фактическим функционированием системы. В основе построения систем управления лежат общие фундаментальные принципы менеджмента, определяющие, каким образом осуществляется связывание алгоритмов управления с заданным и фактическим функционированием, а иногда и с причинами, вызвавшими отклонение. В концепции бережливого производства используются три фундаментальных принципа: разомкнутого управления, обратной связи (или управление по отклонению, или замкнутое управление) и компенсации (или управление по возмущению).

При *разомкнутом принципе* управляющее устройство вырабатывает сигнал управления, который поступает на исполнительные элементы объекта управления. На вход управляющего устройства подается сигнал, представляющий собой задание. Задание задается человеком или специальным задающим устройством.

Сущность принципа состоит в том, что алгоритм управления строится только на основе заданного алгоритма функционирования и не контролируется по фактическому значению управляемой величины. Схема управления имеет вид разомкнутой цепи. Данный принцип отличается простотой технической реализации, но оказывается малоэффективным при недостаточной информации о характере возмущений.

Для того чтобы учесть характер возмущений в процессе управления объектом применяют *управление по возмущению* (рис. 42). Здесь управляющее устройство вырабатывает сигнал управления в соответствии с заданием. Одновременно производится измерение возмущений, действующих на объект, и производится коррекция сигнала управления. Полученный в результате коррекции сигнал управления поступает на объект управления. Данный принцип является более эффективным по сравнению с разомкнутым управлением при условии, что имеется техническая возможность измерения возмущающих воздействий. Данная схема применяется в случае, когда влияние возмущающих воздействий существенно, и в случае отсутствия их учета система может сильно отклоняться от желаемого состояния. При такой схеме теоретически возможна полная компенсация влияния возмущений, но только по тем воздействиям, по которым ведется учет. Однако в реальной системе невозможно вести учет всех возмущений, поэтому невозможна и полная компенсация их влияния.

Системы управления по возмущению в сравнении с системами, действующими по отклонению, отличаются обычно большей устойчивостью и быстродействием. К их недостаткам относятся трудность измерения нагрузки в большинстве схем, неполный учет возмущений (компенсируются только те возмущения, которые измеряются).

Принцип *управления по отклонению* (рис. 43) позволяет решить задачу управления при любом характере действующих возмущений. Этот принцип является одним из наиболее ранних и широко распространенных принципов управления. В этом случае сигнал задания поступает на один из входов элемента сравнения, на другой вход которого по цепи обратной связи подается измеренное с помощью датчиков фактическое значение рабочего параметра объекта управления. На выходе элемента сравнения имеем сигнал (ошибку, отклонение), который является разностью между заданным и фактическим значениями параметров. Управляющее устройство в зависимости от величины и знака ошибки вырабатывает сигнал управления. Таким образом, принцип замкнутого управления учитывает не только



Рис. 42. Схема управления по возмущению

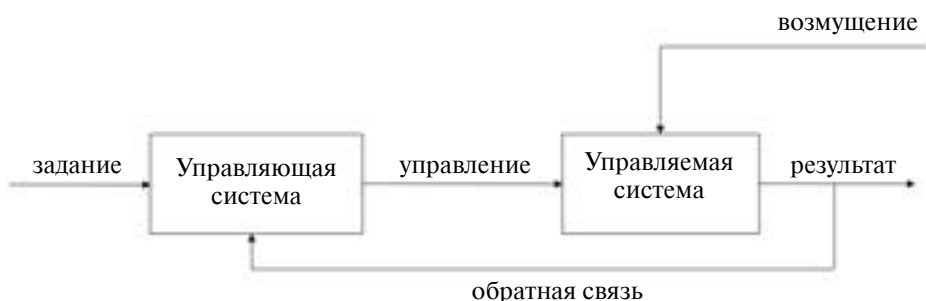


Рис. 43. Схема управления по отклонению

задание, но и фактическое состояние объекта и действующих возмущений. Поэтому данный принцип является универсальным и позволяет достаточно успешно решать задачи управления, несмотря на неопределенность объекта управления и характера возмущений. Однако полная компенсация влияния возмущающих воздействий невозможна.

Наиболее эффективным является комбинация методов управления по возмущению и отклонению. Такие системы называются комбинированными (рис. 44). В комбинированных системах главное возмущение должно компенсироваться системой по возмущению, а все остальные – контуром по отклонению. В этом случае устраняется влияние на процесс регулирования основного возмущения. Кроме того, благодаря наличию обратной связи по регулируемой величине ограничивается действие второстепенных возмущений. Иногда эти системы называют *разомкнуто-замкнутыми*. Они обладают сравнительно высокой точностью поддержания заданной регулируемой величины. Такое регулирование является более эффективным.

Для выбора наиболее эффективной системы управления оценивается уровень и характеристика воздействий. Анализ безопасности системы может проводиться до или после события (априорный или апостериорный анализ), в обоих случаях используемый метод может быть прямым или обратным. *Априорный анализ* имеет место до нежелательного происшествия. Аналитик рассматривает определенное количество таких происшествий, чтобы узнать, как и почему они



Рис. 44. Комбинированная схема управления

происходят. И наоборот, *апостериорный анализ* проводится после того, как нежелательное происшествие свершилось. Его цель – определить ориентиры на будущее и, особенно, сделать выводы, которые могут оказаться полезными для последующих априорных анализов.

Выбор метода зависит от сложности данной системы и от того, что о ней уже известно.

9.2. Выработка корректирующих и предупреждающих воздействий

Априорный анализ. Исследователь выбирает такие нежелательные события, которые являются потенциально возможными для данной системы, и пытается составить набор различных ситуаций, которые могут привести к их появлению. Источниками исходной информации могут быть проектная и нормативно-техническая документация, научно-техническая литература, мнения экспертов, сведения, полученные предшествующими исследованиями при работе над аналогичными объектами исследования. Априорная информация об объекте должна содержать структурное описание объекта и его компонентов, данные о характере преобразования входного сигнала в измерительном канале в виде математической модели, режим работы (статический, динамический) и т. д.

Априорная информация позволяет сократить и упростить эксперимент, исключить необходимость проведения эксперимента по определению математической модели. Априорные сведения об измеряемых факторах позволяют осуществить разработку новых и выбор существующих средств измерения, определить места их установки.

Перед проведением измерительного эксперимента проводят априорную оценку погрешностей в следующих случаях:

- при нормировании метрологических характеристик средств измерений;
- при разработке методики выполнения измерений;
- при выборе средств измерения для решения конкретной измерительной задачи;
- при планировании (подготовке) измерений, осуществляемых с помощью конкретного (данного) средства измерений.

Апостериорная информация — информация, известная об объекте после измерения («апостериори» — после опыта).

Апостериорное оценивание погрешности измерения выполняют в тех случаях, когда:

- априорная оценка неудовлетворительна;
- априорная оценка получена на основе типовых метрологических характеристик средств измерений, а по результатам анализа опытных данных требуется учесть их индивидуальные свойства;
- процедура получения результата измерения содержит оценку погрешности как составную часть;

— требуется получить наиболее достоверную оценку точности результата, для чего необходимо учесть опытные данные.

В общем случае можно рассматривать апостериорную оценку как коррекцию априорной оценки погрешности. Стремление к достижению максимально возможной точности измерения побуждает перейти от коррекции оценки погрешности к коррекции оценки измеряемой величины (результата измерения). Коррекция результата представляет собой введение в него поправок, найденных на основе всей совокупности данных — априорных и полученных в ходе измерительного эксперимента. В этих условиях апостериорное оценивание сводится к определению совокупной неточности введенных поправок. Апостериорный анализ может стать базой для последующего априорного анализа так как исследователь делает выводы, выходящие за рамки единичного процесса, последствием которого стало произошедшее событие. Он одновременно анализирует различные события, которые могли бы привести к такому же или подобному событию.

В методологии бережливого производства используется совокупность априорного и апостериорного анализа. Последовательность мероприятий при изучении опасностей включает три стадии:

Стадия 1 — предварительный анализ опасности.

1. Выявить источники опасности.
2. Определить части системы, которые могут вызвать эти опасности.
3. Ввести ограничения на анализ, т. е. исключить опасности, которые не будут изучаться.

Стадия 2 — выявление последовательности опасных ситуаций, построение дерева событий и опасностей.

Стадия 3 — анализ последствий.

Корректирующее действие — действие, предпринятое для устранения причины обнаруженного несоответствия или другой нежелательной ситуации.

Цель применения корректирующих действий — устранение причин произошедших несоответствий для предупреждения повторного их возникновения. Корректирующие действия проводятся во всех процессах системы менеджмента качества предприятия (включая управляющие процессы, основные и обеспечивающие процессы) при обнаружении несоответствий. Ответственность за применение корректирующих действий несут руководители процессов, подразделений.

Источниками информации о несоответствиях для определения корректирующих действий являются:

- жалобы, претензии потребителей (внешних и внутренних);
- отчеты о несоответствиях (в том числе по результатам внутренних, внешних аудитов);
- выходные данные оценки достижения установленных и желаемых целей;
- выходные данные оценки результативности процессов;
- результаты анализа системы менеджмента качества и процессов со стороны руководства;
- результаты самооценки.

Для эффективного установления причин несоответствий целесообразно использовать широкий спектр статистических методов (таких как диаграммы Парето и Исикавы, диаграмму рассеивания и др.). Установление причин несоответствий должно проводиться отдельным лицом или комиссией, назначенной для разработки корректирующих действий. До принятия корректирующих действий необходимо оценить важность проблемы, что выражается через потенциальное воздействие на такие аспекты, как эксплуатационные затраты, цена несоответствия, характеристики продукции, надежность, безопасность, а также удовлетворенность потребителей и других заинтересованных сторон. Инвестирование корректирующих действий должно проводиться по приоритетам исходя из возможных последствий рассматриваемой проблемы. Руководитель процесса организует разработку, согласование корректирующих действий с подразделениями-соисполнителями и отслеживает их выполнение. Достигнутые корректирующими действиями результаты подлежат регистрации посредством записей. Анализ результативности предпринятых корректирующих действий проводится в последующие периоды времени сравнением достигнутых показателей с показателями предыдущих периодов.

Предупреждающее действие – действие, предпринятое для устранения причины потенциального несоответствия или другой потенциально нежелательной ситуации.

Цель применения предупреждающих действий – устранение причин потенциально возможных несоответствий и предотвращения нежелательных ситуаций. Предупреждающие действия с целью уменьшения возможных потерь следует применять в основных и обеспечивающих процессах, а также в управляющих процессах для повышения удовлетворенности заинтересованных сторон.

Ответственность за применение предупреждающих действий несут руководители процессов, подразделений. Уменьшение потерь в организации через применение предупреждающих действий необходимо планировать. Для достижения результативности планирование предупреждающих действий должно быть систематическим.

Входные данные для определения потенциально возможных несоответствий могут быть получены посредством:

- использования инструментов (средств, методов) анализа рисков (например, таких как анализ характера и последствий отказа – FMEA);
- анализа потребностей и ожиданий потребителей, анализа рынка;
- измерения удовлетворенности заинтересованных сторон;
- оценки тенденций изменения процессов;
- самооценки.

Детальный и систематический анализ процессов дает информацию о потенциально возможных несоответствиях для разработки планов предупреждения потерь и определения приоритетов для улучшения, рассматриваемых процессов. После определения потенциально возможного несоответствия дальнейшая деятельность по установлению причин несоответствия и проведению предупреждающих действий проводится аналогично корректирующим действиям.

9.3. Программа 5С

5С (*англ.* 5S) – система организации и рационализации рабочего места (рабочего пространства), один из инструментов бережливого производства (рис. 45). 5С в качестве философии впервые было внедрено на японских предприятиях после Второй мировой войны.

В повседневной деятельности компании система 5С помогает поддерживать организованность и прозрачность производственных процессов. Она позволяет:

- повысить эффективность работы предприятия в целом;
- улучшить условия труда, повысить его производительность;
- снизить количество финансовых потерь;
- уменьшить количество несчастных случаев на производстве;
- улучшить качество выпускаемой продукции, снизить процент брака;
- стандартизировать и унифицировать рабочие места;
- сократить время на выполнение отдельных технологических операций.

Понятие система 5С включает в себя пять японских слов, начинающихся на букву «С»:

Сейри/*Sort*/Сортируй – означает «убери ненужное», рассортируй предметы или информацию и оставь лишь то, что нужно, избавившись от ненужного;

Сейтон/*Stabilize*/Соблюдай порядок – означает «упорядочи», у всего свое место и все на своих местах;

Сейсо/*Shine*/Содержи в чистоте – процесс уборки является формой проверки, которая позволяет выявить отклонения и факторы, которые могут вызвать аварию или нанести ущерб качеству или оборудованию;



Рис. 45. Система 5С на предприятии

Сейкецу/Standardize/Стандартизируй – разрабатывает системы и процедуры для поддержания и отслеживания первых трех «С»;

Сицке/Sustain/Совершенствуй – постоянно поддерживай рабочее место в порядке, реализуй непрерывный процесс совершенствования.

Начните свою работу по совершенствованию с сортировки. В рабочем цехе или в офисе отделите предметы, необходимые для ежедневной работы по созданию добавленной стоимости. Для правильной сортировки предметов руководствуйтесь следующими принципами:

1. «Ненужными» на рабочем месте считаются: личные вещи, сломанные или требующие ремонта предметы, неиспользуемая тара, мусор, неактуальная документация или документация, не относящаяся к вашей работе, а также сырье, полуфабрикаты, инструменты или оснастка, которые не будут использоваться в вашей смене.

2. «Нужными» на рабочем месте считаются вещи, которые используются в работе с некоторой постоянной периодичностью, но реже одного раза в месяц. Сюда можно отнести: техническую документацию (рабочие инструкции, чек-листы, памятки, графики и т. д.); оснастку для оборудования, используемую для производства именно текущей продукции; рабочие инструменты и канцелярию (например, ручка, пинцет, измерительные приборы, ленты, таблички, емкости и т. д.).

3. Также существует понятие «нужные не постоянно» предметы, которые могут использоваться с периодичностью от одного до шести месяцев или года. Для таких предметов так же выделяется отдельное место хранения.

Затем необходимо соблюдение порядка. Для каждого предмета, определите место хранения с учетом частоты использования. Как располагаются инструменты, которые подают хирургу для работы? Таким же образом должны храниться и использоваться производственные инструменты. Для каждого инструмента, документа, канцелярии, сырья, материалов и оснастки должно быть определено свое место. Все места хранения желательно идентифицировать, особенно это касается закрытых шкафов или коробов. Наведите порядок и поддерживайте его изо дня в день. Такой метод намного облегчит работу оператора или инженера.

При реализации концепции предметы 5С размещаются в соответствии со следующими принципами: расположение на видном месте, легкость доступа к вещи, простота использования, легкость возвращения на место.

Содержите в чистоте рабочее место. Проводите уборку с любой определенной периодичностью. На производстве обычно проводят уборку каждую смену или ежедневно. Все используемые предметы, инструменты, материалы должны быть убраны на свои места. Более того, перед началом работы также необходимо проверить свое рабочее место на чистоту и наличие всех необходимых материалов для начала работы. Для поддержания чистоты на рабочем месте вам поможет стандартизация.

Порядок действий при реализации программы 5С следующий: разбить все пространство на зоны, разработать карты и схемы с указанием расположения оборудования, столов рабочих и т. д.; поделить сотрудников на группы и закрепить

за ними территории для уборки (например, часть цеха или определенный этаж офиса); установить время проведения уборки (5–10 мин до начала и по окончании работы, после обеда, во время простоев и т. д.).

Принцип стандартизации на производстве требует письменного закрепления правил содержания рабочего места и инструкции с пошаговым описанием мероприятий по поддержанию порядка. В целях бережливого производства необходимо также разработать методы контроля за исполнением регламентов, меры по поощрению сотрудников.

В самом простом смысле стандартизация может быть выполнена в качестве рабочих инструкций и чек-листов. С помощью рабочих инструкций можно стандартизировать порядок выполнения уборки, порядок использования маркировки (идентификация). Чек-листы помогают работникам выполнять все действия по организации рабочего места и не оставлять их без внимания.

Совершенствование подразумевает собой самодисциплину и ответственность. Во-первых, каждый работник должен понимать, для чего соблюдаются внедренные принципы. Во-вторых, именно люди на рабочих местах формируют саму работу по совершенствованию и бережливому подходу. Именно работники видят, что можно улучшить и что можно изменить для более удобной организации для соблюдения безопасности и для своего же удобства. В этом и заключается командная работа и вовлеченность сотрудников в работу.

Совершенствование предполагает *выработку привычки по поддержанию порядка и постоянное совершенствование сложившейся системы.* Для достижения этих целей необходимо осуществлять наблюдение за работой оборудования, принимать меры по облегчению его обслуживания; использовать фото до и после применения принципов бережливого производства для оценки конечного результата.

Одним из требований для успешного функционирования системы 5С является *периодическая проверка выполнения требований.* Проверку обычно проводит руководитель организации или назначается должностное лицо. Ежемесячно организация сама решает, какая периодичность необходима. Для проверки составляется чек-лист. Важно понимать, что аудит направлен именно на выявление проблем или мест, требующих внимания или совершенствования. В некоторых организациях аудит 5С проводится в игровой форме, где работники делятся на группы, а по результатам аудита набираются баллы. В некоторых компаниях требования по соблюдению принципов применяются с целью наказать сотрудников, в других организациях соблюдение принципов внесено в показатель премирования сотрудников.

При внедрении системы 5С в офисе порядок идентичен выше описанному:

- расположение верхней одежды в специально отведенных местах;
- прием напитков и пищи должен происходить в специально отведенных для этого местах;
- общая оргтехника должна находиться в исправном состоянии. Необходимо назначить ответственного за поддержание оргтехники в чистоте, а также за обеспечение своевременного ремонта;

- необходимо не допускать нахождения лишних предметов на рабочих столах, загромождения рабочего пространства;
- необходимо соблюдать порядок в шкафах и тумбах;
- необходимо спрятать или уложить видимые провода от техники во избежание травматичных последствий;
- на рабочем месте не должно находиться неиспользуемой или устаревшей документации;
- в некоторых случаях можно внедрить проверку порядка на рабочих столах персональных компьютеров;
- общие переговорные комнаты или конференц-залы должны содержаться в чистоте, эксплуатироваться в соответствии с правилами. Необходимо назначить ответственное лицо или какие-то общие требования ко всем пользователям.

Внедрение системы 5С необходимо производить поэтапно. Это позволит добиться оптимального результата, придать изменениям планомерную форму, успешно преодолеть возможное сопротивление персонала. Процесс можно разбить на следующие этапы или задачи:

- ознакомиться с принципами и принять систему 5С в компании;
- навести порядок и делегировать ответственность;
- определить структуру технологического процесса и планировки помещений;
- разъяснить основы концепции 5С коллективу компании;
- провести общую уборку помещений и прилегающей к ним территории;
- внедрить программу на всех производственных участках;
- использовать контрольные проверки для оценки успешности внедрения концепции бережливого производства и системы 5С;
- снизить количество отходов (по возможности);
- создать чистую и безопасную производственную среду;
- разработать систему мотивации рабочих, обслуживающего персонала и сотрудников офиса;
- обеспечить регулярность действий по поддержанию чистоты, проведение периодического контроля;
- стандартизировать процедуры и постепенно усиливать требования;
- постоянно совершенствовать бережливое производство.

На каждом этапе программы необходимо фиксировать достижение показателей по каждому из принципов концепции 5С. В процесс необходимо вовлекать всех без исключения сотрудников. Важно понимать, что система 5С на производстве – это не перечень мероприятий, которые проводятся время от времени: они должны практиковаться постоянно.

К типичным ошибкам при внедрении системы 5С относятся:

1. *Негативный пример руководителя.* Внедрение программы 5С на производстве может осложниться из-за того, что задачи по поддержанию порядка ложатся только на плечи рядовых сотрудников. При этом руководители могут не участвовать в общем деле и позволяют себе беспорядок на рабочем месте.

2. *Штрафные санкции.* Для успешного применения концепции 5С необходимо положительное подкрепление рабочих. Штрафы, наоборот, убивают

инициативу и мотивацию. Философия бережливого производства предусматривает премирование сотрудников за чистоту.

3. *Неправильная работа с возражениями.* При внедрении концепции 5С у персонала часто возникают возражения/сопротивление: «Я и так знаю, где лежат нужные вещи», «Мне так удобно», «У меня творческий беспорядок». Необходимо грамотно донести до сотрудников преимущества бережливого производства. Основная трудность – изменить сложившиеся привычки.

4. *Навязывание жесткого единого стиля.* Нельзя стирать индивидуальность, на каждом рабочем месте своя логика и свое удобство.

9.4. Паспортизация, совершенствование и визуализация

Рационализация рабочих мест предусматривает создание комфортных, а главное – безопасных условий труда. В соответствии с ч. 7 ст. 209 Трудового кодекса РФ рабочее место (*япон. гемба*) – это место, где работник должен находиться или куда ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя. Согласно той же статье условия труда – это совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

Документация, отражающая применение системы 5С в организации, часто включает паспортизацию рабочего места. *Паспортизация рабочих мест* – это их учет и оформление первичным документом, содержащим нормативные значения показателей, которые определяют организационно-технические характеристики рабочего места и их фактическое значение на момент проведения аттестации рабочего места. Рабочие места являются объектами производственного контроля за условиями труда.

Требования к условиям труда работников устанавливает СанПин СП 2.2.3670–20. Среди прочего он содержит требования к рабочему месту, а также к организации технологических процессов на нем. В соответствии с государственными требованиями охраны труда работодателя должны учитывать:

- размеры рабочего места (рабочей зоны);
- взаимное расположение органов управления;
- расположение средств отображения информации;
- размещение вспомогательного оборудования и инструментов.

Факторы производственной среды и трудового процесса, воздействующие на работника, для рабочих мест с постоянным или непостоянным пребыванием в них людей, должны соответствовать гигиеническим нормативам, утвержденным в соответствии с п. 2 ст. 38 Федерального закона от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», с учетом реализуемых санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.

Аттестация рабочих мест, согласно нормам трудового законодательства, предполагает оценку условий труда на рабочих местах. В ходе такой проверки выявляются вредные и опасные производственные факторы, по ее итогам планируются мероприятия по приведению условий труда в соответствие

с государственными нормативными требованиями. Обязанности по обеспечению охраны труда возлагаются на работодателя.

Паспорт рабочего места позволяет оценить, насколько те или иные производственные факторы влияют на самочувствие, здоровье человека, а также насколько они для него вредны или безопасны, сравнить реальные факторы среды с установленными нормативами на технические, санитарно-гигиенические показатели.

Для тех компаний, которые работают по Международной системе менеджмента качества, паспорт рабочего места должен соответствовать: ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования». Причем паспорта должны быть разработаны для всех рабочих мест, в том числе тех, которые расположены в офисе. Поэтому форма должна быть основана на положениях, приведенных в ГОСТе.

Основными задачами паспортизации являются:

- выявление на рабочем месте вредных и опасных производственных факторов и причин их возникновения;
- определение состояния основных элементов производственных помещений;
- определение показателей состояния безопасности труда;
- определение нормативных и фактических значений вредных и опасных факторов производственной среды;
- определение состояния условий труда путем проведения лабораторно-инструментальных исследований;
- разработка мероприятий по улучшению условий труда.

Паспортизации подлежат производственные помещения и площадки, на которых технологический процесс, оборудование, используемые сырье и материалы могут быть потенциальными источниками вредных и опасных факторов.

Лабораторно-инструментальные исследования вредных и опасных факторов производственной среды проводят санитарные лаборатории и организации, имеющие соответствующее разрешение на проведение лабораторных работ. После выполнения лабораторно-инструментальных исследований и определения показателей выдаются протоколы исследований с выводами о соответствии условий труда санитарно-гигиеническим нормам. Нормативные и фактические показатели факторов производственной среды, указанные в протоколах, заносятся комиссией в соответствующие графы паспорта санитарно-технического состояния условий труда на производственном объекте и на рабочих местах.

Законодательно принятой процедуры по разработке и утверждению паспорта рабочего места не предусмотрено, равно как и унифицированной формы. Она может варьироваться в зависимости от типа предприятия. На практике структура паспорта рабочего места состоит из девяти частей. Рассмотрим содержание каждого раздела подробнее.

Часть 1. Назначение рабочего места

Рабочее место представляет собой закрепленную за сотрудником или группой работников часть производственной площади, оснащенную необходимым оборудованием для эффективного выполнения работы в соответствии

с должностными обязанностями. В данном разделе определяется, каково назначение данного рабочего места и какие характеристики оно имеет.

Часть 2. План работы

В данном разделе представлен индивидуальный план работы сотрудника на определенный период с указанием конкретных задач, которые он должен выполнить за данное время. Руководствуясь этим планом, работник может заранее организовать свою деятельность.

Часть 3. Функционально-организационная структура

Функционально-организационная структура управления — это состав (специализация), взаимосвязь и соподчиненность самостоятельных управленческих подразделений и отдельных должностей, выполняющих функции управления. Позволяет работнику оперативно знакомиться с любыми изменениями в организационной и штатной структуре компании.

Часть 4. Регламентирующие документы

В данном разделе представлены следующие локальные нормативные документы, необходимые для организации рабочего места:

- положение об оплате труда и премировании;
- положение об охране труда;
- положение об аттестации;
- положение о подразделении;
- должностная инструкция.

Регламентирующие документы должны давать необходимый и достаточный минимум информации каждому сотруднику, использующему паспорт рабочего места. Они содержат сведения о перечне, последовательности и нормативах выполняемых работ, обязанностях, степени ответственности и правах работника, производственных связях, об организации труда и его обязательных приемах.

Часть 5. Организационно-распорядительные документы

Документы, содержащиеся в этом разделе (приказы, процедуры), максимально детализируют процесс работы на каждом рабочем месте. Сотрудники могут своевременно с ними ознакомиться.

Часть 6. Пространственное расположение рабочего места

В данном разделе уточняются планировка служебных помещений и расположение рабочего места в пространстве. Рабочие места должны быть организованы в строгом соответствии с рабочим процессом и потоками документации. При этом полезно обратить внимание на следующие практические рекомендации:

1. Структурные подразделения и работники, часто контактирующие между собой в трудовой деятельности, должны быть размещены недалеко друг от друга.
2. Шкафы, стеллажи и другое оборудование необходимо располагать так, чтобы обеспечить к ним доступ.
3. Предметы, которыми пользуются во время работы чаще, должны располагаться по возможности на уровне рабочей зоны.
4. Площадь отдельных рабочих мест должна соответствовать санитарным нормам и специфике профессиональной деятельности.

5. Рабочие места сотрудников компании, занятых приемом большого числа посетителей, следует расположить вблизи от входа в служебное помещение.

Экономия времени и сил работника является важным критерием при организации рабочих мест в компании.

Часть 7. Оснащение рабочего места

Оснащение рабочего места – совокупность расположенных в его пределах оборудования, инструментов, технической и технологической документации, средств охраны труда. Проверка оснащения позволяет выявить участки, на которых автоматизация труда низкая либо работа и вовсе выполняется вручную.

Часть 8. Условия труда на рабочем месте

В данном разделе условия труда на рабочем месте оцениваются на основании сравнительного анализа санитарно-гигиенических и психофизиологических факторов. Показатели должны подбираться в ходе предварительного изучения и отражать те факторы, которые наиболее существенно влияют на формирование условий труда. Учитывается их воздействие на здоровье и работоспособность сотрудника. Для измерения параметров опасных и вредных производственных факторов, определения показателей тяжести и напряженности трудового процесса можно привлечь организацию, уполномоченную заниматься такой деятельностью. Полученные в ходе проверки значения сравнивают с действующими нормами, предельно допустимыми уровнями (ПДУ) и ГОСТами.

Часть 9. Перечень документов на рабочем месте

В данном разделе уточняется, какие из представленных в перечне документов будут использоваться на бумажных носителях, а какие – в электронном документообороте компании.

Применение паспорта рабочего места позволяет повысить работоспособность и эффективность труда, сохранить здоровье работников. Кадровикам этот документ поможет сэкономить время на адаптацию нового сотрудника и избежать возможных ошибок, связанных с его введением в должность.

Любое рабочее место должно наилучшим образом отвечать своему назначению и обеспечивать при этом выполнение основных и вспомогательных обязанностей с наименьшими усилиями на затраченный труд. Для этого необходимо:

- усовершенствовать организацию рабочих мест (удобная планировка, освещение, техническое и технологическое оснащение);
- улучшить обслуживание (обеспечение канцтоварами, мебелью, сырьем, материалами и инструментом);
- уменьшить вредное воздействие факторов, влияющих на здоровье сотрудников (шум, вибрация, микроклимат, радиация);
- укрепить трудовую и исполнительскую дисциплину труда, а также лояльность работников к компании (соблюдение распорядка дня, требований по эксплуатации оборудования);
- улучшение условий труда и отдыха на местах (регламентированные перемены в работе, психологическая разгрузка, санитарно-гигиенические нормы, соблюдение охраны труда и техники безопасности);

– оптимизировать использование рабочего времени (соблюдение трудовой дисциплины, нормирование труда, устранение помех во время работы).

Неотъемлемой составляющей 5С, с помощью которой можно с одного взгляда понять, насколько глубоко удалось продвинуться в улучшении рабочих мест и повышении производственной культуры, является визуализация. Визуализация нужна и на производствах, особенно там, где используется большой спектр материалов и компонентов, и в офисе, в котором главным «рабочим материалом» является информация.

Визуализацию можно рассматривать в двух аспектах:

– как метод представления информации в виде оптического изображения (рисунков, диаграмм, графиков, структурных схем, карт, таблиц и т. д.);

– как размещение всех инструментов, собираемых узлов, деталей, информации о производственном процессе так, чтобы они были видны с первого взгляда.

Среди ключевых преимуществ отмечают:

– быстрое информирование персонала – при этом полученная информация доступна для дальнейшего использования (если работник из-за длительного перерыва забыл нюансы работы, ему будет легче их вспомнить);

– осуществление визуального контроля (например, с помощью методов контрольных листов уборки);

– эффективная борьба с «эффектом замыливания глаза» (например, метод «было/стало» поможет не вернуться к предыдущему состоянию рабочего места и понять, как можно его улучшить);

– однозначная интерпретация одной и той же информации (в текстовом формате для этого пишут инструкции, регламенты, но постоянно обращаться к громоздким многостраничным документам неудобно. А принятая схема 3-х цветных отметок на складе производства сразу однозначно даст понять о месте расположения конкретных деталей и готовой продукции);

– информирование о разных показателях производства (метод информационных табличек при использовании электронного табло позволяет отслеживать брак, проблемы в производстве и статус прохождения изделия по линиям в режиме реального времени; с помощью этого легче найти «узкие места», тормозящие работу предприятия);

– повышение производительности труда (с досками отчетности каждый сотрудник сможет увидеть достижения и проблемы в рабочем процессе и сравнить результаты других со своими; в таком мониторинге сразу выявляются «слабые звенья»).

Существуют различные способы визуализации рабочего места:

1) *кампания красных меток:*

– красные метки на запасах;

– красные метки на оборудовании;

– красные метки на рабочих участках;

2) *метод информационных табличек:*

– обозначение мест размещения;

– обозначения деталей;

– обозначения объемов запасов;

3) *метод разметки пространства*:

- разделительные линии;
- линии открытия/закрытия дверей;
- линии, ограничивающие зоны безопасности;

4) *метод цветового кодирования* применяется, когда:

- рабочая зона имеет функциональное деление;
- необходимо выделить проходы между оборудованием, для того чтобы в них ничего не размещалось и персонал имел свободу перемещения;
- необходимо визуально разделить места хранения;

5) *метод оконтуривания* применяется, когда:

- инструмент хранится на одном и том же месте (не нужно устанавливать правило возвращать инструмент на свое место), но в беспорядке;
- в работе используется очень много разнообразного инструмента либо, наоборот, очень много похожих друг на друга инструментов;
- необходимо сократить время поиска инструмента, а также время, которое необходимо потратить, чтобы выяснить, что инструмент потерялся;

б) *контрольный лист уборки*:

- контрольный лист проверки чистоты;
- карты обслуживания;
- канбан обслуживания;
- чек-лист состояния удаления ненужного;
- чек-лист состояния рационального размещения;
- чек-лист состояния уборки;
- чек-лист контрольной проверки;
- радар 5С.

Для получения оптимального результата при использовании метода визуализации целесообразно соблюдать ряд правил:

1. *Обдуманно выбирать места, где будет размещена наглядная информация* – при выборе мест для размещения визуальной информации желательно следовать следующим рекомендациям:

– *размещать визуальный знак как можно ближе к объекту, которого он касается* – например, указатели должны вести непосредственно до места назначения, а не передавать общее направление; информацию о том, что хранится на стеллажах, лучше размещать непосредственно на таре;

– *размещать информацию о мерах безопасности вместе с рабочей инструкцией*, чтобы всякий раз обращаясь к инструкции, сотрудник видел напоминание о безопасности;

– *убедиться, что информацию можно легко увидеть и прочесть из того места, где она необходима*;

– *размещать информацию в хорошо освещенных местах*.

2. *Использовать конкретные примеры* – проблема многих плакатов, знаков, информационных досок на производстве в том, что они дают общую информацию

об объекте, проблеме или мероприятии; если знакомите персонал с предупреждающими знаками или ярлыками, покажите их наглядно, например: этот ярлык используется для коррозионно-активных химикатов, а этот — для коррозионно-стойких химикатов; детально рассказывайте и показывайте, на что сотрудники должны обращать внимание, как заполнять бланки, как пользоваться сигнальными системами.

3. *Установить стандарты* — одна из самых распространенных проблем при визуализации рабочего пространства заключается в том, что каждый отдел делает это по-своему. Намного эффективнее иметь ряд стандартов, которым будут следовать все отделы:

— *могут быть стандартизованы цвета*: красный цвет может означать предупреждение об опасности, синий — общую информацию, зеленый — указания направления движения и т. д.;

— *могут быть стандартизованы формы*: информацию могут передавать формы знаков. Например, на плашке прямоугольной формы может размещаться общая информация, треугольными могут быть особо важные предостерегающие знаки и т. д. Таким образом, сотрудники могут понять значение знака, даже не читая его;

— *могут быть стандартизованы пиктограммы и символы*: они могут передавать более сложную информацию, поэтому здесь особенно важно, чтобы они были универсальны;

— *избавиться от устаревшей информации*: элементы визуального менеджмента должны быть актуальны и отвечать текущим задачам. Особенно это касается информационных досок. Если сотрудники не будут находить на доске актуальной и ценной для себя информации, в скором времени они перестанут на нее смотреть. Необходимо разработать систему ведения доски, регулярного обновления информации, назначить ответственных сотрудников. Это касается и других средств визуализации: стандарты, планы мероприятий, производственные графики. Если компания переходит на электронные формы визуализации заданий и планов, магнитно-маркерные доски должны быть сразу убраны с производства, чтобы избежать путаницы. Если постеры, знаки, ярлыки и символы приходят в негодность, затираются, выцветают, они должны быть оперативно обновлены.

4. *Иногда лучше меньше, чем больше* — при визуализации рабочего пространства очень важно не переусердствовать: информацию нужно излагать кратко и понятно, знаков должно быть не слишком много, разметка не должна многократно накладываться друг на друга. Визуальный шум лишь затруднит передачу информации.

9.5. Преобразование менталитета работников

Все методы бережливого производства направлены в первую очередь на работников, которые являются основополагающим звеном каждого предприятия. Вспомните рассмотренный ранее вопрос «организационной культуры предприятия» в контексте внедрения концепции бережливого производства. Главная

задача, которая решается путем предложенных методов, — это преобразование менталитета сотрудников.

Менталитет — образ мыслей, совокупность духовных установок, присущих отдельному человеку, группе, обществу. Менталитет человека зависит от социальных условий его формирования и функционирования, связанный с характером деятельности. Для каждой сферы деятельности существуют свои особенности менталитета, которые преобразуются под влиянием внешних и внутренних факторов. Особенности человеческой личности и возможность воздействия на нее с целью повышения экономической эффективности труда работников — одна из серьезных задач руководителя.

Практикоориентированные модели человека появились в связи с необходимостью учесть особенности человека при организации экономики, процессов управления на промышленных предприятиях, маркетинговой политики. Перспективы развития теории мотивации связаны со взаимодействием психологических и экономических концепций. В этой связи анализ экономических моделей человека может быть полезен для обоснования психологической практикоориентированной модели человека.

При рассмотрении основных жизненных ориентаций человека выделяют людей, которые ориентированы на:

- получение удовольствия;
- самореализацию (творчество, стремление полностью реализовать свой потенциал);
- общественные идеалы (общественное благо, стремление принести бескорыстную пользу другим).

При правильном внедрении системы бережливого производства (на фоне: экономических преобразований, перехода на качественно новый уровень развития производства, смены форм собственности, замены старых форм хозяйствования новыми) происходит трансформация трудовых ценностей работников предприятия, изменение трудового менталитета, что в конечном счете ведет к повышению конкурентоспособности рабочей силы, производительности труда и эффективности всего производства.

Среди социально-демографических факторов, влияющих на трудовой менталитет, можно выделить:

- демографические изменения в стране;
- состояние рынка труда, в том числе рост скрытой безработицы;
- позитивные и негативные тенденции в социальной сфере;
- изменение национального и психологического сознания людей;
- социальную защищенность работников;
- материальное обеспечение работников.

Отмечают два приоритетных направления преобразования трудового менталитета:

- во-первых, *необходимо обеспечить сосредоточение внимания на создании групповых ценностных ориентаций* — следует акцентировать позитивную мотивацию работников на производственное соучастие, высокую заинтересованность

в конечных результатах деятельности предприятия, закрепление и повышение его конкурентоспособности на рынке. Гармоничное сочетание интересов работника с интересами и целями предприятия, а также соответствие системы стимулов и ожиданий вознаграждения со стороны работника предприятия неизбежно приведет к повышению мотивации трудовой деятельности работников, и в конечном итоге всего предприятия;

– во-вторых, *необходимо улучшение социально-экономических факторов развития предприятия* как основы для создания благоприятных условий влияния на морально-психологические качества рабочей силы.

9.6. Методология SMED, история возникновения и совершенствования

Одним из эффективных и распространенных методов бережливого производства является SMED (*англ.* single minute exchange of dies), что в дословном переводе означает «замена штампов за 1 минуту». В общеприменимой терминологии в российской практике используется понятие «быстрая переналадка».

Быстрая переналадка — один из инструментов бережливого производства, используемый для сокращения времени переналадки машины или оборудования с целью производства широкой номенклатуры продукции. Она позволяет быстрее переключаться между стадиями производственного процесса, а значит, уменьшать финансовые и временные затраты на создание и хранение продукции.

Быстрая переналадка представляет собой средство постоянного уменьшения потерь, связанных с ежедневным производством. Она может содействовать уменьшению объемов материальных запасов и сокращению общего времени производственного цикла, что позволяет предприятию быстро реагировать на изменения спроса заказчика.

Как и концепция бережливого производства, SMED стала результатом сотрудничества исследователей и производителей на протяжении XX в.

В начале XX в. *Фрэнк Гилбрет* (представитель школы научного управления) в своей работе «Исследования движения» (1911) описал подходы к сокращению времени настройки оборудования. На фабриках Форда также использовали некоторые из методов сокращения времени наладки. В публикации «Методы Ford и магазины Ford» (1915) описаны подходы к снижению времени установки и наладки производства. Но эти методы не стали популярными. В приоритете было наращивание объемов производства, а не оптимизация процесса.

Воплотить идеи SMED в полной степени удалось в Японии в 70–80-х гг. XX в. на заводах *Toyota*. Японский инженер *Сигео Синго*, принимавший участие в разработке методики бережливого производства, начал раскрывать подробности производственной системы *Toyota* без разрешения руководства, и был уволен. Переехав в США, он начал консультировать организации по вопросам бережливого производства. Помимо того что Синго заявил о своем авторстве метода быстрой переналадки, он переименовал его в SMED.

Технически смысл этой системы прост и доступен. *Переналадка* — это все операции, которые необходимо провести для перехода с производства одного вида изделий на другой. Время переналадки — время простоя оборудования между завершением производства последнего изделия предыдущей партии до выхода из производства первого годного изделия следующей партии после переналадки. Соответственно, во время переналадки продукция не производится, и производитель не получает прибыль.

Применение системы быстрой переналадки позволяет добиться следующих целей:

- снижение простоя оборудования и производственных мощностей;
- сокращение запасов незавершенного производства (деталей, материалов, полуфабрикатов);
- расширение ассортимента продукции.

Семь шагов совершенствования переналадки

В основе инструмента SMED лежит принципиальное разделение действий, совершаемых при переналадке:

1. *Разделение внутренних и внешних операций.* Внутренняя наладка — часть операций процесса переналадки, которые выполняются при остановленном оборудовании, подлежащем наладке. Внешняя переналадка — часть операций процесса переналадки, которые выполняются во время изготовления годных изделий на оборудовании, подлежащем наладке. Логика этого этапа заключается в том, что отдельные задачи можно с легкостью выполнить до того, как оборудование будет остановлено на переналадку. В число таких задач входят поиск и назначение конкретных исполнителей, подготовка необходимых деталей и инструментов, некоторые ремонтные работы, транспортировка деталей и инструментов к оборудованию.

2. *Стандартизация внешних операций.* В рамках этого этапа рассматриваются детали рабочего процесса с определением возможности стандартизации. Она позволяет выделить те детали и их функции, которые являются наиболее важными в процессе переналадки. Также необходимо подумать, как эти функции упростить, свести к замене лишь небольшого числа деталей или съемных частей. Стандартизация позволяет использовать одни и те же детали и конструкции для различных операций — задание размеров, центровка, закрепление, съем и затяжка деталей и инструментов. На этом этапе рекомендуется разработать маршрутную карту для каждой операции переналадки. В технологической карте отмечаются последовательность шагов, которые должен выполнить наладчик, время, затрачиваемое на этот шаг, а также способ подачи сигналов другим участникам переналадки.

3. *Превращение внутренних операций во внешние.* Для выполнения этапа нужно:

- проверить операции (возможно какие-то из них ошибочно воспринимаются как внутренние);

– определить реальные функции и цели каждой операции, совершаемой в процессе внутренней переналадки;

– найти способы превратить такие операции во внешние.

Преобразовать внутренние действия по переналадке во внешние помогут три практических метода: предварительная подготовка рабочих условий; стандартизация наиболее важных функций; использование специализированной вспомогательной оснастки.

Такой подход эффективен, когда рабочая оснастка или съемные элементы для изготовления разных изделий имеют разные размеры, и соответственно, в условиях традиционной переналадки их замена, закрепление и центрирование потребует остановки оборудования. Использование вспомогательной оснастки предполагает изготовление двух стандартных технологических плит, на которые в зависимости от типа операции будут устанавливаться детали, инструменты разных размеров.

4. *Оптимизация внутренних операций.* Для решения этой задачи предлагается использовать четыре инструмента:

- внедрение параллельных операций;
- использование функциональных зажимов;
- отказ от регулировок;
- механизация.

Первый инструмент позволяет использовать параллельные операции, то есть разделить функциональные обязанности по переналадке оборудования между двумя или более наладчиками.

Второй метод позволяет закреплять детали и инструменты с затратой минимума усилий и времени.

Третий инструмент призван ликвидировать операции пробных пусков и последующей регулировки оборудования. Полный отказ от пробных запусков и корректировок достигается качественным выставлением установочных параметров оборудования еще до его запуска. Для того чтобы ликвидировать регулировку, необходимо:

- использовать числовые установочные параметры;
- нанести четкие и хорошо заметные центровочные линии;
- применять систему LCM (*англ.* lost common multiple, наименьшее общее кратное, или НОК).

Четвертый инструмент применяется только после успешного внедрения предыдущих методов. Метод механизации нужно использовать для того, чтобы упростить и улучшить настройку оборудования, а не с целью значительного сокращения времени переналадки.

5. *Оптимизация внешних операций.* Для внедрения этого этапа используются следующие инструменты:

- составление контрольных листов (в контрольных листах перечисляются действия и другая информация, необходимая для подготовки и запуска последующих операций. Используя их, можно убедиться, что все инструменты, съемные элементы, работники и документация находятся именно там, где они и должны быть);

– проведение функциональных проверок (они позволяют убедиться в том, что все инструменты, съемные элементы и детали находятся в исправном состоянии. Функциональные проверки дают возможность произвести необходимый ремонт или замену деталей до начала переналадки);

– оптимизация процесса транспортировки (то есть новые детали и инструменты необходимо доставлять к оборудованию еще до его остановки на переналадку, а снятые с оборудования детали и инструменты транспортировать на склад уже после установки новых форматных частей и запуска оборудования).

6. *Автоматизация.* Представляет собой один из подходов к управлению процессами на основе применения информационных технологий. Этот подход позволяет осуществлять управление операциями, данными, информацией и ресурсами за счет использования компьютеров и программного обеспечения, которые сокращают степень участия человека в процессе либо полностью его исключают.

7. *Постоянное совершенствование рабочего процесса.* Важно вовлекать в этот процесс всех участников: от руководства и проектного менеджера до исполнителей. На этом этапе эффективно внедрение плана дальнейших усовершенствований с указанием приблизительных сроков внедрения, поощрение сотрудников при выполнении поставленных задач.

Результаты работ с применением SMED:

– стандартизованная оптимальная последовательность действий при выполнении переналадки, включающая подготовительные работы, непосредственно смену оснастки (инструмента);

– стандартизованное время выполнения переналадки;

– стандартизованные места и способы подвоза оснастки и выполнения внешних операций;

– снижение и стандартизация размера партии и уровня запасов изделий в результате увеличения количества переналадок.

Стандартная операционная процедура переналадки

В результате описанных выше мероприятий разрабатывается стандартная операционная процедура (*англ.* standard operating procedure, или СОП). СОП – это набор пошаговых инструкций, помогающих сотрудникам выполнять типовые действия. Для описания СОП создается стандартная операционная карта.

В соответствии с ГОСТ Р 56908-2016 «Бережливое производство. Стандартизация работы» стандартная операционная карта (*англ.* standardized work chart или СОК) – документ, описывающий последовательность действий и приемов при выполнении операции. Это пошаговое описание последовательности операций на одном листе, включающее в себя требования по безопасности, хронометраж по времени и схему передвижения оператора. В СОК должна быть указана информация об инструменте, приспособлениях и комплектующих, необходимых для выполнения операции.

СОК должна соответствовать некоторым требованиям:

1. *Простота.* Все должно быть описано как можно короче, проще и яснее. Документ должен быть прочитан, понят и запомнен. Длинные и непонятные документы никто не будет читать, не говоря об исполнении.

2. *Действия должны быть расписаны по шагам* (шаг 1, шаг 2...) *и условиям* (Если... то..., когда... тогда...).

3. *По максимуму нужно использовать фотографии и рисунки*, примеры «правильно» и «неправильно».

4. *Нужная справочная информация должна быть удобна для поиска и использования.*

5. *Документ должен быть актуальным.* Как только что-то изменилось, это сразу должно отражаться в СОК.

6. *В тексте нужно объяснять, почему возникло требование и зачем его нужно выполнять.* Можно также описать типичные проблемы, которые вызывает неисполнение.

7. *Документ должен иметь ясную и типовую для компании структуру.* Ссылки на другие документы должны регулярно проверяться.

8. *До начала работы по регламенту нужно обучить людей и убедиться, что они его поняли.* Документ должен быть доступен на рабочем месте и во время тестирования, и после него.

9. *Регламент не должен мешать достижению общих целей компании.*

10. *Если документ принят, нужно жестко требовать его исполнения.* Если он неверно написан, то его исполнение вызовет возмущение и необходимость корректировки.

Составление СОК при переналадке дает ряд преимуществ:

- снижение вариабельности и повышение качества работы;
- стандарт – отправная точка для дальнейшего совершенствования (уже при первичной разработке карты в ее основу закладывается наиболее оптимальный способ выполнения операции на данный момент времени; все последующие улучшения процесса наглядно фиксируются в очередной версии СОК);

- СОК – основа для обучения новичков и повышения уровня квалификации (очень просто проверить действия рабочего, отслеживая правильность их выполнения по карте);

- наличие действующей системы стандартов позволит четко структурировать операции по степени сложности и уровню квалификации, требуемой для их выполнения.

9.7. Канбан – принцип вытягивающего производства

Канбан – метод управления производственными процессами в рамках концепции бережливого производства, который использует информационные карточки для передачи заказа на изготовление продукта между процессами. Канбан (англ. kanban) – японское слово, которое переводится как «бирка» или «значок». С помощью специальной сигнальной системы (карточек и ярлыков) реализуется

механизм «вытягивания» и безостановочного потока продукции — дается разрешение или указание на производство и передачу на следующий этап. Достоинствами этой системы являются: прозрачность и понятность процесса разработки для команды проекта; стимулирование инициативы каждого работника; выполнение задач в срок.

Канбан обычно рассматривается как инструмент *pull-системы* (вытягивающей). С его помощью передается указание на производство или передачу продукта с одного процесса на другой. Канбан был разработан и применялся в рамках производственной системы *Toyota* как способ оптимизации производственной цепочки, начиная с первых этапов прогнозирования спроса на продукт и заканчивая распределением заданий между производственными мощностями.

Цель системы канбан — выпускать только необходимую продукцию в необходимый срок в требуемом количестве. Поэтому на все участки технологической линии сырье (детали, материалы, комплектующие) поставляется только в нужном количестве и строго по графику. Для выполнения поставленной цели реализуется производственная технология «точно вовремя» (*англ.* just-in-time, или точно в срок) на всех этапах производства. Эта технология, в свою очередь, нацелена на оптимизацию размеров складских запасов и гарантию высокого уровня выполнения заказов в установленный срок. «Точно вовремя» — производственная система, которая предполагает синхронную поставку необходимых для производства материалов в нужном количестве и качестве, в необходимое время и место и в соответствующем виде. Канбан представляет собой систему передачи информации, которая используется как информационное обеспечение системы точно вовремя. В качестве средств передачи информации используются различного вида карточки, бирки и тара, которые перемещаются между производителями и потребителями. Все это обеспечивает ритмичный выпуск заранее просчитанного объема продукции.

Принципы эффективного применения канбан-системы:

- каждый производственный процесс использует указанное в канбан-карточке количество материалов от предшествующего процесса;
- каждый производственный процесс производит материалы в количестве и последовательности, указанной на канбан-карточке;
- производство материалов (деталей, частей, продуктов) не должно осуществляться без канбан-карточки — это способствует сокращению перепроизводства и избыточного перемещения продукции, так как объем запасов материалов, деталей и готовой продукции ограничен количеством канбан-карточек, находящихся в обращении;
- канбан-карточка представляет собой заказ за изготовление товара (детали, части), без которого производство товара не осуществляется;
- детали (материалы) с браком изымаются из производственного процесса — это позволяет изготовить полностью бездефектные готовые продукты;
- уменьшение количества карточек повышает уровень чувствительности производства к возникающим проблемам — с помощью канбан-карточек можно

осуществлять контроль за проблемами и уровнем запасов, но необходимо следить за стабильностью канбан-системы.

Карточки не должны быть утеряны, перепутаны или перемешаны, должен соблюдаться определенный порядок их передвижения между этапами производства.

Технология управления потоком производства ценностей и складскими запасами канбан имеет много преимуществ:

1. *Совместимость.* Сигнальную систему (карточки) можно совместить с любым компьютерным интерфейсом, а при всеохватывающем внедрении допускается полная интеграция применяемой системы учета ERP или MRP.

2. *Простота внедрения.* Система производства канбан проста в применении и позволяет вносить все необходимые изменения: вводить новые элементы, удалять и заменять ненужные комплектующие, изменять конструкцию, добавлять новую продукцию. Для этого требуется только изменить количество используемых карточек или заменить их на новые.

3. *Саморегуляция.* Технология канбан является эффективным ориентиром для всех сотрудников производства. Значительно сокращается объем оперативных управленческих задач. Система канбан позволяет автоматически адаптировать процесс изготовления продукции ко всем изменениям спроса. Принципы саморегуляции и гибкости лежат в основе данного метода — изготовление продукции задается картами канбан, выполняется ровно в том объеме, который необходим в данный момент и не зависит от скорости расходования.

4. *Надежность.* Основными характеристиками технологии канбан являются исключительная надежность и гибкость. Независимо от изменений в спросе продукция производится только в необходимом объеме, без излишков.

5. *Устранение или сокращение комплектования.* Процесс комплектования деталей происходит в соответствии с заказом или с отдельным продуктом. Все комплектующие помещают в одну коробку в соответствии с заданным списком. Комплектация требует наличия складского помещения и сотрудников, которые будут формировать комплекты. И даже на этапе комплектации система канбан позволяет сократить, а то и вовсе устранить производственные издержки, так как все материалы находятся в нужном месте и в необходимом объеме.

6. *Увеличение гибкости.* Все необходимые для сборки детали находятся в системе, поэтому любая продукция может быть выпущена без задержек. Производственный процесс происходит в режиме реального времени и зависит лишь от спроса на изготовление того или иного продукта.

7. *Уменьшение манипуляций.* Изготовление полуфабрикатов приводит к неизбежным потерям. Система производства канбан позволяет сократить технологический цикл, так как заранее предусмотрен способ и маршрут перемещения фиксированного количества продукции. Способ управления канбан признан наиболее эффективным и позволяет совершать все перемещения материалов с минимальными издержками. Без карточек канбан продукция не производится и не перемещается.

8. *Уменьшение дефицита.* В отличие от других технологий канбан предполагает наличие двух контейнеров — один из них заполняется продукцией, а детали

из второго контейнера в это время используются. Опустошение тары является сигналом для ее заполнения. Таким образом, уменьшается дефицит комплектующих и обеспечивается бесперебойная работа.

9. *Контроль запасов.* Опыт показывает, что достаточно трудно контролировать запасы, которые являются оборотными средствами. Точный учет — это главное правило управления запасами. Сложно организовать рабочее пространство в системе 5С, если нет возможности управлять количеством. Детали подаются небольшими партиями непосредственно в нужные точки, минуя склад, а готовая продукция сразу же отправляется потребителям.

10. *Оптимизация 5С.* Метод организации рабочего пространства 5С позволяет поддерживать порядок в производственных цехах и на каждом рабочем месте, а также способствует созданию наиболее оптимальных условий для выполнения всех технологических операций. Для достижения наивысшего уровня 5С и организации системного хранения и перемещения материалов в технологии канбан предусмотрены контейнеры, карточки, ярлыки.

Недостатки вытягивающей системы производства канбан:

- ее внедрение возможно только при численности штата от 5 сотрудников;
- она неэффективна для матричной организационной структуры предприятия. Канбан предназначена только для прямого производственного процесса;
- не подходит для долгосрочных стратегических направлений развития;
- система рассчитана на четкое знание сотрудниками функций друг друга, иначе может произойти производственный сбой;
- жесткий дедлайн затрудняет реализацию системы канбан. Продукция должна быть изготовлена в строго определенный срок.

Изучая систему канбан, *Дэвид Андерсон* выделил 4 принципа и 5 правил системы канбан.

Принципы технологии канбан:

1. *Оценивайте все, что вы делаете.* Большинство изменений, как правило, вызывают сопротивление сотрудников предприятия и клиентов. Не следует менять то, что работает правильно и соответствует выбранной концепции.

2. *Будьте готовы к развитию и эволюционным изменениям.* Необходимо вычлени те схемы, которые работают недостаточно эффективно и модернизировать их. Страх и неизвестность всегда препятствуют прогрессу, поэтому преобразования должны проходить спокойно и не вызывать у сотрудников негативных эмоций.

3. *Уважайте роли, обязанности, авторитет и титулы.* Для каждого нововведения необходимо собрать команду единомышленников, которые готовы развиваться и внедрять новые технологии. В любом производственном коллективе есть рядовые работники, которые пользуются авторитетом и уважением коллег.

4. *Поощряйте неформальных лидеров, поддерживайте их начинания и инициативы, содействуйте их карьерному росту.*

Правила, которые способствуют успешному применению системы канбан:

1. *Визуализация рабочего процесса.* Поддерживает внедрение концепции бережливого производства и хорошо подходит для отслеживания влияния инновационной интеграции. Существуют различные способы визуализации рабочего

процесса. Для классификации производственных операций кроме потока работ и времени их исполнения можно руководствоваться другими критериями, например рыночным риском и стоимостью задержек.

2. *Ограничение незавершенных производств* (англ. work-in-progress, или WIP). Хорошо продуманная и грамотная визуализация рабочего процесса позволяет быстро выявить фрагменты WIP, борьба с ними должна происходить на протяжении всего рабочего процесса. Работа, которая не сделана своевременно, негативно отражается на следующем производственном этапе.

3. *Управление потоком работ*. Любые внесенные инновации приводят к изменениям, поэтому обязательно следует проанализировать их последствия и убедиться, что они привели к оптимизации производственного процесса.

4. *Понятность и прозрачность изменений*. Процесс внедрения технологии канбан должен быть понятен всему рабочему коллективу. Незнание и непонимание конечной цели всегда приводит в тупик. Каждый работник обязан четко осознавать, как проходит производственный процесс. Все, даже субъективные, проблемы следует обсуждать своевременно.

5. *Улучшение совместной работы* (с использованием моделей и научного метода). Под ним понимаются непрерывное совершенствование производственных процессов и позитивные изменения в бизнесе.

Внедрение системы канбан осуществляется по принципу вытягивающего производства. Объем работ на отдельно взятом звене производственной линии всегда определяется потребностями следующей операции. На начальном этапе следует рассчитать величину незавершенного производства, которая будет напрямую зависеть от предпоследнего звена. Запрос на изготовление конкретного количества полуфабрикатов делается на предпоследнем этапе и спускается на предшествующий. Получается, что между двумя смежными технологическими операциями устанавливается двойная связь.

В системе производства канбан выделяется ряд блоков:

– информационный – состоит из системы различных карточек, графиков снабжения, транспорта или производства, определенного количества технологических карт;

– управленческий – отвечает за управление персоналом, перемещение сотрудников внутри предприятия, порядком премирования и поощрения работников;

– контролирующий – контролирует качество выпускаемой продукции, осуществляет всеобщее управление качеством (TQM) и выборочный контроль качества (jidoka);

– выравнивания – занимается полным выравниванием производства.

Чтобы технология канбан работала эффективно и давала положительный результат, все структурные единицы блока необходимо применять в комплексе.

Как уже упоминалось выше, между каждыми двумя смежными стадиями производственного процесса устанавливается двойной тип связи:

– с n -го этапа на $n-1$ -й запрашивается («вытягивается») необходимое количество незавершенного производства;

– с n-1-го этапа на n-й направляются ресурсы материального характера в нужном объеме.

Этапы реализации системы производства канбан на предприятии:

1. *Организация рабочего коллектива и планирование проекта:*

– организовать сбор данных о среднемесячном потреблении каждого управляемого по технологии канбан изделия/материала;

– изменить физическое и логическое расположения мест складирования в складском помещении и в производственном цеху;

– определить объем контейнеров и материалов, необходимых для одной производственной операции по формуле: средний расход за период пополнения умножается на страховой фактор (10–30 %);

– изменить физическое и логическое расположения мест складирования деталей по производственным участкам;

– разработать и изготовить сигнальные карточки-ярлыки, разместить их по участкам технологической линии. Если в настоящий момент объем существующих в наличии материалов превышает необходимое количество, то все излишки складироваться в специально отведенном месте с возможностью дальнейшего их потребления.

2. *Сбор информации о среднемесячном потреблении каждого материала/детали:*

– собрать данные по расходу сырья за период не менее 12 месяцев;

– рассчитать полный расход материалов с учетом брака и образцов на тестирование.

3. *Создание и утверждение модели:*

– разработать краткую и конкретную модель работы предприятия;

– описать материальные и информационные потоки.

4. *Переговоры с поставщиками:*

– продумать и выстроить работу с поставщиками таким образом, чтобы продукция отгружалась партиями, в контейнерах определенных размеров. Это позволит свести до минимума количество ошибок в управлении запасами;

– создать такую информационную систему, при которой поставщики будут автоматически получать уведомление о необходимой поставке материалов именно в тот момент, когда достигнута точка перезаказа на производстве.

5. *Разработка модели запросов:*

– создать модель системы запросов для оперативной передачи информации поставщику о необходимости доставить очередную партию материалов в соответствии с объемами и графиками, составленными на определенный период.

6. *Закупка и размещение контейнеров с материалами:*

– закупленное сырье необходимо разместить на подготовленных местах складирования непосредственно на производстве;

– установить каждую пару контейнеров в последовательном порядке, чтобы потребление начиналось сначала из первого контейнера и только потом из второго;

– детали очень большого размера следует разместить на паллеты или поддоны, расставленные в специально выделенных местах. К ним тоже нужно

прикрепить ярлыки – карточки с информацией по коду, наименованию и количеству деталей.

7. *Обучение сотрудников предприятия и утверждение последовательности их действий:*

– провести обучение персонала: диспетчеров, координаторов, планировщиков, снабженцев, мастеров.

8. *Запуск системы производства канбан:*

– зависит от структуры и размеров предприятия, производимой продукции, технологии производства;

– может осуществляться постепенно, по группам материалов и деталей (маркированных ярлыками) или по цехам и производственным участкам.

При внедрении вытягивающей системы производства канбан необходимо назначить координаторов, которые будут контролировать перемещение карточек-ярлыков. Количество координаторов зависит от размеров предприятия. Ярлыки должны перемещаться в определенной последовательности – изыматься и перемещаться из контейнера к сигнальной доске и обратно. При колебаниях спроса или изменениях в планировании продаж координаторы увеличивают или уменьшают общее количество находящихся в работе контейнеров и ярлыков.

9.8. Инструменты *roka-yoke*, *jidoka* и *andon*

Метод пока-екэ (япон. *roka-yoke*) – принцип нулевой ошибки или защита от непреднамеренных ошибок – этот метод призван устранить ошибки, основанные на человеческом факторе. Он основан на убеждении, что возникновению дефектов препятствует такой контроль производственного процесса, при котором дефект не возникнет, даже если машина или человек совершат ошибку. Акцент контроля качества смещается с «проверки готовой продукции на брак» на «предупреждение возникновения брака на каждом этапе производства».

Ошибки, на которые направлен метод *пока-екэ*, связаны не с техникой, а с работником, это невнимательность, забывчивость, неосторожность, незнание, усталость и даже саботаж.

Метод применяется:

– при определении ошибок в области входного контроля – в таком случае дефект выявится до того, как будут совершены те или иные операции;

– при контроле заверченного процесса;

– при проверке в ходе выполнения процесса самим работником;

– при передаче изделия на последующие процессы.

Существует шесть принципов защиты от ошибок:

1. *Устранение* – этот метод устраняет возможность ошибки путем редизайна продукта или процесса так, чтобы проблемная операция или деталь вообще больше не требовались.

2. *Замещение* – чтобы повысить надежность, нужно заменить непредсказуемый процесс на более надежный.

3. *Предупреждение* — инженеры-конструкторы должны разработать такой продукт или процесс, чтобы вообще невозможно было совершить ошибку.

4. *Облегчение* — использование определенных методов и группирование шагов облегчают выполнение процесса сборки.

5. *Обнаружение* — ошибки обнаруживаются до того, как они перейдут на следующий производственный процесс, чтобы оператор мог быстро исправить проблему.

6. *Смягчение* — старание уменьшить влияние ошибок.

Кроме того, выделяют три метода защиты от ошибок:

1. *Контактные методы* — определяют, контактирует ли деталь или продукт физически или энергетически с чувствительным элементом. Примером физического контакта может быть концевой переключатель, который прижимается и подает сигнал, когда его подвижные механизмы касаются изделия. Пример энергетического контакта — фотоэлектрические пучки, которые чувствуют, когда что-то не так в проверяемом объекте.

2. *Считывающие методы* — следует использовать, когда рабочий процесс делится на фиксированное количество операций или продукт состоит из фиксированного количества деталей. В соответствии с этим методом устройство считывает количество деталей и передает продукт на следующий процесс только тогда, когда достигнуто нужное значение.

3. *Методы последовательного движения* — определяют, выполнена ли операция в заданный период времени. Также могут использоваться, чтобы проверить, выполняются ли операции в правильной последовательности. В этих методах обычно используют сенсоры или устройства с фотоэлектрическими выключателями, подключенные к таймеру.

Метод *пока-екэ* применяется не только в производстве. Самые наглядные примеры можно привести из повседневной жизни: самостоятельное выключение электрического чайника, защита от протечек в стиральной машине, системы активной и пассивной безопасности в автомобиле.

Метод дзидока (япон. jidoka — автономизация) — это принцип работы производственного оборудования, которое способно самостоятельно обнаружить проблемы, например неисправность оборудования, дефекты в качестве продукции или задержку в выполнении работы, сразу остановиться и сигнализировать о необходимости оказания помощи. Он исключает перепроизводство — важную составляющую производственных потерь, и предотвращает производство дефектной продукции.

Автономизация:

— запрещает производство неисправных деталей;

— оператор может контролировать работу нескольких машин;

— в отличие от полностью автоматизированных систем производственные системы с автономизацией остаются гибкими, они способны автономно запускаться и останавливаться.

Процесс контроля качества в дзидока основывается на этапах:

1. Определить неисправность.

2. Остановиться.
3. Зафиксировать или исправить непосредственную предпосылку.
4. Исследовать причину и определить контрмеру.

Цель дзидока состоит в том, чтобы быстро определить проблему, сделать немедленную идентификацию и исправление дефектов, проявляющихся в процессе. Дзидока разгружает работников от необходимости постоянно оценивать: нормально ли работает машина. Теперь их усилия включаются в работу, только если машина обнаружила проблему. Таким образом, в условиях автономизации вместо того, чтобы ждать завершения всего процесса, чтобы инспектировать готовый продукт, можно на более ранней ступени определить некачественное изделие и сократить брак. Работник сам контролирует свою работу и рабочее место до того, как зафиксируется дефект, и линия остановится.

Эффективность автономизации заключается в следующем:

- повышается скорость обнаружения дефектов;
- уменьшаются затраты, так как снижается уровень бракованных изделий и неисправность применяемого оборудования;
- предотвращается последующая работа с использованием дефектных изделий;
- улучшается мотивация обслуживающего персонала особенно, если рабочие обучаются, чтобы решать проблемы;
- могут уменьшаться прямые расходы по зарплате, поскольку создается возможность одному рабочему одновременно контролировать несколько машин.

Внедрение автономизации включает следующие принципы:

1. Оптимизация производственного конвейера, устройств, приспособлений: устранение перемещений без грузов, устранение погрузочно-разгрузочных операций, улучшение скорости движения, подачи инструмента.

2. Внедрение экономных станков и устройств: размеры машин и продуктов должны соответствовать условиям рабочего места.

3. Приспособление машин потоку: производительность машин должна подходить для времени такта потока.

4. Упрощение переналадки: разделение переналадки на внутреннюю и внешнюю с использованием быстрозажимных приспособлений.

5. Оснащение машин устройствами для автономного определения дефектов и последующего выполнения всех процессов по устранению дефектов.

Метод андон (япон. andon – дословно означает лампа) – это средство информационного управления, которое дает представление о текущем состоянии хода производства, а также при необходимости создает визуальное и звуковое предупреждение о возникновении дефекта. Это один из главных инструментов в реализации принципа организации производства дзидока – остановка процесса ради улучшения качества. К таким информационным средствам могут относиться цветные лампы, световое табло, информационные панели, мониторы.

Андон работает по принципу светофора:

- красный цвет – процесс остановлен из-за серьезной проблемы;
- желтый цвет – процесс остановлен на короткое время, пока не решится незначительная проблема;

– зеленый цвет – процесс идет нормально.

Это позволяет реагировать на проблему за самое короткое время. Преимущество состоит в том, что можно непосредственно контролировать производство, а рабочий легко может сигнализировать о неисправности, чтобы она сразу же могла анализироваться на месте и устраняться. С помощью андона рабочий может также указывать на то, что он, например, перегружен и нуждается в помощи или что есть проблемы с безопасностью.

На андон обозначаются:

- текущее состояние процесса на машине;
- возникновение неисправности;
- действия (например, переналадка, очистка станка);
- фактическое выполнение заказа.

Для организации внедрения андон на предприятии необходимо реализовать следующие принципы:

- необходимо устанавливать стандарты, чтобы повысить стабильность системы и уменьшить время остановок;
- в рабочей группе должны существовать четкие правила и должна точно определяться ответственность;
- необходимо четко установить рабочие зоны или рабочие станции;
- рабочий процесс разделяют на несколько рабочих этапов;
- заранее устанавливают, какое состояние должно измеряться;
- установление и размещение индикаторного табло должно быть не сложным;
- световые сигналы должны быть простыми и быть понятными для всех;
- индикаторное табло должно быть доступно для обозрения всеми сотрудниками;
- должно быть очевидно, где появилась проблема;
- должно быть очевидно, решалась ли проблема уже или нет;
- определить, у кого есть компетенция и способность решать проблемы;
- необходимо включать информацию о том, как долго стояла поточная линия;
- необходимо четко откорректировать взаимоотношения между рабочим и ответственным за исправление дефекта.

Преимущества использования системы андон:

- обеспечение быстрого реагирования на возникшие проблемы;
- обнаружение на ранних стадиях позволяет избавиться от повторяющихся затруднений (внимание концентрируется на наиболее проблемных местах производства);
- у работников вырабатывается чувство ответственности благодаря имеющимся полномочиям останавливать процесс до полного решения вопроса;
- повышается мотивация к улучшению качества, поскольку все сотрудники могут наглядно убедиться в том, что помощь в устранении проблемы на любом участке будет оказана сразу же;
- предотвращается практика перекладывания решения трудностей на других (таким образом удается стабилизировать процесс производства).

Эффективное использование системы андон возможно только в том случае, если она станет частью философии компании или организации в целом. Концепция бережливого производства затрагивает не столько техническую сторону, сколько устоявшиеся привычки в управлении.

9.9. Метод хосин канри

Хосин канри (япон. hoshin kanri, развертывание политики) — это метод организационного обучения и система создания конкурентоспособных ресурсов. Хосин канри помогает организации учитывать имеющиеся требования, превосходить ожидания потребителя при разработке новых продуктов и обеспечивать надежный рост прибыли, будучи методом стратегического планирования, инструментом управления комплексными проектами, системой управления качеством и операционной системой компании.

Это метод, направленный на то, чтобы стратегические цели обеспечивали реальные улучшения в операционной деятельности компании на всех ее уровнях. Он устраняет потери, возникающие из-за противоречий в руководстве и плохих коммуникаций.

Термин «хосин канри» состоит из нескольких частей:

Хо — направление, метод.

Син — стрелка, игла, булавка, зажим.

Кан — контроль.

Ри — рассуждение, логика.

В результате хосин канри можно перевести как «взятый курс руководства» или «контролируемое направление организации». Для описания хосин канри часто используется метафора корабля, идущего по согласованному курсу.

Понятие появилось в 1950–1960-е гг. Первые компании, которые сформулировали и стали использовать принципы хосин канри, — *Bridgestone tire*, *Toyota* и *Komatsu*.

Примеры решаемых хосин канри задач:

- запуск нового продукта или услуги;
- интеграция единой системы потока ценности с участием множества компаний-поставщиков;
- управление любым комплексным проектом, включающим взаимодействие на уровне различных функциональных подразделений;
- управление компаниями, входящими в портфель инвестиционного акционерного фонда, для обеспечения систематического роста доходности этого фонда.

Хосин канри обеспечивает управление и улучшение каждого аспекта бизнеса. В отличие от стандартного цикла PDCA, где высшее руководство не задействует нижние уровни организации и говорит менеджерам среднего звена, «что делать», в хосин канри в процесс планирования и внедрения стратегических целей вовлекаются и менеджеры среднего звена, и квалифицированные рабочие.

Так возникает новый высокоэффективный тип саморегулирования организации. Наблюдается высокая заинтересованность и понимание стратегических

целей компании у каждого звена организации. А саморегулирующаяся организация со временем становится гибкой и бережливой, так как каждый цикл связан друг с другом и изменение в одном из циклов быстро транслируется на остальные.

Стратегия хосин канри похожа на научную гипотезу, так как для того, чтобы узнать, как она подействует на организацию, ее нужно внедрить. Основы хосин канри: встроенные эксперименты, X-матрицы и формирование команд.

Данная концепция подразумевает одновременное двухуровневое планирование и управление:

- уровень стратегического планирования – основная ориентация данного уровня заключена в достижении значительных улучшений эффективности или обеспечении выполнения ключевых целей компании;

- ежедневный уровень – это уровень текущей деятельности, на котором переводятся установленные стратегические цели на язык конкретных действий.

Один из способов понять хосин канри – это выполнить все стандартные шаги по внедрению метода:

Шаг 1. Создание стратегического плана (хосин канри начинается с формирования стратегического плана (например, годового), который разрабатывается топ-менеджерами для достижения долгосрочных целей компании. Этот план должен быть проработан очень тщательно и должен включать решение небольшого числа наиболее важных вопросов).

Шаг 2. Разработка тактики (на уровне департаментов руководители среднего звена должны разработать тактику, которая наилучшим образом позволит достичь целей, поставленных высшим руководством). Тактика может меняться на протяжении всего процесса реализации стратегии; гибкость и адаптивность являются важными характеристиками метода. Важно и очень полезно проводить регулярный анализ прогресса (например, ежемесячно), в ходе которого оцениваются результаты и корректируется тактика).

Шаг 3. Реализация мероприятий (на цеховом уровне кураторы и руководители групп разрабатывают нюансы и особенности операционной деятельности для реализации тактики, изложенной менеджерами среднего звена).

Шаг 4. Контроль и отладка (предыдущие шаги были направлены на каскадирование стратегических целей вниз через все уровни компании от топ-менеджмента до рабочих. Однако не менее важным является и поток информации в обратном направлении – информация о ходе и результатах внедрения системы хосин канри. Она позволяет замкнуть цикл управления).

Прогресс внедрения должен отслеживаться постоянно и официально пересматриваться на регулярной основе (например, ежемесячно). Контрольные точки обеспечивают возможность корректировки тактики и связанных с ней операционных действий.

Три распространенные ошибки при использовании хосин канри:

- *недооценка значения данного проекта руководством компании* (внедрение этой системы в компании возможно только в том случае, если в этом заинтересованы топ-менеджеры, которые осуществляют управление предприятием);

– *внедрение под сильным нажимом времени* (в этом случае команда внедрения попадает в своеобразный ступор, морально и психологически перегорает);

– *применение одного шаблона внедрения на разных предприятиях* (что подходит одному предприятию, может быть абсолютно недопустимо на другом).

Хосин канри не такой известный и популярный, как некоторые другие инструменты бережливого производства, но это чрезвычайно полезный метод. Он наиболее естественно вписывается в хорошо развитую бережливую культуру, где постоянное улучшение прочно укоренилось на всех уровнях компании.

Необходима личная вовлеченность руководителей высшего звена, которые не только дают распоряжения и принимают отчеты, но и проявляют активную лидерскую позицию.

Основой системы должны быть сотрудники, непосредственно работающие на участках внедрения. При внедрении хосин канри необходимо, с одной стороны, проявлять гибкость, а с другой – быть последовательным и системным.

Для успешного внедрения хосин канри важно найти сэнсея (*япон.* наставник, мастер). На это есть две главные причины:

1. Необходимость абсолютного и полного понимания всего обширного спектра вопросов, ожидающих нас. Практически все, что касается стратегий бережливого предприятия, отличается от традиционного бизнеса, его структур и практик. Плюс постоянное устаревание знаний.

2. Необходимость выращивать собственные человеческие ресурсы. Навыки наставничества не получишь вместе с дипломом университета.

«Как любой другой остро заточенный инструмент, хосин канри способен резать двумя сторонами. Вы можете использовать его как *Toyota* – развивая качества передового предприятия, помогающие создавать продукты, которые порадуют ваших клиентов и заказчиков и не оставят шанса вашим конкурентам. Или этим инструментом можно пользоваться для безжалостного сокращения издержек, изыскивая потенциальные возможности «прорыва» в сфере снижения затрат. Но только постоянно, год за годом давая своим заказчикам продукцию с хорошей ценностью, вы сможете достичь своих целевых показателей по прибылям. В этом основная цель и главное назначение хосин канри».

Схематически процесс хосин канри применительно для отдельного завода представлен на рис. 46.

X-матрица каждого уровня состоит из четырех основных блоков: глобальные цели, стратегия, тактики и количественные цели. При этом стратегии и глобальные цели нижестоящих уровней неразрывно связаны с тактиками и количественными целями вышестоящих уровней (рис. 47).

Поэтому изменение, произведенное на одном из уровней, быстро транслируется и вызывает перемены на всех остальных. Принцип заполнения X-матрицы схематически представлен на рис. 48.

Для принятия обоснованных решений руководителям различных уровней необходимо полагаться на достоверную и своевременную бизнес-информацию. Панели индикаторов хранят данные о результативности и эффективности,



Источник: https://up-pro.ru/library/strategi/strategy_management/hosin-kanri/.

Рис. 46. Хосин канри – подход к каскадированию стратегии

протекающих в организации бизнес-процессов. Эти данные используются для мониторинга, анализа, управления.

9.10. «20 ключей» – комплексный подход к совершенствованию

Трансформация компании – это комплексные изменения, включающие изменения базовых установок и ценностей в компании и имеющие рядом ряд положительных моментов: непрерывные улучшения результативности бизнеса, повышение конкурентоспособности, достижение саморегулируемости и т. д.

Трансформация реализуется путем комплексного применения различных методологий – реинжиниринга бизнес-процессов, тотального управления качеством, процессно-ориентированного управления, ISO 9000, системы управления добавочной стоимостью и многих других. Одной из этого множества других методологий является «Практическая программа революционных преобразований



Источник: https://up-pro.ru/library/strategi/strategy_management/hosin-kanri/.

Рис. 47. Каскадирование стратегии через X-матрицы



Источник: https://up-pro.ru/library/strategi/strategy_management/hosin-kanri/.

Рис. 48. Схематичное представление X-матрицы. Принцип заполнения

на предприятиях» (1982), известная также как система «20 ключей». Она была создана японским профессором *Ивао Кобаяси*, объединила в единую интегрированную систему ряд существующих методик, позволяющих повысить производительность и качество на предприятии. Эта система является результатом анализа и обобщений многочисленных примеров, взятых из практики работы различных компаний.

Основная цель использования этой системы заключается в повышении объема продаж за счет повышения удовлетворенности потребителей. Это является неотъемлемым условием существования предприятия в современной рыночной среде. Основной девиз данной методики – «Лучше, быстрее, дешевле». Можно представить выход компании на мировой уровень в виде возвышения на гору, где у вершины находится состояние поставлять лучший товар в отрасли максимально быстро и по наилучшим ценам.

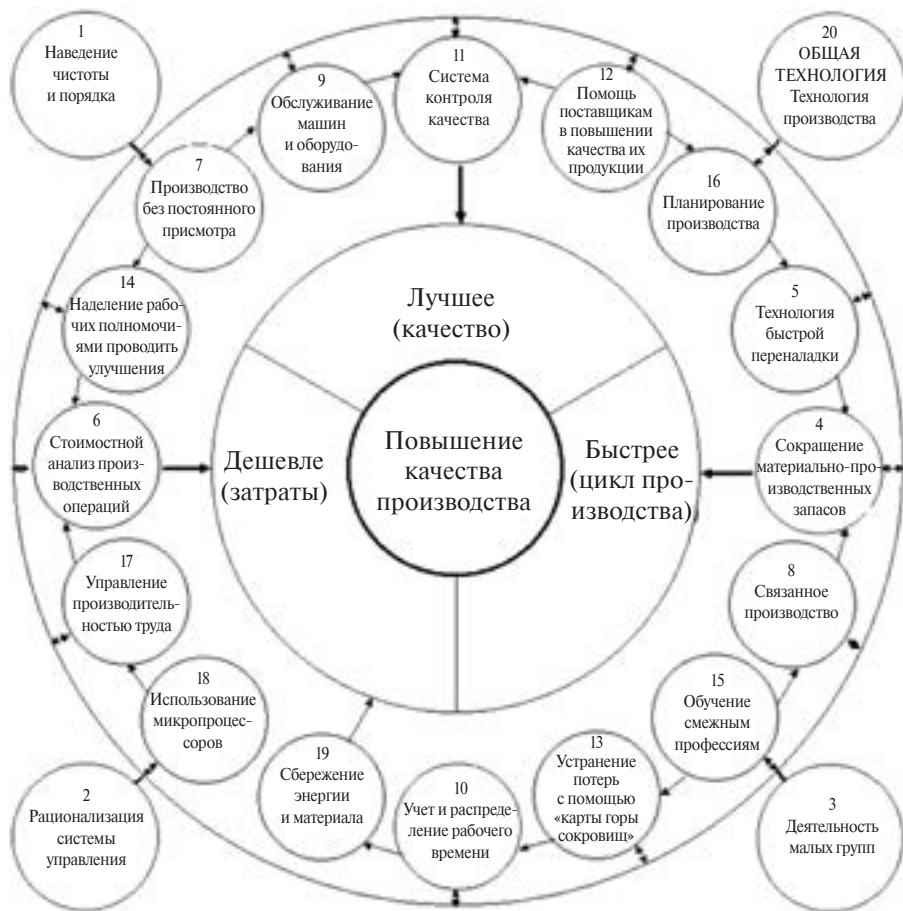
Система 20 ключей включает (рис. 49):

- Ключ 1. Упорядочивание или наведение чистоты и порядка.
- Ключ 2. Рационализация системы управления.
- Ключ 3. Деятельность малых групп.
- Ключ 4. Сокращение материально-производственных запасов.
- Ключ 5. Технология быстрой переналадки.
- Ключ 6. Стоимостной анализ производственных операций.
- Ключ 7. Производство без постоянного присмотра.
- Ключ 8. Связанное производство.
- Ключ 9. Обслуживание машин и оборудования.
- Ключ 10. Учет и распределение рабочего времени.
- Ключ 11. Система контроля качества.
- Ключ 12. Помощь поставщикам в повышении качества их продукции.
- Ключ 13. Устранение потерь.
- Ключ 14. Надделение рабочих полномочиями проводить улучшения.
- Ключ 15. Обучение смежным профессиям.
- Ключ 16. Планирование производства.
- Ключ 17. Управление производительностью труда.
- Ключ 18. Использование микропроцессоров.
- Ключ 19. Энергосбережение и экономия материалов.
- Ключ 20. Общая технология, технология производства.

Особо следует отметить, что измерения в системе 20 ключей привязаны непосредственно к финансовому плану – основному документу предприятия. И этот план касается не только дирекции, бухгалтерии и экономического отдела, он служит реальным планом действий всего коллектива – от рабочего до генерального директора.

Каждое ключевое направление из 20 взаимодействует с остальными 19, создавая синергетический эффект и стимулируя руководителя к конкретным действиям по четко отработанной матрице.

4 ключа (на схеме) располагаются вне кольца. Их задача – поддерживать и стимулировать внутренние 16 ключей, которые в свою очередь взаимно



Источник: <https://www.cfin.ru/management/20keys.shtml>.

Рис. 49. «20 ключей» – комплексный подход к совершенствованию

поддерживают друг друга. В конечном итоге внутренние ключи так же начинают поддерживать четыре внешних. Таким образом, все 20 ключей согласованно повышают качество производства. Ключ № 2 – базовый и находится слева внизу. С целью широкого развертывания преобразований на предприятии необходимо раз в год или полгода проводить многоуровневые собрания, на которых руководители предприятия и рядовые рабочие должны уточнять цели. Благодаря таким встречам достигается принцип внутрифирменной открытости и сопряженности целей, таким образом, согласовываются способы их достижения. Это действительно очень важный момент. При работе по ключу № 2 на предприятиях проводят собрания всего персонала, на которых обсуждают цели компании и вырабатывают корпоративную политику. На ее основе впоследствии разрабатывают план действий, выполнение которого ежемесячно контролируют с помощью так называемой системы трехцветной оценки. Результаты появляются только тогда, когда в рамках ключа № 3 более детально обсуждаются цели и в «бой»

вступают малые группы (кружки качества), которые обеспечивают выполнение намеченного плана.

Благодаря такой работе персонал начинает понимать принятую корпоративную политику и легче переносит перемены. Кроме того, в рамках работы по ключу № 15 осуществляется постоянный процесс повышения квалификации сотрудников и обучение их смежным и несмежным профессиям, в результате чего растет их профессионализм.

Каждый ключ имеет 5 уровней. Максимальная оценка по ключу — 5 баллов. Для того чтобы отпереть все двери, ведущие к совершенству, придется собрать «связку» из двадцати ключей, набрав при этом 100 баллов. Как подсчитал создатель системы 20 ключей Кобаяси, каждые полученные в процессе усовершенствования 20 баллов сопровождаются повышением продуктивности на 100 %. Главная идея этой работы заключается в том, что предприятия, рассчитывающие достичь 5-го уровня по всем ключам, должны соответствовать не только отраслевым стандартам совершенства, но и глобальным требованиям рынка. Итак, *система 20 ключей — ценное орудие создания базы для осуществления конкурентного прорыва*. Это сознательный долгосрочный вклад в будущее любого предприятия. Так как 20 ключей тесно взаимосвязаны, то улучшение одного из них автоматически подтягивает уровень остальных девятнадцати.

Опыт американских компаний показывает, что предприятия, начинающие внедрять «Практическую программу революционных преобразований на предприятии», первоначально имеют порядка 20–30 баллов. И за каждые последующие 3–4 года набирают еще примерно по 20 баллов. Для создания производства высочайшего качества и готовности к изменениям этот подход начинается с оценки рабочих мест по 5-балльной шкале, когда первый уровень характеризует наихудшее их состояние, а пятый, самый высокий уровень, — рабочие места мирового класса.

Главная задача системы 20 ключей — выявление и ликвидация видов деятельности, не добавляющих ценности компании, таким образом выявляются слабые места в деятельности компании. После этого компания реализует определенные мероприятия по усовершенствованию и развитию выявленных направлений. Основная особенность системы в том, что помимо предоставления совокупности практических методов по усовершенствованию она обеспечивает их интеграцию в одно целое.

Какие же возможны результаты:

- *удвоение производительности* (увеличиваются скорость работы сотрудников и срок службы оборудования, коэффициент выхода годных изделий, коэффициент полезного использования рабочего времени; значительно снижается вероятность остановок и аварийных отказов оборудования, сокращается продолжительность переналадки оборудования);

- *снижение брака в пять раз;*

- *снижение запасов незавершенной продукции на 50 % и снижение запасов сырья и материалов на складах и производственных линиях.*

9.11. Метод дорожных карт

Дорожная карта – это распространенный инструмент разработки долгосрочных стратегий. Данный метод основывается на дедуктивном разложении процесса достижения какой-либо цели на шаги, этот процесс называется «дорожное картирование». В общем виде дорожное картирование служит основой информационной поддержки процесса управления, а в частности данная методика служит для разработки этапов развития объекта и определения времени принятия управленческих решений, а также для логического обоснования причинно-следственных связей между различными этапами проекта.

Метод дорожных карт – один из наиболее распространенных инструментов формирования стратегий развития. Он позволяет визуализировать возможные пути достижения цели и выделить из них оптимальный. Карты могут содержать вероятностные оценки времени, требуемого для перехода от одного этапа к другому.

Процесс составления дорожных карт не носит строго регламентированного характера, а скорее зависит от специфики поставленной задачи и управленческих решений в каждом отдельном случае. Вместе с тем ряд авторов выделяют общие принципы разработки технологической дорожной карты. Дорожные карты содержат следующие базовые элементы:

- временную ось;
- слои (уровни);
- «связки»;
- дополнительную информацию (предпосылки изменений, описание участников этапа внедрения и т. п.);
- графические обозначения (записки, отметки, ключевые места, пробелы, возможности, угрозы);
- процесс перемещения по карте.

Последний отражается в виде «узлов», обозначающих этапы развития и пункты принятия управленческих решений. Узлы могут соединяться отрезками (путями), иллюстрирующими причинно-следственные отношения. Эти линии показывают, в частности, связи между технологиями и ресурсами, потоки инвестиций, воздействие рисков, вероятность перехода от одного узла к другому.

Чтобы облегчить восприятие карты при наличии более трех сценариев, удобнее представить результаты исследования в виде системы карт, отображая каждый сценарий на отдельной карте, с указанием «окон возможностей» – периодов вероятного «переключения» с одного сценария на другой.

Отличие дорожной карты от целевых программ состоит в том, что она характеризует развитие соответствующего объекта во времени, предусматривает конкретные показатели эффективности и результаты, которые должны быть достигнуты.

Общие рекомендательные требования к формату и содержанию дорожной карты представило Агентство стратегических инициатив в своем проекте «Методология разработки дорожных карт».

Были выделены следующие требования:

- 1) ограниченное количество целей (одна цель верхнего уровня и три подцели), что обеспечит возможность контроля;
- 2) каждое мероприятие связано с достижением конкретной цели и включает ряд проектов по направлениям;
- 3) на каждое мероприятие — одно ответственное лицо;
- 4) указываются как денежные, так и неденежные ресурсы;
- 5) форма отслеживания основных параметров наглядна и проста в применении;
- 6) более детальное описание разрабатывается отдельным документом.

Оптимальной формой дорожной карты является график, который дает ответы на вопросы о том: что именно, каким образом, в какой промежуток времени и почему приведет к достижению стратегических целей организации.

Преимущества дорожных карт:

- хороший инструмент сбора информации, вовлекающий всех экспертов в креативный процесс ее построения и последующего обсуждения;
- хороший маркетинговый инструмент для анализа того, какой продукт обладает ключевой ценностью для компании;
- позволяет оценить рыночные перспективы продуктов и возможности выхода на новые рынки;
- позволяет ставить более четкие и достижимые цели;
- позволяет выявлять приоритетные направления для инвестиций;
- хороший инструмент визуализации разработанных стратегий и планов и выявления логических нестыковок и «пробелов», которые могут быть не видны в «гладком» тексте;
- эффективный инструмент коммуникаций, который объясняет потребности компании ее работникам, руководству, клиентам и всем заинтересованным лицам, позволяя осознать, что в компании требует изменений для достижения общего успеха, и участвовать в этих изменениях;
- предоставляет сотрудникам четкое руководство, что делать в случае изменений обстановки.

Создание дорожной карты затрагивают множество компаний, объединенных в консорциум или просто принадлежащих одной отрасли. Посредством дорожной карты возможна совместная разработка новых ключевых технологий и продуктов, что позволяет избежать излишнего финансирования одного и того же направления исследований.

Построение дорожной карты в результате дает графический план-сценарий динамичного развития организации с учетом альтернативных путей и возможной идентификации участков снижения производительности (узких мест), а также подробное описание таких важных составляющих организации, как ресурсы, технология, продукт, рынок, покупатель, стратегическая цель, и создает слаженную систему коммуникативного взаимодействия между всеми организационными структурами.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается смысл системы SMED?
2. В чем различия внутренних и внешних операций?
3. Почему важен перевод внутренних операций во внешние?
4. Какой результат применения системы SMED?
5. Опишите методологию 5С.
6. Что предусматривает система канбан?
7. Какие принципы необходимо соблюдать для эффективного применения канбан-системы?
8. Назовите преимущества и недостатки системы канбан.
9. Как осуществляется система «точно вовремя»?
10. На что нацелен принцип пока-экэ?
11. Назовите шесть принципов защиты от ошибок.
12. В чем заключается эффективность метода дзидока?
13. Какие принципы необходимо соблюдать для реализации системы андон?
14. Охарактеризуйте методы хосин канри и дорожная карта.

Тема 10

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

10.1. Основы теории ограничений систем

Концепция БП имеет связь с другими теориями управления качеством, основанными на принципе непрерывного улучшения, но есть и различия (рис. 50).

Теория ограничений систем (*англ.* theory of constraints, или ТОС), сформулированная израильским физиком *Элияху М. Голдраттом* в начале 1980-х гг., позволяет повысить эффективность работы компании почти без дополнительных



Рис. 50. Сравнение концепций управления качеством

инвестиций и расширения штата. Главное – правильно выбрать точки приложения усилий. Голдратт популяризовал свои идеи в книге «Цель: процесс непрерывного совершенствования», которая впервые вышла в 1984 г.

«Любая компания может получать неограниченный доход», – говорит Голдратт. И хотя ни одно предприятие в мире еще не опубликовало отчетности, где в графе «выручка» стоял бы знак бесконечности, он убежден, что стремиться к этому нужно, а главное – возможно. ТОС призвана помочь компаниям достичь выдающихся результатов деятельности.

Глубокое погружение в область теории ограничений Голдратта дает понимание того, что она представляет собой развитие положений науки тектологии, разработанной *Александром Александровичем Богдановым* в 1913 г.

Основной особенностью методологии ТОС является то, что, делая усилия над управлением очень малым количеством аспектов системы, достигается эффект, намного превышающий результат одновременного воздействия на все или большинство проблемных областей системы сразу или поочередно. Подход ТОС основан на том, чтобы выявлять это ограничение и управлять им для увеличения эффективности достижения поставленной цели. Где эффективность – это скорость достижения цели с минимально возможными затратами и без урезания цели по содержанию.

Голдратт сравнивает системы с цепями или совокупностью цепей. Ее цель – выдержать определенную силу натяжения. Увеличивать натяжение цепи бесконечно нельзя, иначе цепь в конце концов разорвется.

«Предположим, мы хотим укрепить цепь (улучшить систему). На чем было бы логичнее всего сосредоточить усилия? На самом слабом звене! Стоит ли укреплять что-либо другое, то, что не является ограничением? Конечно, нет. В цепи все равно порвется ее слабейшее звено, как бы мы ни укрепили остальные», – пишет Голдратт.

Все препятствия, которые ограничивают потенциально бесконечную производительность бизнес-машины, будь то неправильная организация производства или недостаточный спрос, в этой теории называются *узкими местами* или *бутылочным горлышком* (рис. 51). Соответственно, основная задача управленцев – эти узкие места обнаружить и «расширить».

В основе ТОС лежит нахождение и управление ключевым ограничением системы, которое предопределяет успех и эффективность всей системы в целом. Выделяют следующие виды ограничений:

– *мощности* – в системе существует ресурс, который не позволяет системе увеличить проход;

– *времени* – система реагирует на потребности рынка слишком медленно;

– *правил* – политики (правила) не позволяют системе «выйти за красные флажки»;

– *рынка* – количества получаемых фирмой заказов недостаточно для поддержания требуемого роста системы.

Особенностью методологии является то, что, делая усилия над управлением очень малым количеством аспектов системы, достигается эффект, намного

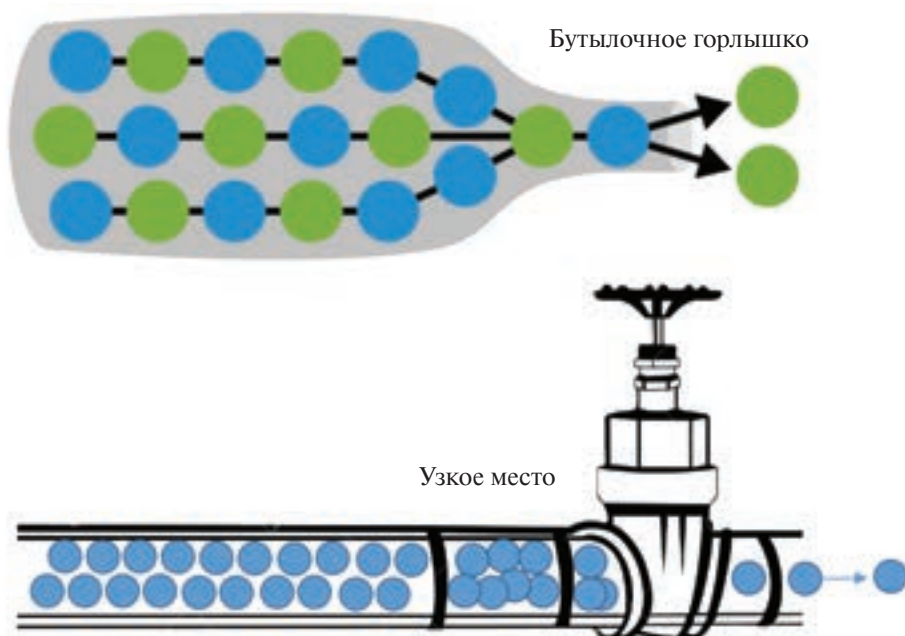


Рис. 51. Схема «бутылочного горлышка» или «узкого места»

превышающий результат одновременного воздействия на все или большинство проблемных областей системы. Нацеленность на конечный финансовый результат позволяет добиваться быстрых результатов для бизнеса (2–3 месяца), нацеленность на взаимовыгодные решения позволяет повышать уровень взаимодействия и мотивацию персонала.

Голдратт предложил пять шагов управления ограничением:

1. *Найти* ограничение системы.
2. *Ослабить влияние* ограничения системы.
3. *Сосредоточить все усилия* на ограничителе системы.
4. *Снять* ограничение.
5. Вернуться к первому шагу, помня об *инерционности* мышления.

Методологически теория ограничений включает в себя ряд логических инструментов, позволяющих найти ограничение, выявить стоящее за ним управленческое противоречие, подготовить решение и внедрять его с учетом интересов всех заинтересованных сторон. Нацеленность на конечный результат позволяет добиваться чрезвычайно быстрых результатов, нацеленность на взаимовыгодные решения позволяет повышать уровень взаимодействия и мотивацию персонала.

И концепция БП, и ТОС подаются как комплекс изменений, охватывающий всю цепочку – от сбыта до поставщиков, и все сферы – от менталитета людей до технологии производства. Роднит их и принцип *вытягивания*, когда на каждой стадии производства работа не начинается до тех пор, пока не будет закончена предыдущая (а изначально – пока не поступит заказ от клиента).

Кроме того, и в одной, и в другой теории присутствует понятие ритма. В БП есть *время такта* – время работы производства (например, одна смена), деленное на скорость, с которой потребитель требует получения товара. В ТОС ритм работы системы определяет *барабан* – узкое место.

Веревка, согласно ТОС, привязывается к шлюзу – входящему ресурсу, чтобы в систему не допускалось излишнее сырье. А в производственной системе Toyota, например, *веревкой* связываются все ресурсы.

Рассмотрим принципы, которые задает метод «барабан – буфер – веревка»:

- производство должно работать по некоторому ритму, единому с ритмом получения денег от покупателей и оплаты поставщикам;

- перед ограничением должен находиться некоторый буфер запасов материалов, защищающий ограничение от простоев;

- материалы должны подаваться в производство только тогда, когда запасы перед ограничением достигли некоторого минимума, не раньше, чтобы не перегрузить производство.

Применительно к производству это реализуется следующим образом.

1. *Определить рабочие центры, являющиеся узкими местами, или барабанами.*

2. *Обеспечить наиболее эффективную загрузку барабанов.* Для этого следует составить детальное расписание обработки изделий на ключевых рабочих центрах. Простои ключевых рабочих центров при этом должны быть исключены или сведены к минимуму. Этой цели служит *буфер*.

Расписание составляется таким образом, чтобы сократить время переналадок, если они необходимы между обработкой последовательных изделий.

3. *Подчинить выполнение работы на прочих рабочих центрах работе барабана.*

Это означает, что запуск производства изделия должен планироваться таким образом, чтобы оно успело поступить на барабан не позже запланированного времени начала обработки на барабане. То есть время запуска в производство изделий зависит от времени их прохождения через барабан. В методике говорится, что барабан «дергает за веревку», чтобы производство изделия началось на первом рабочем центре (так называемая вытягивающая схема производства).

Для большого количества производственных предприятий ограничением предприятия в целом являются не производственные мощности, а рыночный спрос. Производственные мощности в этих компаниях позволяют выпускать больше, чем требует рынок. В такой ситуации, когда производственные возможности превышают потребности в производстве – методику «барабан – буфер – веревка» можно упростить. Эту методику принято называть «упрощенный барабан – буфер – веревка».

В обычной методике ограничением является барабан, соответственно, все производственные мощности до него можно не планировать детально, так как они с запасом успеют выполнить необходимые операции до передачи производства на барабан. В случае, когда ограничение (рыночный спрос) расположено за рамками производства, все производство можно не планировать детально, а управлять им как общим буфером, контролирующим своевременный выпуск из производства.

Таким образом, в упрощенной методике предлагается не планировать производство в рамках периода, так как известно, что производственные мощности могут с запасом выполнить производственный план. Согласно упрощенной методике необходимо только проконтролировать, что производство, обладающее избыточной мощностью, будет заканчивать заказы к указанному сроку. Поэтому в упрощенной методике контроль производства сводится только к контролю статуса буфера.

Задачей планирования в упрощенной методике является только определение размера буфера: достаточно большого, чтобы обеспечить своевременный выпуск продукции, и не слишком большого, чтобы не завывать общие сроки производства.

У моделей БП и ТОС тем не менее есть ряд фундаментальных различий, которые позволяют Голдратту говорить о «смене парадигмы» в управлении, которую несет его система, а его последователям сравнивать ТОС с такими этапными для управленческой мысли концепциями, как конвейер Форда и TPS.

Эту «смену парадигмы» последователи ТОС видят в следующем.

БП и TPS предлагают бороться с потерями, то есть устранять издержки, устремляя их к нулю. Но, например, объемы незавершенной работы до величины меньшей, чем ноль, не доведешь. Соответственно, видно, что это конечный процесс (т. е. имеется ограничение).

В ТОС речь идет не об устранении потерь, а о развитии пропускной способности узкого места, то есть производительности системы. Соответственно, этот потенциал изменений ничем не ограничен. Нашли узкое место, научились с ним работать, подстроили под него всю систему, вернулись в начало, постепенно выводя систему на новый уровень производительности – пределов совершенствованию нет.

Не признавая возможность существования стопроцентно эффективных систем, Голдратт не допускает и систем абсолютно надежных. Сбои обязательно будут, от них невозможно застраховаться. Чтобы защитить узкое место от простоев, не дать пропасть каждому драгоценному мгновению его работы, ТОС предписывает «создавать *буферы запасов*». То есть те самые «горы недоделанной работы», которые при диагностике системы являются главным воплощением проблем.

Рассмотрим еще один аргумент сторонников ТОС.

БП предлагает устранять потери во всех звеньях системы, ТОС – оптимизировать в первую очередь узкое место. Такой подход позволяет концентрировать усилия. Причем в области не только материальных ресурсов, но и управленческих. Одно дело изменить организационную культуру всего предприятия, добиваясь повсеместной борьбы с потерями, другое дело – поднять эффективность одного отдельно взятого участка.

Можно представить, что сотрудники и менеджмент предприятия не нашли слабого звена на одном из выбранных участков и решили заниматься другим участком. Вероятно, это позволит добиться каких-то улучшений в этом конкретном месте, но ведь порвется все равно в слабом звене. ТОС изначально

позволяет сконцентрировать управленческие усилия и направить концепции управления качеством такие, как «Шесть сигм» (six sigma) сразу на *нужные* процессы и элементы производства.

10.2. Основы методологии «Шесть сигм»

Эффективность внедрения информационных систем и осуществленной с их помощью автоматизации можно оценивать не только с точки зрения теории «Бережливое производство», но и теории «Шесть сигм». Обе эти теории по своей сути являются инструментами управления качеством и способствуют совершенствованию деятельности компаний, их применяющих.

Философия «Шесть сигм» основана на том, что существует прямая зависимость между числом дефектов продукции, увеличением производственных затрат и уровнем удовлетворенности потребителей.

Считается, что теорию «Шесть сигм» разработала американская компания *Motorola* в 80-х гг. XX в., хотя начало было заложено еще в 20-х гг. XX в. *Уолтером Шухартом*. Он первым начал применять статистические методы в управлении качеством, ввел понятие стабильности процесса, без которого невозможно ни одно улучшение, и стал строить контрольные карты процессов со среднеквадратичным смещением 3σ в обе стороны от среднего показателя, т. е. создавать коридор стабильности процесса. Присутствие в названии греческой буквы σ (сигма) как раз означает среднеквадратичное отклонение.

Теория «Шесть сигм» опирается на шесть пунктов, от которых зависит эффективность бизнес-процессов:

1. *Проявление интереса к клиенту*. Это отображается в постоянном мониторинге и анализе потребностей покупателей.

2. *Управление на основе проверенных данных и фактов, а не на основе предположений, которые могут случиться с определенной вероятностью*.

3. *Ориентация на производственный процесс, постоянное управление процессом, совершенствование, улучшение процесса*. Весь цикл производства можно разбить на отдельные процессы и управлять ими – это предполагает применение процессного подхода в управлении.

4. *Проактивное управление (на опережение)*. Руководители не ждут, что может случиться, а предупреждают возможные изменения.

5. *Открытость к сотрудничеству, прозрачность производства как для клиентов, так и для поставщиков*.

6. *Постоянное совершенствование*. Любой процесс улучшения качества связан с постоянным совершенствованием, и снисходительное отношение к неудачам – преодолевать и извлекать из них уроки.

Греческой буквой σ обычно обозначают среднее квадратичное отклонение какой-либо случайной величины ξ от ее математического ожидания в генеральной совокупности:

$$\sigma = \sqrt{D\xi}, \quad (10.1)$$

$$D\xi = M(\xi - M\xi)^2, \quad (10.2)$$

где $D\xi$ – дисперсия случайной величины ξ ; $M(\xi - M\xi)^2$ – математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины ξ от ее математического ожидания $M\xi$.

Значения $D\xi$ и σ характеризуют вариативность ξ , степень ее разброса относительно $M\xi$.

Название данной методологии связано с ее основным требованием:

$$T \geq \pm 6\sigma, \quad (10.3)$$

где T – согласованный с потребителем допуск на критичную для качества характеристику процесса; σ – среднее квадратичное отклонение этой характеристики, обеспечиваемое при реализации процесса.

Эти требования и методология в целом распространяются практически на все бизнес-процессы, как при производстве, так и при предоставлении различных услуг. Этому способствует использование безразмерных обобщающих показателей качества продуктов и связанных с ними процессов:

- число дефектов на миллион возможностей;
- отношение поля допуска на характеристику качества к 6σ ;
- затраты, связанные с плохим качеством (переделкой, браком, предотвращением и разрешением проблем, экспертизой качества), измеряются в процентах от объема продаж;
- уровень разброса параметров – расстояние от среднего значения измеряемого параметра процесса до ближайшей границы допуска, измеренное в единицах стандартного отклонения σ .

Характерной особенностью методологии «Шесть сигм» является повышенное внимание к взаимосвязям характеристик процессов с финансовыми результатами работы фирмы. В рамках данной методологии принята классификация организаций по уровню вариативности процессов и его соотношения с допуском (табл. 12).

Таблица 12

Влияние качества процессов на конкурентоспособность организации

Расстояние между центром распределения и границей допуска	Число дефектов на млн	Стоимость низкого качества, % от объема продаж	Уровень конкурентоспособности
6σ	3–4	<10	Мировой класс
5σ	233	10–15	
4σ	6210	15–20	Средний по отрасли
3σ	66 807	20–30	
2σ	308 537	30–40	Неконкурентоспособен
1σ	690 000		

Примечание. Данные этой таблицы основаны на опыте компаний США и являются ориентировочными.

При участии и финансовой поддержке таких фирм, как *IBM*, *Texas Instruments*, *Defense Group*, *Digital Electronics* и др., компанией *Motorola* был создан исследовательский институт, который начал разработку стратегии внедрения методологии «Шесть сигм», распространение руководств по использованию и внедрению инструментальных средств на предприятиях. В середине 1990-х гг. была создана академия «Шесть сигм» для подготовки специалистов в этой области.

Для реализации метода «Шесть сигм» *Motorola* предложила систематический образ действий под названием DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*) (рис. 52):

Define – определение целей проекта и запросов потребителей (внутренних и внешних);

Measure – измерение процесса, чтобы определить текущее выполнение;

Analyze – анализ дефектов, определение коренных причин дефектов;

Improve – улучшение процесса через сокращение дефектов;

Control – контроль дальнейшего протекания процесса.

Рассмотрим особенности менеджмента качества «Шесть сигм».

В рамках концепции «Шесть сигм» цикл Шухарта–Деминга трансформировался в цикл MAIC (*measure* «измеряй» – *analyze* «анализируй» – *improve* «улучшай» – *control* «управляй»). В последнее время наиболее часто встречается вариант DMAIC – в начале цикла добавляется стадия *define* «определяй».

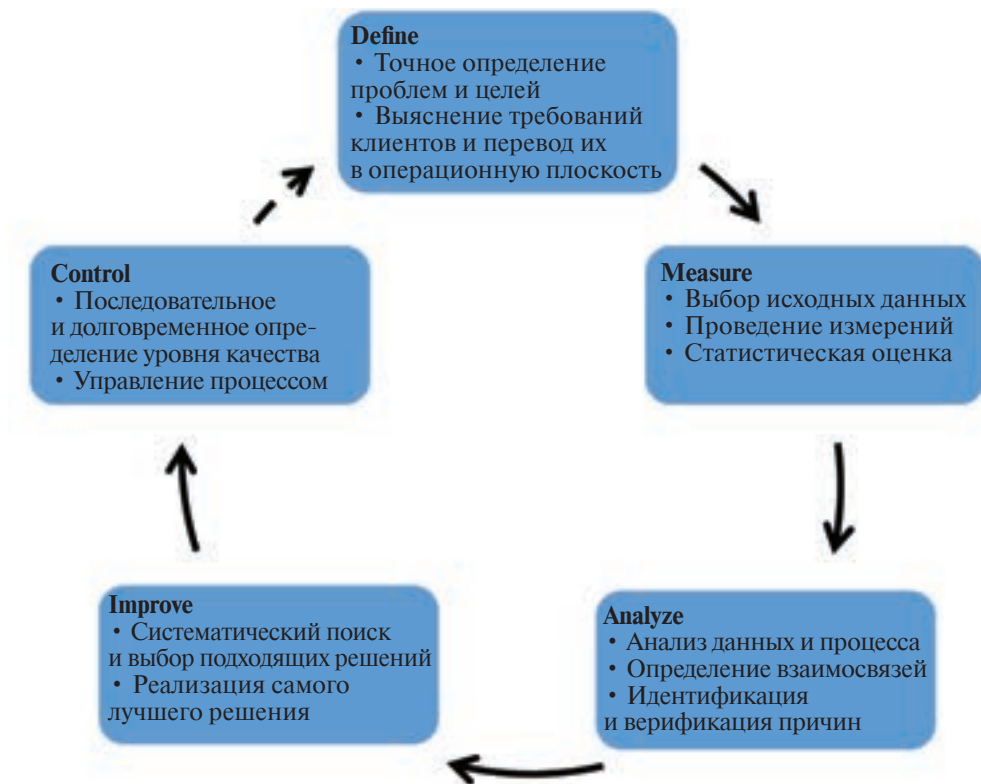


Рис. 52. Образ действий под DMAIC

Для внедрения «Шесть сигм» в организации создается инфраструктура, формируемая из «чемпионов» и «спонсоров», «мастеров черного пояса», «черных поясов», «зеленых поясов», «желтых поясов». Эти названия заимствованы из карате в целях привлечения внимания к методологии.

«*Чемпионы*» — это один или несколько менеджеров из высших руководителей, знающих идеологию «Шесть сигм» и активно стремящихся к ее внедрению. Кроме того, «чемпионами» называют всех неформальных лидеров, которые применяют методологию в своей повседневной деятельности и делятся своими идеями при первой возможности.

«*Спонсоры*» — это владельцы процессов, которые помогают инициативе «Шесть сигм» и координируют деятельность в пределах своей ответственности.

«*Мастера черного пояса*» — это лица, обладающие наивысшими технологическими и организационными навыками и обеспечивающие техническое руководство программами «Шесть сигм». Они владеют статистическими методами, обучают им «черные» и «зеленые пояса» и способны применять эти методы в нестандартных ситуациях. Прежде всего, это учителя.

«*Черные пояса*» — это лица, прошедшие обучение и тренинг по специальной программе и посвящающие работе над проектом «Шесть сигм» 50–100 % своего времени. Это лидеры команд, отвечающие за измерение, анализ, улучшение и управление ключевыми процессами, влияющими на рост удовлетворенности потребителей и/или производительность.

«*Зеленые пояса*» — это лидеры конкретных проектов, возглавляющие соответствующие команды. Они проходят ускоренный курс обучения в течение 6–10 дней и тратят на проекты «Шесть сигм» небольшую часть своего времени.

«*Желтые пояса*» — нередко временные работники, которые прошли вводное обучение инструментам DMAIC и могут осознанно участвовать в работе команд, возглавляемых «черными» и «зелеными поясами».

Ориентировочно принято считать, что для компании с численностью 1 тыс. человек желательно иметь 1 «мастера черного пояса» и 10 «черных поясов», 50–70 проектов «Шесть сигм» в год. При этом экономия от одного проекта в среднем составляет 150–240 тыс. долл. США.

В методологии «Шесть сигм» используются все известные инструменты и методы управления качеством. По области их применения выделяют 5 групп:

1. *Инструменты генерации идей и структурирования информации* (например, «мозговой штурм», диаграмма сродства, экспертные методы; древовидная диаграмма, карта процесса, блок-схема, причинно-следственная диаграмма Исикавы).

2. *Инструменты сбора данных* (например, выборочный метод, операционные определения, методы определения голоса потребителя, контрольные листки и электронные таблицы, анализ системы измерений).

3. *Инструменты анализа процесса и данных* (например, анализ течения процесса, анализ добавленной ценности, графики и диаграммы, анализ Парето, гистограмма, график трендов).

4. *Инструменты статистического анализа* (основные группы: проверка статистической значимости, корреляция и регрессия, планирование эксперимента);

кроме того, методы оценки погрешностей измерений, анализа вида и параметров распределений, изучения случайных процессов, пакеты специальных программных средств).

5. *Инструменты реализации решения и управления процессом* (например, методы управления проектами, анализ потенциальных проблем, видов и последствий отказов, анализ заинтересованных сторон, документирование процесса, сбалансированная система показателей).

В зависимости от степени охвата процессов организации возможны три пути развертывания методологии «Шесть сигм»:

1. Трансформация организации в целом (в кризисных ситуациях под угрозой банкротства).

2. Совершенствование отдельных видов деятельности организации.

3. Решение отдельных проблем организации.

Основной особенностью реализации методологии «Шесть сигм» является командная работа над проектами по циклу DMAIC. Каждой командой руководит «черный» или «зеленый пояс». Обычная численность команды — от 3 до 10 человек (оптимально 5–6). Члены команды представляют разные части процесса, над которым работает команда, и они равны между собой.

Жизненный цикл команд обычно состоит из следующих стадий:

Стадия 1. *Определение и выбор проекта*. На этом этапе задача группы — четко сформулировать, почему проект нужен для бизнеса. Например, какие затраты несет компания от того, что проблема не решается? Какие возможности предоставит улучшение ситуации? Для каждого проекта обычно выбирается свой «чемпион» или «спонсор».

Стадия 2. *Формирование команды*. Формирование команды идет параллельно с определением проблем. Выбирается лидер («черный» или «зеленый пояс»). Руководство стремится выбрать команду из сотрудников, имеющих практически знания о ситуации, но которые не столь связаны с ней, чтобы самим быть частью проблемы.

Стадия 3. *Создание программы*. Программа — это главный документ, описывающий проблему или проект. Она включает: обоснование выбора проекта, его цель, базовый план реализации, область применения, краткое описание полномочий и ответственности и т. д. Обычно основу программы набрасывает «чемпион», а члены команды ее дорабатывают. По ходу реализации программы ее нередко приходится корректировать.

Стадия 4. *Обучение команды*. Главная цель обучения — научиться работать по методологии DMAIC и применять ее инструменты. Обычно обучение занимает 1–4 недели. Однако это время весьма растянуто. После первой недели обучения лидер команды и ее члены возвращаются на рабочие места, где посвящают значительную часть своего времени работе над проектом. По прошествии 2–5 недель приходит время второй учебной сессии, за которой опять следуют период работы и еще одна неделя подготовки.

Стадия 5. *Работа по DMAIC и реализация решений*. На этом этапе команда ищет решение поставленной задачи, используя методику DMAIC. Реализация

найденного решения может проводиться самой командой или совместно со специалистами, которые в будущем будут его использовать постоянно. Команда должна разработать планы проекта и обучения сотрудников, планы пилотных внедрений и процедур реализации. Она отвечает как за начало, так и за обеспечение устойчивой работы в течение разумного периода времени.

Последовательность и содержание работы команды по методике DMAIC можно представить следующим образом.

Шаг 1 – *определение (постановка) проблемы.* Первый шаг в процессе нередко наиболее труден, так как приходится отвечать на множество вопросов. Над чем мы работаем? Почему? Кто потребитель? Каковы его требования? Как работа выполняется сейчас? Каковы будут выгоды от совершенствования? После того как получены предварительные ответы, разрабатывается программа и составляется диаграмма действующего процесса.

Шаг 2 – *измерение.* Измерение нацелено на две задачи: а) собрать данные для подтверждения проблемы и для ее количественного определения; б) начать поиск фактов и цифр, которые могут дать ключ к определению причины проблемы.

Выбирается одна или несколько критически важных для качества характеристик по процессу (вход, процесс, выход), намечается соответствующий процесс, осуществляются необходимые измерения, записываются результаты и оценивается кратковременная и долговременная воспроизводимость существующего процесса.

Шаг 3 – *анализ.* Команда должна установить причины изучаемой проблемы. Могут проводиться бенчмаркинг ключевых производственных показателей или использоваться другие методы. Проводится анализ разрывов и определяется, какие факторы способствуют и обуславливают достижение наилучших показателей. В некоторых случаях в результате становится очевидным необходимость переделать продукт и/или процесс. Для уверенности собираются дополнительные доказательства, подтверждающие существование выявленной причины.

Шаг 4 – *совершенствование.* Здесь команде требуется обратить внимание на улучшение конкретных характеристик продукта или процесса, чтобы достичь целей по качеству и финансовым показателям. После этого характеристики диагностируются и выявляются основные источники изменчивости. Затем с помощью методов планирования эксперимента определяются ключевые переменные процесса. Для каждой переменной, оказывающей существенное влияние на процесс, устанавливаются технические требования (допуски) качества.

Решение реализуется. Команда должна проанализировать потенциальные проблемы, которые могут возникнуть в ходе реализации, и решить, как их можно избежать и как ими управлять.

Шаг 5 – *управление (контроль).* Основная задача на этом этапе обеспечить стабильность нового или улучшенного процесса при его долгосрочной реализации. Для этого:

– оценивается точность и стабильность реконструированного или нового процесса;

- разрабатывается план мероприятий по управлению рисками и обеспечению требуемых характеристик процесса;
- разрабатывается вся необходимая документация для реализации и контроля;
- проводится обучение персонала, который будет обслуживать процесс;
- обеспечивается долговременная поддержка проекта со стороны руководства.

Стадия 6. *Передача дел.* Все изменения в действующем процессе или вновь разработанный процесс документально оформляются, апробируются, и полученные результаты передаются владельцу процесса и его команде, которые будут осуществлять этот процесс постоянно. Команда DMAIC либо будет распущена, а ее члены вернутся к выполнению своей обычной работы, или будут привлечены к следующему проекту.

После того как пройдены все фазы «Шесть сигм» для всех ключевых процессов в организации, наступает прорывное улучшение в экономике предприятия и удовлетворении потребителей.

Теория «Шесть сигм»:

- делает акцент на обосновании возможностей и устранении дефектов с точки зрения потребителя;
- утверждает, что отклонение препятствует стабильному оказанию высококачественных услуг;
- требует решений, основанных на данных, и располагает комплексным набором инструментов совершенствования качества;
- его применение обеспечивает эффективное решение проблем;
- создает устойчивую организационную инфраструктуру компании, обеспечивающую стабильность результатов.

Теория направлена на минимизацию вероятности возникновения дефектов и несоответствий в деятельности предприятия. Кроме того, она вводит понятие планового показателя качества продукции или услуг как 3–4 несоответствия на миллион операций. Это то, к чему необходимо стремиться.

Концепция «Шесть сигм» фокусируется на запросы потребителей. В бережливом производстве все далеко не так строго. Здесь устранение различных потерь и затрат производства в меньшей степени влияет на удовлетворение запросов. В свою очередь, в «Шесть сигм» именно на требованиях потребителей завязаны основные идеи концепции DMAIC.

Концепция «Бережливое производство» подразумевает, что брак является главным виновником потерь в производстве, но «Шесть сигм» дает способы статистического управления, помогающие этих убытков избежать.

Как показала практика западных компаний, стратегия объединенных концепций «Шесть сигм» и «Бережливое производство» позволяет довольно быстро и без сторонней помощи добиться таких результатов:

- продукция и услуги теряют в себестоимости 30–60 %;
- время оказания услуг сокращается на 50 %;
- бракованных изделий на выходе становится меньше вдвое;

- количество выполненных работ увеличивается до 20 % без дополнительных затрат;
- проектные работы обходятся на 30–40 % дешевле;
- все проекты разрабатываются до 70 % быстрее.

Контрольные вопросы

1. Содержание теории ограничений систем.
2. В чем сходства и различия подходов БП и ТОС?
3. Содержание методологии «Шесть сигм».

Тема 11

Компьютерный тренажер «Бережливое производство»

Компьютерный тренажер содержит последовательно выстроенные тематические модули, содержание которых разработано на базе дисциплины «Бережливое производство». Он предназначен для:

- студентов образовательных программ;
- слушателей программ дополнительно профессионального образования;
- слушателей онлайн-курсов на порталах «Открытое образование» и «Дистанционные образовательные технологии СПбПУ Петра Великого».

В содержание компьютерного тренажера заложены следующие тематические элементы:

- экспресс-анализ текущего состояния предприятия;
- стенд оперативного управления;
- построение карт потока производства;
- инструменты выявления первопричин потерь: диаграмма Парето, диаграмма Спагетти и другие;
- решение проблем на основе циклов PDCA, SDCA и алгоритма DMAIC;
- балансировка операций;
- обслуживание и эффективность оборудования, переналадка оборудования;
- кайдзен – процесс постоянных улучшений;
- канбан – принцип вытягивающего производства;
- управление запасами;
- мотивация и обучение.

Тренажер состоит из 10 тематических модулей.

- Тематический модуль 1 – Знакомство с цехом, стендом оперативного управления и сотрудниками.
- Тематический модуль 2 – Планирование цеха и логистики.
- Тематический модуль 3 – Решение логистических и складских проблем.
- Тематический модуль 4 – Балансировка линии.
- Тематический модуль 5 – Минимизация и работа с браком.
- Тематический модуль 6 – Обслуживание оборудования.
- Тематический модуль 7 – Нововведения на рабочих местах.

– Тематический модуль 8 – Производство нового продукта и переналадка оборудования.

– Тематический модуль 9 – Увеличение производительности.

– Тематический модуль 10 – Предложения сотрудников по улучшению.

Каждый из тематических модулей тренажера представляет собой интерфейсную форму. Он подразумевает выполнение игроком ряда заданий, связанных между собой тематикой конкретного модуля.

Каждый тематический модуль открывается по мере прохождения предыдущих, а решения в уже пройденных модулях доступны для изменения.

Технологический процесс производства продукции состоит из 10 технологических этапов (операций), выполняемых на отдельных рабочих местах:

– Этап 1 – Формовка верхнего корпуса.

– Этап 2 – Формовка нижнего корпуса.

– Этап 3 – Заготовка верхней части 1.

– Этап 4 – Заготовка нижней части 1.

– Этап 5 – Заготовка нижней части 2.

– Этап 6 – Заготовка верхней части 2.

– Этап 7 – Заготовка нижней части 3.

– Этап 8 – Промежуточный контроль.

– Этап 9 – Финальная сборка.

– Этап 10 – Контроль качества готовой продукции.

Производственный процесс включает в себя технологические операции, часть из которых выполняются параллельно, а часть последовательно. Предусмотрена возможность изменения расположения рабочих мест производственного процесса и последовательности действий в рамках смежных операций. Данная возможность реализуется на специальных интерфейсных формах компьютерного тренажера, где пользователь может перемещать рабочие места по виртуальному цеху.

Площадь виртуального цеха представляет собой пространство, где можно разместить в максимуме 20 рабочих мест. Между рабочими местами присутствует свободное пространство (проходы) для передвижения логиста на вилочном погрузчике. Согласно разработанной концепции компьютерного тренажера, на каждом рабочем месте выполняется операция, которая описывается минимум 5 последовательными действиями. Предусмотрено, что каждая операция для выполнения действий внутри нее требует определенного набора материалов и комплектующих (закупных и производимых), инструментов и оборудования. Производственный процесс позволяет производить два вида готовой продукции (квадрокоптеры и транспортировщики), которые отличаются между собой потребительскими свойствами (рис. 53).

Производство и поставка клиентам изделий осуществляется по игровым периодам. Игрок самостоятельно переключает игровые периоды, таким образом модель производственного процесса работает потактово. В рамках каждого тематического модуля предусмотрено несколько игровых периодов. Один игровой период равен одной неделе виртуального времени в компьютерном тренажере (всего 38 активных игровых недель).

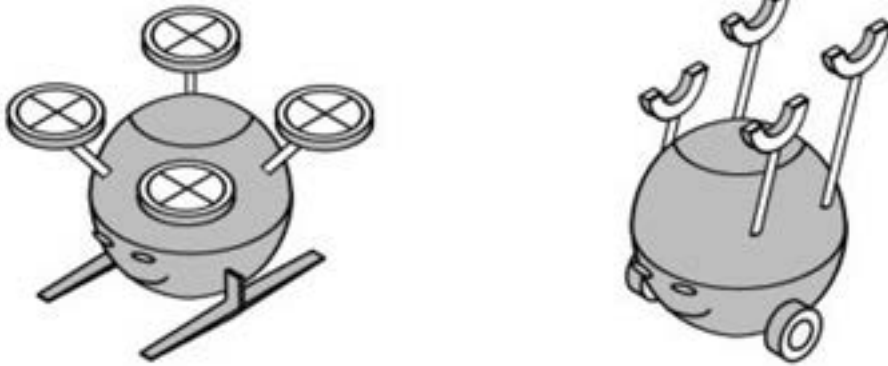


Рис. 53. Два вида готовой продукции (квадрокоптер и транспортировщик)

В компьютерном тренажере отражена и учтена логистическая составляющая производственного процесса, а именно: хранение и перемещение материалов, комплектующих, незавершенного производства, готовой продукции. Существует склад, где хранятся закупаемые материалы и комплектующие, незавершенное производство и готовая продукция. Присутствует логист, который передвигается на вилочном погрузчике. Рабочими местами формируются заявки для логиста на поставку необходимых материалов со склада, а также заявки на то, чтобы логист забрал произведенные заготовки с рабочего места. Для исполнения этих заявок логист передвигается между цехом и складом, привозя и увозя необходимое.

В рамках компьютерного тренажера предусмотрены «потери» в соответствии с концепцией бережливого производства, которые служат в процессе игры материалом для их анализа и принятия решения по их устранению.

Виды потерь в производстве, реализованные в компьютерном тренажере:

- перепроизводство;
- избыток запасов;
- ожидания;
- транспортировка;
- лишние движения;
- излишняя обработка;
- переделки;
- незадействованный потенциал персонала.

Концепцией компьютерного тренажера предусмотрена возможность несколько раз проходить отдельные модули заново для тех случаев, когда принятые решения не позволяют достигнуть оптимальных показателей.

По завершении отдельных тематических модулей и всех модулей компьютерного тренажера в целом участники имеют возможность посмотреть свои достигнутые результаты в игровом рейтинге. Рейтинг будет строиться на базе ключевых показателей компании и набранных баллов за выполнение заданий по тематическим модулям.

11.1. Интеграция компьютерного тренажера

1. Онлайн-курс «Бережливое производство» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (<https://openedu.ru/course/spbstu/LEANPROD/>).

2. Для реализации дисциплины «Бережливое производство» образовательного стандарта высшего образования по направлениям подготовки магистров 27.00.00 «Управление в технических системах», 38.00.00 «Экономика и управление» и области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки».

Проведен анализ материалов онлайн-курса и других материалов по теме бережливого производства. В результате анализа выявлен перечень тематических модулей, которые представлены в компьютерном тренажере, а также перечень инструментов и подходов, которые рассмотрены в тренажере. Зафиксированы и соотнесены между собой главы, лекции онлайн-курса и тематические модули компьютерного тренажера (табл. 13).

Таблица 13

Лекции онлайн-курса и модули тренажера

Главы онлайн-курса	Лекции онлайн-курса	Тематические модули в компьютерном тренажере
1	2	3
Бережливое производство и потери	Лекция 1. Основные определения методологии «Бережливое производство»	—
	Лекция 2. Понятия: «миссия», «цель», «задача», «проблема»	Модуль 1 – «Знакомство с цехом, стендом оперативного управления и сотрудниками»
Элементы бережливого производства	Лекция 3. Виды потерь на производстве и выявление их первопричин – «5 почему», рыба-кость, Парето, диаграмма спагетти	Модуль 2 – «Планирование цеха и логистики»
Карта потока	Лекция 4. Совершенствование логистики производственного процесса. VSM (value stream mapping) – карта потока производства (построение карт потока, их анализ и совершенствование, разработка карт текущего и будущего состояний)	Модуль 3 – «Решение логистических и складских проблем»
	Лекция 5. Решение проблем на основе циклов PDCA и SDCA	Модуль 4 – «Балансировка линии»
Параметры бережливого производства	Лекция 6. LCC (life cycle cost) – стоимость жизненного цикла. Жизненный цикл оборудования. Этапы расчета LCC. OEE (overall equipment efficiency) – общая эффективность оборудования	Модуль 5 – «Минимизация и работа с браком»
Управление активами	Лекция 7. Понятия «активы» и сопутствующие им понятия. Функция актива (технического объекта). Функциональные отказы	—

1	2	3
	Лекция 8. ТРМ (total productive maintenance) – тотальное обслуживание оборудования. История возникновения ТРМ. Задачи ТРМ. Стратегия ТРМ. Принципы ТРМ. Методология ТРМ – основа МДП и современного подхода к управлению эффективностью оборудования. Восемь направлений реализации ТРМ. Матричная структура организации ТРМ	Модуль 6 – «Обслуживание оборудования»
Отказы и их последствия	Лекция 9. Философия появления нежелательного события – отказа	–
	Лекция 10. Типовой алгоритм появления отказа	–
RCM методология	Лекция 11. Место ТОиР в методологии ТРМ. Процессы ТОиР в ЕАМ	–
Критичность оборудования	Лекция 12. Критичность оборудования. Ранжирование оборудования по критичности	–
Этапы проведения RCM	Лекция 13. Основные варианты проведения RCM. Блок-схема проведения процесса RCM	–
Управление рисками	Лекция 14. Экономическое обоснование появления стандартов серии ГОСТ Р 55.0.00–2014	–
Пути совершенствования ТОиР	Лекция 15. Два способа управления производством: по отклонению и по возмущению. Априорный и апостериорный анализ. Выработка корректирующих и предупреждающих воздействий	–
	Лекция 16. Общая схема планирования работ по ТОиР. Особенности использования ИСУ ТОиР. Система, подсистема и компонент. Внутрисистемные интерфейсы	–
	Лекция 17. Программа 5С (5S). Паспортизация, совершенствование и визуализация рабочего места. Преобразование менталитета работников	Модуль 7 – «Нововведения на рабочих местах»
Инструменты совершенствования ТОиР	Лекция 18. SMED – single minute exchange of dies (переналадка за 10 минут) – актуальность проблемы быстрой переналадки. История возникновения и совершенствования. Теория быстрой переналадки: подготовка, замена, настройка, коррекция. Семь шагов совершенствования переналадки. СОП переналадки	Модуль 8 – «Производство нового продукта и переналадка оборудования»

1	2	3
	Лекция 19. Канбан – принцип вытягивающего производства. Методология «барабан–буфер–веревка»	Модуль 9 – «Увеличение производительности»
	Лекция 20. Кайдзен – процесс постоянных улучшений – ППУ. Инновации и ППУ. Эффект ППУ. Пока-эке – защита от ошибок, дзидока и андон	–
Планирование и мотивация совершенствования	Лекция 21. FMEA – potential failure mode and effects analysis – универсальная методология совершенствования качества процесса. Четыре этапа управления качеством через FMEA	–
	Лекция 22. Хосин канри – планирование совершенствования производства через вовлечение исполнителей. «20 ключей» – комплексный подход к совершенствованию. Дорожная карта совершенствования	Модуль 10 – «Предложения сотрудников по улучшению»
Эффективность бережливого производства	Лекция 23. «Шесть сигм» – идеология стабильности и качества процессов создания ценности. Эффективность философии «Бережливое производство». Мотивация, обучение	–

В результате анализа материалов по теме бережливое производство были разработаны решения, которые заложены в компьютерный тренажер (представлен перечень решений в табл. 14).

Таблица 14

Перечень решений в компьютерном тренажере

Группа решений	Название решения
1	2
Производственный процесс (план цеха)	Перемещение рабочих мест
	Объединение рабочих мест
	Разъединение рабочих мест
	Дублирование рабочих мест
	Удаление рабочего места
	Проведение фотохронометража
	Пространственная ориентация рабочих мест
	Подача материалов и комплектующих фронтально или сзади
Рабочие места	Внедрение 5С – Установка специального стенда с крепежами для инструмента
	Внедрение 5С – Визуализация и разметка на рабочем месте
	Внедрение 5С – Установка стеллажей для НЗП, материалов и комплектующих (избавление от общего контейнера)

1	2
	Внедрение 5С – Повесить ярлычки на стеллажи
	Внедрение 5С – Разместить стандартную операционную карту на специальное место
	Модернизация стандартной операционной карты
Склад	Внедрение 5С – Расположение контейнеров на стеллажах
	Внедрение 5С – Повесить ярлычки на контейнеры
	Отпускать материалы и комплектующие на рабочее место на всю смену сразу
Логистика	Разрешить логисту развозить материалы и комплектующие до начала рабочей смены
	Перенос ворот склада
	Отказ от логистики НЗП через склад. НЗП передается работниками самостоятельно между рабочими местами
	Внедрение информационной системы для логистики
	Разрешить логисту исполнять несколько заказов одновременно
	Разработать для логиста специальные инструкции
	Изменение размера транспортировочной партии
Запасы	Создать запасы НЗП на рабочих местах
	Создать запас НЗП на складе
Производственная программа	План производства по квадрокоптерам
	План производства по транспортровщикам
	Переналадка оборудования
Персонал	Назначение персонала на рабочие места
	Уволить/нанять сотрудника
	Повысить разряд сотрудника
	Обучить персонал нововведениям
	Стимулирование рационализаторских предложений от сотрудников
Оборудование и инструмент	Определение регламента обслуживания оборудования
	Улучшить рабочий инструмент
	Поверка инструмента
Поставщики	Выбор поставщиков
	Входной контроль качества
	Определение периодичности поставок
	Создать страховой запас материалов и комплектующих на складе
Финансы	Взятие кредитов
Брак	Исправление брака
	Утилизация брака

11.2. Результаты обучения на компьютерном тренажере

Результаты изучения демонстрируются «Игровым рейтингом». Помимо анализа собственных результатов игрок может сравнить себя с другими участниками рейтинга. По завершении отдельных тематических модулей и тренажера в целом участники сопоставляются в единой шкале игрового рейтинга по совокупно набранному баллу.

Рейтинг разработан с использованием динамического подхода, поскольку участники могут не синхронно выполнять задания тематического модуля и результаты по модулю могут формироваться на протяжении какого-то времени. Данный подход позволяет игроку просматривать и анализировать только актуальные результаты своей игры и сопоставлять с другими участниками, находящимися на том же самом этапе игры.

Результирующие показатели игрового рейтинга:

- место;
- количество набранных баллов.

Место в рейтинге зависит от количества набранных баллов по сравнению с другими участниками рейтинга. Баллы начисляются в зависимости от достигнутых значений по каждому показателю рейтинга.

В табл. 15 представлены задания для каждого тематического модуля.

Таблица 15

Описание заданий по тематическим модулям

Название модуля в тренажере	№	Критерии выполнения задания	Условия выполнения критериев в задании
1	2	3	4
Модуль 1 – «Знакомство с цехом, стендом оперативного управления и сотрудниками»	1	Создание стенда оперативного управления	Необходимо создать стенд оперативного управления (СОУ). Для выполнения задания перейдите в аспект «Производство», далее аспект «Стенд оперативного управления». Каждая следующая использованная попытка создания СОУ будет снижать балл по данному критерию
	2	Распределение сотрудников по рабочим местам	Необходимо назначить персонал на рабочие места из числа незадействованных сотрудников (10 этапов производства, 1 логист и 1 работник склада). Для этого перейдите в аспект «Производство», выберите конкретное рабочее место (этап), далее вкладка «Персонал». Также перейдите в аспект «Склад», вкладка «Персонал» и аспект «Логистика», вкладка «Персонал».
	3	Определение плана производства по квадрокоптерам	После того как вы создадите стенд оперативного управления, откроется возможность корректировать план производства. Проведите анализ рынка, фактические параметры производительности и измените план производства квадрокоптеров на оптимальный

1	2	3	4
	4	Управлять производством 2 недели (2 игровых раунда)	Необходимо сыграть до начала 5-й недели. Игра устроена пошаговым образом. Вы принимаете решения (это ваш план действий на предстоящую неделю), после чего запускаете расчет игровой недели, она проходит, и вы видите результаты от принятых вами решений
Модуль 2 – «Планирование цеха и логистики»	1	Изменение плана цеха	На данный момент расположение рабочих мест (этапов) в цеху не оптимально. Необходимо изменить расположение рабочих мест (этапов) таким образом, чтобы сократилось время на логистику со склада до рабочих мест и между рабочими местами. Иными словами, расставить в цеху рабочие места в оптимальную схему потока создания продукции
	2	Изменение пространственной ориентации рабочих мест	Пространственная ориентация рабочих мест неразрывно связана с возможным маршрутом логиста. Поэтому измените пространственную ориентацию рабочих мест таким образом, чтобы обеспечить в дальнейшем построение оптимального маршрута для логиста. На данный момент пространственная ориентация рабочих мест не оптимальна, необходимо ее изменить
	3	Перепланирование логистики	После изменения расположения этапов в цеху и пространственной ориентации рабочих мест необходимо изменить и разрешенный маршрут для логиста. На данный момент разрешенный маршрут логиста не оптимальный, необходимо его изменить таким образом, чтобы сократить путь логиста и время логистики
	4	Управлять производством 4 недели (4 игровых раунда)	Необходимо сыграть до начала 10-й недели. Игра устроена пошаговым образом. Вы принимаете решения (это ваш план действий на предстоящую неделю), после чего запускаете расчет игровой недели, она проходит, и вы видите результаты от принятых вами решений
Модуль 3 – «Решение логистических и складских проблем»	1	Совершенствование логистики	Есть различные подходы, позволяющие оптимизировать логистику. Необходимо внедрить минимум одно из них. Для этого перейдите в аспект «Производство», выберите аспект «Логистика», далее вкладку «Совершенствование логистики»

1	2	3	4
	2	Размер транспортировочной партии	По умолчанию размер транспортировочной партии (10 ед.) не оптимален. Необходимо проанализировать ситуацию, понять, на что влияет транспортировочная партия, и изменить ее размер. Для этого перейдите в аспект «Производство», выберите аспект «Логистика», далее вкладку «Совершенствование логистики»
	3	Отказ от логистики НЗП	На старте игры произведенное рабочими местами НЗП забирается логистом на склад, а также со склада поставляется на рабочие места по запросу. Разрешите минимум одному рабочему месту передавать сделанное НЗП на следующее рабочее место самостоятельно. Для этого перейдите в аспект «Производство», выберите аспект «Логистика», далее вкладку «Совершенствование логистики»
	4	Улучшение склада	Необходимо навести порядок на складе, разобраться со стеллажами и контейнерами, чтобы кладовщик быстрее укомплектовывал заказы. Внедрите минимум одно улучшение на складе, которое повышает эффективность его работы. Для этого на главной странице перейдите в аспект «Склад», далее во вкладку «Улучшение склада»
	5	Управлять производством 4 недели (4 игровых раунда)	Необходимо сыграть до начала 14-й недели. Игра устроена пошаговым образом. Вы принимаете решения (это ваш план действий на предстоящую неделю), после чего запускаете расчет игровой недели, она проходит, и вы видите результаты от принятых вами решений
Модуль 4 – «Балансировка линии»	1	Фотохронометраж	По умолчанию нет информации о времени выполнения операций каждого рабочего места, что не позволяет проанализировать ритмичность работы производственного процесса и принять какие-то решения. Необходимо провести фотохронометраж на всех рабочих местах, чтобы получить актуальную информацию. Для этого перейдите в аспект «Производство», выберите аспект «Стенд оперативного управления», далее вкладку «Планирование»

1	2	3	4
	2	Изменение этапов производственного процесса (рабочие места)	На основании полученной информации после проведения фотохронометража необходимо провести балансировку линии. Для этого проведите минимум одно объединение рабочих мест и создайте минимум одно новое рабочее место. Важно, чтобы ваш производственный процесс работал ритмично (единое время такта для всех этапов). Для принятия решений перейдите в аспект «Производство», выберите аспект «План», далее вкладку «Изменение этапов»
	3	Управлять производством 4 недели, (4 игровых раунда)	Необходимо сыграть до начала 18-й недели. Игра устроена пошаговым образом. Вы принимаете решения (это ваш план действий на предстоящую неделю), после чего запускаете расчет игровой недели, она проходит, и вы видите результаты от принятых вами решений
Модуль 5 – «Минимизация и работа с браком»	1	Работа с поставщиками	Необходимо проанализировать характеристики текущих поставщиков (их надежность, уровень цен и качество закупаемых материалов и комплектующих) и сменить их на более эффективных. Измените минимум одного поставщика на нового. Для этого перейдите на главной странице в аспект «Поставщики», далее во вкладку «Выбор поставщиков»
	2	Развитие персонала	Необходимо повысить квалификацию сотрудникам, которые не соответствуют по разряду требованиям рабочего места. Нужно, чтобы все сотрудники соответствовали по разряду и своей специализации требованиям рабочих мест. Для этого перейдите в аспект «Производство», выберите аспект «Персонал», далее вкладку «Развитие персонала»
	3	Работа с браком	Необходимо сменить политику по работе с браком. Для этого перейдите на главной странице в аспект «Склад», далее во вкладку «Хранение запасов»
	4	Управлять производством 4 недели (4 игровых раунда)	Необходимо сыграть до начала 22-й недели. Игра устроена пошаговым образом. Вы принимаете решения (это ваш план действий на предстоящую неделю), после чего запускаете расчет игровой недели, она проходит, и вы видите результаты от принятых вами решений

1	2	3	4
Модуль 6 – «Обслуживание оборудования»	1	Обслуживание оборудования	Необходимо изменить график проведения плановых ремонтов и обслуживания оборудования, чтобы не доводить оборудование до поломки, которая потребует проведения внепланового ремонта. Измените стартовый интервал проведения технического обслуживания оборудования на оптимальный. Для этого перейдите в аспект «Производство», выберите рабочее место, где используется оборудование, далее вкладку «Оборудование и инструменты»
	2	Внеплановые ремонты	Необходимо предотвратить возникновение внеплановых ремонтов оборудования. Минимум одна неделя должна быть без внеплановых ремонтов оборудования. Для этого перейдите в аспект «Производство», выберите рабочее место, где используется оборудование, далее вкладку «Оборудование и инструменты»
	3	Управлять производством 4 недели (4 игровых раунда)	Необходимо сыграть до начала 26-й недели. Игра устроена пошаговым образом. Вы принимаете решения (это ваш план действий на предстоящую неделю), после чего запускаете расчет игровой недели, она проходит, и вы видите результаты от принятых вами решений
Модуль 7 – «Нововведения на рабочих местах»	1	Совершенствование рабочих мест	Для повышения производительности необходимо внедрять инструменты и подходы совершенствования рабочих мест. Необходимо внедрить минимум по одному инструменту эффективной организации на каждом рабочем месте. Для этого перейдите в аспект «Производство», выберите рабочее место, далее вкладку «Улучшение рабочего места»
	2	Модернизация стандартной операционной карты (СОК)	Для повышения производительности и снижения брака необходимо провести модернизацию стандартной операционной карты (СОК) на рабочих местах. Нужно провести модернизацию СОК минимум на трех рабочих местах. Для этого перейдите в аспект «Производство», выберите рабочее место, далее вкладку «Процедуры»

1	2	3	4
	3	Определение плана производства по квадрокоптерам	На рынке появился спрос на новый вид продукции. Необходимо начать производить транспортировщики. Проведите анализ рынка и определите план производства транспортировщиков. Для выполнения задания перейдите в аспект «Производство», выберите аспект «Стенд оперативного управления», далее вкладку «Планирование», примите решение по производству транспортировщиков
	4	Управлять производством 4 недели (4 игровых раунда)	Необходимо сыграть до начала 30-й недели. Игра устроена пошаговым образом. Вы принимаете решения (это ваш план действий на предстоящую неделю), после чего запускаете расчет игровой недели, она проходит, и вы видите результаты от принятых вами решений
Модуль 8 – «Производство нового продукта и переналадка оборудования»	1	Переналадка оборудования	Необходимо изменить текущий подход к переналатке оборудования на более оптимальный для вашего производственного процесса. Перейдите в аспект «Производство», выберите аспект «Стенд оперативного управления», далее вкладку «Планирование»
	2	Производство двух видов готовой продукции	Необходимо на протяжении всех отведенных на выполнение заданий недель (4 недели) производить квадрокоптеры и транспортировщики. План по производству двух видов продукции можно скорректировать в аспекте «Производство», далее аспект «Стенд оперативного управления», вкладка «Планирование»
	3	Управлять производством 4 недели (4 игровых раунда)	Необходимо сыграть до начала 34-й недели. Игра устроена пошаговым образом. Вы принимаете решения (это ваш план действий на предстоящую неделю), после чего запускаете расчет игровой недели, она проходит, и вы видите результаты от принятых вами решений
Модуль 9 – «Увеличение производительности»	1	Повышение производительности	Необходимо с начала 33-й недели увеличить текущую производительность производства на 20 % к концу 37-й недели. Сделать это необходимо за 4 недели. Все решения в тренажере доступны, и вы можете принимать любые из них

1	2	3	4
	2	Оптимальное время такта	Необходимо провести балансировку производственной линии таким образом, чтобы она работала ритмично и такт не превышал 200 секунд, а также чтобы логист успевал за этот такт обеспечить все рабочие места необходимым. Сделать это необходимо за 4 недели. Все решения в тренажере доступны, и вы можете принимать любые из них
	3	Управлять производством 4 недели (4 игровых раунда)	Необходимо сыграть до начала 38-й недели. Игра устроена пошаговым образом. Вы принимаете решения (это ваш план действий на предстоящую неделю), после чего запускаете расчет игровой недели, она проходит, и вы видите результаты от принятых вами решений
Модуль 10 – «Предложения сотрудников по улучшению»	1	Рационализаторские предложения сотрудников	Необходимо, чтобы сотрудники инициировали минимум два предложения по совершенствованию производственного процесса. Для этого перейдите в аспект «Производство», выберите аспект «Персонал», далее вкладку «Рационализаторские предложения»
	2	Внедрение предложений	Необходимо внедрить минимум два рационализаторских предложения из всех тех, которые были предложены сотрудниками. Для этого перейдите в аспект «Производство», выберите аспект «Персонал», далее вкладку «Рационализаторские предложения»
	3	Управлять производством 4 недели (4 игровых раунда)	Необходимо сыграть до начала 42-й недели. Игра устроена пошаговым образом. Вы принимаете решения (это ваш план действий на предстоящую неделю), после чего запускаете расчет игровой недели, она проходит, и вы видите результаты от принятых вами решений

11.3. Справочная информация

Справочная информация поясняет пользователям устройство и функциональные возможности интерфейсных форм тренажера.



Титульная страница справочной информации



Справочная информация по странице авторизации



Справочная информация по главной странице



Справочная информация по карте цеха

ЗАДАНИЯ ТРЕНАЖЕРА

Интерфейс предлагает задания и отображает результаты его выполнения

Возврат на главную страницу

Название задания и текущий результат его выполнения

Описание задания и набранные баллы

Статус сохранения результатов по выполненному заданию в онлайн курс

- Чтобы сохранить результат в онлайн курс, необходимо перейти в личный кабинет

№	ОПИСАНИЕ ЗАДАНИЯ	ОЦЕНКА	СТАТУС	АКТИВНОСТЬ
1	Описание задания	100	Выполнено	10.01.20
2	Описание задания	100	Выполнено	09.01.20

Справочная информация по заданиям в тренажере

ИГРОВЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ ТРЕНАЖЕРА

Принятие решений в различных аспектах тренажера

Возврат на карту цеха

Вкладки, переключающие интерфейсные формы внутри аспекта

Принятие решений на площадках в разных форматах

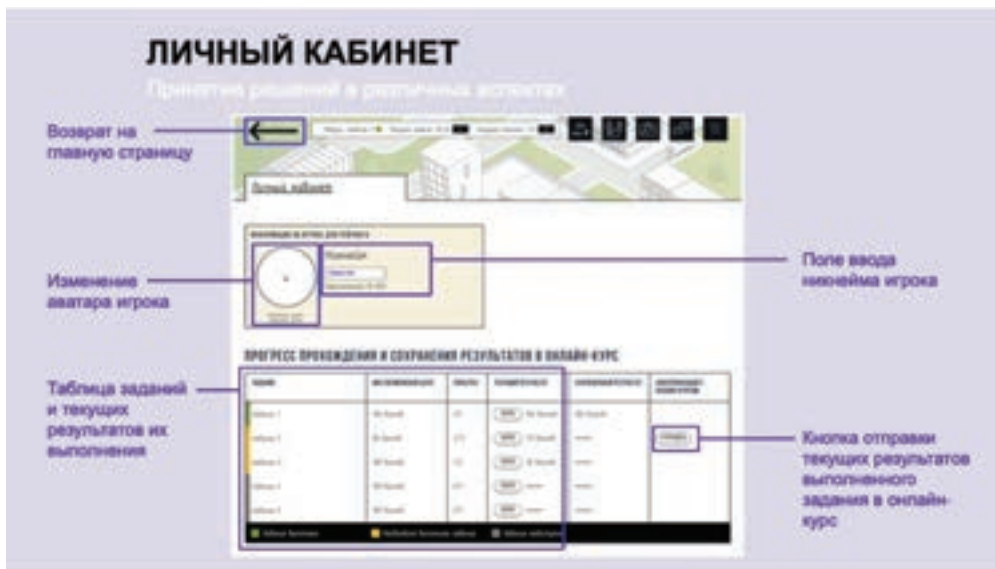
- Выбор значений
- Реализация проекта
- Выбор из нескольких вариантов решений

Принятие решений в таблицах и на других интерактивных элементах

Справочная информация по игровым интерфейсам тренажера



Справочная информация по игровому рейтингу



Справочная информация по личному кабинету

11.4. Требования к компьютерному тренажеру

Компьютерный тренажер доступен на портале СДО ИППТ <https://dl-iamt.spbstu.ru/> и на портале «Открытое образование» в рамках курса «Бережливое производство» <https://openedu.ru/course/spbstu/LEANPROD>.

Клиентским рабочим местам должен быть предоставлен сетевой доступ к серверу, на котором установлена информационная система.

Аппаратное обеспечение:

- минимальная частота процессора: 1,8 ГГц;
 - минимальный объем оперативной памяти: 2 Гб;
 - минимальное разрешение экрана монитора: 1280×768 px;
 - возможность подключения к сети на скорости не менее 1 Мбит/с;
- программное обеспечение:
- операционная система: Windows 7/8/10, UNIX-like;
 - современная версия браузера Google Chrome (не ниже 45).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Антоненко И. Н. Методика приоритизации объектов обслуживания на основе оценки критичности отказов / И. Н. Антоненко // В мире НК. – 2018. – Т. 21. – № 3. – С. 68–72.

Антоненко И. Практики и системы управления ТООП / И. Антоненко, И. Крюков. – URL: <https://www.cfin.ru/management/manufact/evolution.shtml>.

Управленческий учет / Э. А. Аткинсон [и др.]. – 3-е изд. – СПб. : ООО «Диалектика», 2019. – 880 с.

Балашова Е. С. Экономический механизм и инструментарий ресурсного менеджмента промышленного предприятия / Е. С. Балашова, В. Н. Юрьев. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 240 с.

Богданов А. А. Тектология: Всеобщая организационная наука / А. А. Богданов. – М. : Экономика, 1989. – 304 с.

Быстрая переналадка для рабочих : [пер. с англ.]. – М. : Институт комплексных стратегических решений, 2009. – 112 с.

Вальдман Н. А. Методические рекомендации для принятия решений по обеспечению безопасности эксплуатации морских нефтегазопромысловых сооружений / Н. А. Вальдман, Н. Л. Маляренко // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2020. – №4 (394). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-rekomendatsii-dlya-prinyatiya-resheniy-po-obespecheniyu-bezopasnosti-ekspluatatsii-morskih-nftegazopromyslovyh>.

Вумек Д. П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Д. П. Вумек, Д. Т. Джонс. – М. : Альпина Паблишер, 2011. – 473 с.

Вэйдер М. Инструменты бережливого производства : мини-руководство по внедрению методик бережливого производства / М. Вэйдер. – М. : Альпина Паблишер, 2015. – 151 с.

Галицкий С. В. Роль модели «кайдзен-костинг» в системе управления затратами / С. В. Галицкий, И. А. Ворошко // Фундаментальные исследования. – 2016. – №. 10-1. – С. 119–123.

Гастев А. К. Как надо работать: Практическое введение в науку организации труда / А. К. Гастев ; под ред. Н. М. Бахраха [и др.]. Изд. 3-е. – М. : Книжный дом «ЛИБРИКОМ», 2011. – 480 с.

Глухов В. В. Менеджмент : учебник. В 2 ч. Ч. 1. Концептуальные и организационные основы менеджмента / В. В. Глухов [и др.] ; под ред. В. В. Глухова. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – 286 с.

Глухов В. В. Организация бережливого производства : учеб. пособие / В. В. Глухов, Е. С. Балашова. – 2-е изд., доп. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 236 с.

Глухов В. В. Организация производства. Бережливое производство : учеб. пособие / В. В. Глухов, Е. С. Балашова. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 238 с.

Глухов В. В. Управление качеством : учебник / В. В. Глухов, Д. П. Гасюк. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 399 с.

Глухов В. В. Организационное поведение : учеб. пособие / В. В. Глухов, А. А. Яковлев. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 484 с.

Голдратт Э. М. Цель: Процесс непрерывного совершенствования / Э. М. Голдратт, Д. Кокс. – Специальное издание. 5-е изд. – М. : Попурри, 2020. – 400 с.

Голдратт Э. М. Цель-2. Дело не в везении / Э. Голдратт, Д. Кокс. – М. : Альпина Паблишер, 2019. – 230 с.

Гущина Л. Б. Экономика (организация производства и управление промышленным предприятием) : учеб. пособие / Л. Б. Гущина, М. Г. Ливинцова. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 270 с.

Детмер У. Теория ограничений Голдратта: Системный подход к непрерывному совершенствованию / У. Детмер [пер. с англ.]. – 2-е изд. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2008. – 444 с.

Джексон Т. Хосин канри: как заставить стратегию работать : [пер. с англ.] / Т. Джексон. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 248 с.

Друкер П. Ф. Менеджмент. Вызовы XXI века (Management Challenges for the 21st Century). – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 256 с.

Друкер П. Ф. Эффективный управляющий / пер. с англ. А. Мкервали. – М. : Электронная публикация: Центр гуманитарных технологий, 2004. – [Электронный ресурс]: <http://gtmarket.ru/laboratory/basis/4976>.

Жаринов С. Голдратт и теория ограничений систем [Электронный ресурс]. / С. Жаринов, М. Элияху. – URL: http://www.leanzone.ru/index.php?catid=63&id=403&Itemid=90&option=com_content&view=article.

Иллюстрированный глоссарий по бережливому производству / под ред. Чета Марчвински и Джона Шука : [пер. с англ.]. – М. : Альпина Бизнес Букс: CBSD, Центр развития деловых навыков, 2005. – 123 с.

Имаи М. Гемба кайдзен: путь к снижению затрат и повышению качества : [пер. с англ.] / М. Имаи. – М. : Альпина Бизнес Букс; Приоритет, 2005. – 345 с. – (Модели менеджмента ведущих корпораций).

Имаи М. Ключ к успеху японских компаний : [пер. с англ.] / М. Имаи. – М. : Альпина Паблишерз, 2011. – 274 с.

Камерон К. Диагностика и изменение организационной культуры / К. Камерон, Р. Куинн. – СПб. : Питер, 2001. – 320 с.

Камышев А. И. Эффективность СМК. Ч. 3. Методы улучшения процессов / А. И. Камышев // Методы менеджмента качества. – 2013. – № 12. – С. 10–16.

Ким Д. П. Теория автоматического управления : учебник и практикум для академического бакалавриата / Д. П. Ким. – М. : Изд-во Юрайт, 2016. – 276 с. – Серия : Бакалавр. Академический курс.

Кирильчук Н. А. Определение сущности активов предприятия / Н. А. Кирильчук, О. Г. Блажевич // Финансы и учетная политика. – 2017. – № 2. – С. 5–10.

Корицкий Э. Б. Советская управленческая мысль 20-х годов: Краткий именной справочник / Э. Б. Корицкий, Ю. А. Лавриков, А. М. Омаров. – М. : Экономика, 1990. – 231 с.

Лайкер Дж. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира / Дж. Лайкер – М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. – 402 с.

Лайкер Дж. Лидерство на всех уровнях бережливого производства : практическое руководство / Джеффри Лайкер, Йорго Трахилис [пер. с англ.] – М. : Альпина Паблишер, 2021. – 336 с.

Левенцов В. А. Планирование на предприятии машиностроения : учеб. пособие / В. А. Левенцов; под общ. ред. В. В. Кобзева. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 135 с. – [Электронный ресурс]: <http://elibrary.spbstu.ru/dl/local/2561.pdf>.

Ливинцова М. Г. Специфика внедрения информационной системы в деятельность учебного заведения / М. Г. Ливинцова, А. В. Корниенко, Е. Р. Мартынец // Муниципальная академия. – 2020. – № 4. – С. 59–67.

Моубрэй Д. RCM II. Техническое обслуживание, ориентированное на надежность / Д. Моубрэй ; пер. с англ. К. А. Зырянова и В. С. Смирнова. – Екатеринбург : Надежная книга, 2018. – 443 с. – Пер. : Moubray, John Reliability-centered maintenance.

Оно Т. Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства / Т. Оно. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 194 с.

Паспорт рабочего места – инструмент организации труда [Электронный ресурс] // Кадровик. ру. – 2011. – № 9. – Режим доступа: <https://hr-portal.ru/article/pasport-rabochego-mesta-instrument-organizacii-truda>.

Производственный менеджмент : учебник / под ред. В. А. Козловского. – М. : ИНФРА-М, 2003. – 574 с. – (Серия «Высшее образование»).

Панюков Д. И. Инженерные методы управления качеством. Анализ видов, причин и последствий потенциальных дефектов (FMEA) : учеб. пособие / Д. И. Панюков, А. В. Скрипачев. – Тольятти : Изд-во Тольяттинского государственного ун-та, 2006. – 131 с.

Ротер М. Учитесь видеть бизнес-процессы / М. Ротер, Дж. Шук. – М. : Альпина Паблишер, 2020. – 136 с.

Садовникова Н. А. Анализ временных рядов и прогнозирование. Вып. 3 : учеб.-метод. комплекс / Н. А. Садовникова, Р. А. Шмойлова. – М. : Изд. центр ЕАОИ, 2009. – 264 с.

Седлер М. И. Статистические методы в управлении качеством [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. И. Седлер, М. Х. Седлер. – СПб., 2013. – URL: <http://elib.spbstu.ru/dl/2909.pdf>.

Анализ методов принятия решений при разработке сложных технических систем / С. С. Семёнов [и др.]. // Изд-во Института проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН. – М., 2014. – 8101–8123 с.

Силкина Г. Ю. Теория принятия решений и управление рисками. Модели конфликтов, неопределенности, риска : учеб. пособие. [Электронный ресурс] / Г. Ю. Силкина. – СПб., 2003. – URL: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/344.pdf>.

Синго С. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства / С. Синго. – М. : ИКСИ, 2006. – 312 с.

Смирнов А. А. Организационно-экономические аспекты бережливого производства на машиностроительном предприятии / А. А. Смирнов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – Серия: Экономические науки. – 2017. – № 3 (10) – С. 171–182.

Соловейчик К. А. Модель планирования технического обслуживания оборудования / К. А. Соловейчик, В. А. Левенцов, Е. М. Сафронова // Организатор производства, 2019. – № 3 (27). – С. 69–78. – DOI: 10.25987/VSTU.2019.47.73.006.

Сулоева С. Б. Стратегический контроллинг в системе управления промышленным предприятием : учеб. пособие / С. Б. Сулоева, Н. В. Муханова. – Изд. 3-е, испр. и доп. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 199 с.

Тимошенко С. П. Надежность технических систем и техногенный риск : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / С. П. Тимошенко, Б. М. Симонов, В. Н. Горшко. – М. : Юрайт, 2018. – 502 с. – (Серия: Бакалавр и магистр. Академический курс).

Тимошенко С. П. Основы теории надежности : учебник и практикум для академического бакалавриата / С. П. Тимошенко, Б. М. Симонов, В. Н. Горшко. – М. : Юрайт, 2018. – 445 с.

Тейлор Ф. У. Научная организация труда / Ф. У. Тэйлор ; с предисл. П. М. Керженцева : [пер. с англ.]. – М. : НКПС Транспечать, 1924. – 292 с.

Тейлор Ф. У. Принципы научного менеджмента / Ф. У. Тейлор. – М. : Контроллинг, 1991. – 104 с.

Тэппинг Д. Бережливый офис: Устранение потерь времени и денег. / Д. Тэппинг. – М. : Альпина Паблишер, 2019. – 320 с.

Управление рисками в экономике: проблемы и решения : труды научно-практической конференции с международным участием (РИСК'Э–2018), 15–16 ноября 2018 г. / Ю. А. Айбулатова [и др.] ; под ред. д-ра техн. наук, проф. С. Г. Опарина. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – 395 с.

Управленческий учет : учеб. пособие. В 2 ч. / С. Б. Сулоева [и др.]. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – Ч. 1. 118 с. – Ч. 2. 120 с.

Уродовских В. Н. Управление рисками предприятия : учеб. пособие. / В. Н. Уродовских. – М. : ВЗФЭИ, 2009. – 130 с.

Фабрицио Т. 5S для офиса: как организовать эффективное рабочее место : [пер. с англ.] / Т. Фабрицио, Д. Тэппинг. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 214 с.

Фаттахов Х. И. Подходы и методы управления жизненным циклом продуктов и услуг в цифровой экономике / Х. И. Фаттахов, М. А. Силенов // Организатор производства. 2021. Т. 29. № 4. С. 154–160. DOI: 10.36622/VSTU.2021.53.85.015.

Хироюки Х. 5S для рабочих: как улучшить свое рабочее место / Х. Хироюки : [пер. с англ.]. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2013. – 176 с.

Хоббс Д. Внедрение бережливого производства : практическое руководство по оптимизации бизнеса. – Минск : Гревцов Паблишер, 2007. – 352 с.

Хоришко С. А. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов (FMEA) : методические указания / С. А. Хоришко. – ГОУ ВПО РХТУ им. Д. И. Менделеева; Новомосковский институт (филиал). – Новомосковск, 2009. – 63 с.

Черепанов А. Техническое обслуживание и ремонт: Современные подходы к построению системы / А. Н. Черепанов – М. : Нобель Пресс, 2013. – 218 с.

Чуй С. А. Метод управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении с использованием инструментов бережливого производства и риск-менеджмента / С. А. Чуй, Г. О. Баев // Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста. – 2019. – С. 207–213.

Шарашкина Т. П. Статистические методы в управлении качеством : учеб.-метод. пособие / Т. П. Шарашкина. – Саранск, 2013. – 91 с.

Шеремет А. Д. Уникальные методы управленческого учета: модель «кайзен-костинг» / А. Д. Шеремет, В. Э. Керимов // Аудит и финансовый анализ. – 2018. – № 1. – С. 303–310.

Яковлев А. А. Теория организации. Построение систем когнитивно-информационного обеспечения : учеб. пособие / А. А. Яковлев, В. А. Левенцов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – 171 с.

Bhamu J. & Singh Sangwan K. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), pp. 876–940.

Garza-Reyes J. A., Parkar H. S., Oraifige I., Soriano-Meier H. & Harmanto, D. (2012). An empirical-exploratory study of the status of lean manufacturing in India. *International Journal of Business Excellence*, 5(4), pp. 395 – 412.

Hallam C., Hallam C., Contreras C., & Contreras C. (2016). Integrating lean and green management. *Management Decision*, 54(9), 2157–2187.

Hiromoto T. (1988). Another hidden Edge: Japanese Management Accounting *Harvard Business Review*, July-August, pp. 4 – 7.

Khan F., Haddara M. (2003). Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. Vol. 16. № 6. P. 561–573.

Krafcik J. F. (1988). Triumph of the lean production system. MIT Sloan Management Review, 30(1), pp. 41 – 52.

Monden Y. (1992). Cost management in the new manufacturing age: innovations in the Japanese automotive industry. Productivity Press. 178 p.

Monden Y. (2019). Toyota management system: Linking the seven key functional areas. Routledge.

Monden Y. & Hamada K. (1991). Target costing and kaizen costing in Japanese automobile companies. Journal of Management Accounting Research, 3(1), 16–34.

Stenzel J. (Ed.). (2008). Lean accounting: best practices for sustainable integration. John Wiley & Sons.

Womack J. P., Jones D. T., & Roos, D. (1990). Machine that changed the world. Simon and Schuster.

Womack J. P., Jones D. T. (2003). Lean Thinking Revised Edition. Simon & Schuster, London.

Womack J. P., & Jones D. T. (2010). Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Simon and Schuster.

ГОСТ Р 56020-2020 Бережливое производство. Основные положения и словарь. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200174885>.

ГОСТ Р 56407-2015 Бережливое производство. Основные методы и инструменты. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200120649>.

ГОСТ Р 55.0.03-2021 Управление активами. Системы менеджмента. Руководство по применению ISO 55001. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200180059>.

ГОСТ 18322-2016 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200144954>.

ГОСТ Р 57329-2016/EN 13306:2010 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Системы технического обслуживания и ремонта. Термины и определения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200142894>.

ГОСТ Р 57330-2016/EN 15341:2007 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Системы технического обслуживания и ремонта. Ключевые показатели эффективности. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200142895>.

ГОСТ Р 27.606-2013 Надежность в технике (ССНТ). Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200104775/>.

ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200170125/>.

ГОСТ 27.310-95 Надежность в технике (ССНТ). Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200001363>.

ГОСТ Р 53563-2009 Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200076744>.

ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем (с Поправкой). – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030153>.

ГОСТ Р 27.303-2021 (МЭК 60812:2018) Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов (Переиздание). – М. : ФГБУ «РСТ», 2022. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200180916>.

8 видов потерь в бережливом производстве: причины возникновения, методы устранения [Электронный ресурс] // Генеральный директор. – 2021. URL: <https://www.gd.ru/articles/12110-poteri-na-proizvodstve>.

История RCM: от восхождения до мирового признания [Электронный ресурс]. – URL: <http://rcm2.ru/stati-ob-rcm/istoriya-rcm-ot-voisxozhdeniya-do-mirovogo-priznaniya/>.

Как оформить паспорт рабочего места. – URL: <https://www.kdelo.ru/art/385427-pasport-rabochego-mesta-19-m3>.

ТОИР Pro. Сайт компании – URL: <https://toir.pro/>.

Abilla P. Lean History and Timeline. – URL: <http://www.shmula.com/lean-history-and-timeline-toyota-production-system/5993/#fnref-5993-1>.

Крмс. Менеджмент качества. – URL: https://www.kpms.ru/General_info/Lean_Production.htm.

Lean Manufacturing History and Timeline. – URL: <http://www.superfactory.com/content/timeline.html>.

Lean Production. Краткая история возникновения и особенности в сравнении с массовым производством. – URL: http://deming.ru/Praktika/GL/Uslov_primenimosti_sistem_uprav_na_prim_Toioty/Uslov_primi_sis_upr_na_prim_Toioty.htm.

Lean Timeline – URL: <http://www.lean.org/WhatsLean/Timeline.cfm>.

OEE Academy. – URL: <https://oee.academy/>.

ГЛОССАРИЙ

Автономизация (*англ.* autonomization) — передача машине функций человеческого интеллекта. Автономизация заключается в наделении станков и/или операторов возможностями, позволяющими легко выявлять в процессе производства продукции отклонения от нормы и немедленно останавливать работу в случае обнаружения дефектов.

Актив — идентифицируемый предмет, вещь или объект, который имеет потенциальную или действительную ценность для организации.

Активы — объекты, принадлежащие физическому или юридическому лицу на праве собственности и имеющие денежную оценку.

Бенчмаркинг (*англ.* benchmarking) — это процесс определения, понимания и адаптации имеющихся примеров эффективного функционирования компании с целью улучшения собственной работы.

Бережливое производство (*англ.* lean production, lean manufacturing) — 1) концепция производства без потерь, т. е. «сделать больше с меньшими ресурсами»; 2) система организации и управления разработкой и производством продукции (услуг), операциями, взаимоотношениями с поставщиками и покупателями, при которой продукция изготавливается (услуга оказывается) в точном соответствии с запросами потребителей и с меньшим числом дефектов и потерь с учетом мотивации (вовлеченности) каждого работника.

«**Бутылочное горлышко**», или «**узкое место**» (см. Ограничение).

Видение — описание будущего компании, словесная и предельно конкретная перспектива (будущее) организации через определенные промежутки времени.

Время производственного цикла (*англ.* production lead time) — время прохождения продукции через весь процесс или поток создания ценности от первой операции до последней.

Гемба (*япон.* шахтный забой, рабочее место) — в терминологии бережливого производства это предприятие, цех, участок, рабочее место, где производится материальный продукт, или офис, где оказываются услуги либо ведутся разработки, т. е. где непосредственно создается ценность для потребителя.

Действие, создающее ценность, — действие, работа или операции, формирующие потребительские свойства продукции.

Дефект — это случай или состояние несоответствия изделия или процесса потребностям клиента.

Дзидока (*япон.* jidoka — автоматизация с человеческим лицом) — (см. Автономизация).

Задача управления — это предписанная работа, которая должна быть выполнена руководителем установленным способом в установленные сроки.

Информационный поток (*англ.* information flow) — движение информации по потоку создания ценности.

Кайдзен-костинг (*англ.* kaizen costing) – метод учета затрат, нацеленный на постепенное и непрерывное снижение себестоимости в результате специальной программы предприятия.

Kanban (*япон.* камбан – рекламный щит, вывеска) – система организации производства и снабжения, позволяющая реализовать принцип «Точно вовремя». Средства информирования (два вида пластиковых карточек), сигнализирующие о количестве материалов, о потребности в них и дающие указания по их перемещению на следующую операцию.

Калькулирование – это система расчетов, с помощью которой определяется себестоимость готовой продукции (работ, услуг).

Калькуляция – это документ специальной формы (таблица), в котором ведется расчет себестоимости единицы продукции (услуги).

Концепция (*лат.* conception – понимание) – определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений, основная точка зрения, руководящая идея для их освещения; набор принципов различных видов деятельности.

Массовое производство – это производство, которое характеризуется непрерывным выпуском в течение длительных периодов времени узкой и постоянной номенклатуры продукции в крупном объеме (в массовом количестве). Процессы производства массового типа выполняются на рабочих местах с узкой специализацией. Заводы имеют простую и четко определенную производственную структуру. К этой продукции можно отнести изготовление автомобилей, мотоциклов, швейных машин, велосипедов, компьютеров, бытовой электронной техники, обслуживание в сфере сервиса (метро, универмаги, аэропорты) и т. д.

Материальный поток (*англ.* material flow) – движение предметов по потоку создания ценности.

Менеджмент простоев (*англ.* downtime management, DTM) – анализ причин остановки оборудования.

Миссия – конкретное состояние отдельных характеристик организации, достижение которых является для нее желательным и на достижение которых направлена ее деятельность.

Модель выталкивающей системы производства (*англ.* push production) – система выпуска изделий и «выталкивания» их на следующую операцию, без учета потребности потребителя. Происходит обработка изделий крупными партиями с максимальной скоростью исходя из прогнозируемого спроса с последующим перемещением изделий на следующую производственную операцию или на склад, независимо от фактического темпа работы следующего процесса/операции.

Модель вытягивающей системы производства (*англ.* pull production) – каждый предшествующий процесс/производственная операция ничего не делает до тех пор, пока последующий его об этом не попросит. Начальной точкой процесса является конечный потребитель продукции, который задает темп и направление производства (сколько и для кого производить).

Надежно-ориентированное техническое обслуживание (см. RCM) – представляет собой методологию выявления и выбора политики предупреждения и/или предотвращения отказов (далее – политика управления отказами), нацеленную на эффективное обеспечение требуемых безопасности, готовности и экономической эксплуатации изделий. Политика управления отказами может включать в себя действия по техническому обслуживанию (ТО), изменения правил применения, конструктивные доработки и другие действия, нацеленные на ослабление последствий отказов.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции

в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Надежность — свойства объекта выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в установленных пределах в течение рассматриваемого промежутка времени или требуемой наработки при определенных условиях использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Надежность изделия характеризуется его безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью.

Ограничение — это ресурс, производительность которого меньше или равна возлагаемому на него спросу. Из-за него замедляется темп производства всей системы.

Оперативные цели — это задачи, предусматривающие решения текущих вопросов, намечаемые исполнительными менеджерами первого уровня и описывающие действия, необходимые для достижения тактических и стратегических целей.

Оптимизация — выбор наилучшего решения в какой-либо ситуации.

Организационная (корпоративная) культура — это совокупность норм и условий, набор базовых ценностей, убеждений и негласных соглашений, выбранных, созданных и разделяемых коллективом организации с целью внутренней интеграции и адаптации к внешним условиям. Под организационной культурой понимаются принципы работы и условия оценки деятельности коллектива предприятия.

Отказ — событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Паспорт рабочего места — это документ, в котором прописываются количественные показатели производственной среды, действующей на сотрудника предприятия (у данного станка, за данным письменным столом и т. п.).

Планово-предупредительный ремонт — ремонт, постановка на который осуществляется в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Политика технического обслуживания и ремонта — это общий подход к проведению и поддержке технического обслуживания и ремонта оборудования, основанный на целях и политике его владельцев, пользователей и заказчиков.

Потери (*англ.* waste; *япон.* муда) — это затраты ресурсов (времени, материалов, энергии, пространства), не приводящие к прямому увеличению ценности выпускаемой продукции и удовлетворению конечного пользователя.

Поток единичных изделий (*англ.* one-piece flow, single-piece flow) — производство и перемещение за один раз одного изделия.

Поток создания ценности (*англ.* value stream) — все действия, как создающие, так и не создающие ценность, которые позволяют продукции пройти все процессы — от разработки концепции до запуска в производство и от принятия заказа до доставки потребителю.

Проблема — это отклонение от ожидаемого результата, особый случай, нежелательное проявление, причина которого не ясна и для рассмотрения которой необходимо объединение способностей нескольких специалистов.

Производственный процесс — это целенаправленная деятельность (совокупность действий, операций, работ) по созданию потребительной стоимости, удовлетворяющей личные, коллективные или общественные потребности.

Процесс создания ценности — это совокупность всех действий, которые требуется совершить, чтобы определенная продукция (товар, услуга, работа или все вместе) прошла через три важных этапа управления, свойственных любому бизнесу: решение проблем (от разработки концепции и рабочего проектирования до выпуска готового изделия), управление информационными потоками (от получения заказа до составления детального графика проекта и поставки товара), физическое преобразование (от сырья до того, как в руках у потребителя окажется готовый продукт).

Себестоимость — это текущие суммарные затраты предприятия на производство и реализацию продукции.

Совершенствование — это результат применения накопленных знаний.

Стандартизация — установление обязательных требований по безопасности, совместимости и взаимозаменяемости, разработка рекомендаций по потребительским показателям продукции.

Таргет-костинг (*англ.* target costing — целевая стоимость) — это метод управления себестоимостью (затратами на производство) продукции. Сущность заключается в снижении себестоимости продукции на всем ее производственном цикле за счет применения производственных, инженерных, научных исследований и разработок.

«Точно вовремя» (*англ.* just-in-time, или JIT, точно в срок) — система, обеспечивающая организацию непрерывного материального потока при отсутствии запасов и минимизации связанных с ними затрат: производственные запасы подаются небольшими партиями непосредственно в нужные точки (звенья) производственного процесса, минуя склад, а готовая продукция сразу отгружается потребителям.

Трансакционные издержки (*англ.* transaction cost) — издержки, возникающие в процессе поиска партнера, ведения переговоров о коммерческой сделке, ее заключения и контроля за ходом ее выполнения.

Техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) — это комплекс технологических операций и организационных действий по поддержанию работоспособности или исправности объекта при его использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании.

Цель — это желаемое состояние будущего, достичь которого пытается организация. Это предвосхищение результата деятельности организации. Различают стратегические, тактические и оперативные цели.

Цена — это денежное выражение стоимости товара и его потребительной стоимости.

Ценности — коллективные принципы, которые формируют организационную культуру и которыми руководствуются сотрудники компании.

Ценность (*англ.* value) — полезность, присущая продукции с точки зрения потребителя и находящая отражение в цене продаж и рыночном спросе.

Цепочка поставок (*англ.* supply chain) — совокупность организаций, взаимодействующих в материальных, финансовых и информационных потоках, а также потоках услуг от источников исходного сырья до конечного потребителя.

Шесть сигма (*англ.* six sigma) — система совершенствования делового лидерства и показателей эффективности бизнеса, основная цель которой отыскать и устранить причины брака и ошибок в производственных и сервисных процессах, фокусируясь на критичных для потребителей результатах и на четких финансовых показателях доходности предприятия.

ЕАМ-система (*англ.* enterprise asset management system) — система управления основными фондами (активами) предприятия, которые позволяют сократить простои оборудования, затраты на техническое обслуживание, ремонты и материально-техническое обеспечение (МТО).

FMEA (*англ.* failure mode and effects analysis) — анализ видов и последствий отказов. Это метод, используемый для идентификации способов отказа компонентов, систем или процессов, которые могут привести к невыполнению их назначенной функции. Это процедура, с помощью которой проводится анализ всех возможных ошибок системы и определения результатов или эффектов на систему с целью классификации всех ошибок относительно их критичности для работы системы.

FMECA (*англ.* failure mode, effects, and criticality analysis) — анализ видов, последствий и критичности отказов (АВПКО). Это инструмент ранжирования отказов критичного оборудования.

KPI (KPIs) – это английская аббревиатура от «key performance indicators», по-русски именуется как КПЭ – ключевые показатели (иногда – параметры) эффективности. Это показатели деятельности (работы) сотрудника, подразделения или организации в целом, которые помогают организации в достижении стратегических, тактических и оперативных целей. Использование ключевых показателей эффективности дает организации возможность оценить свое состояние и помочь в оценке реализации стратегии.

RCM (*англ.* reliability centred maintenance) – методология организации программ техобслуживания и ремонта оборудования, ориентированная на надежность.

RBI (*англ.* risk-based inspection) – мониторинг активов с учетом фактора риска. Метод, позволяющий определить оптимальные объемы и периодичность мониторинга активов на основе анализа рисков отказа.

TPM (*англ.* total productive maintenance) – всеобщее обслуживание оборудования (всеобщий уход за оборудованием; всеобщее техническое обслуживание). Один из инструментов бережливого производства. Представляет собой концепцию менеджмента производственного оборудования, нацеленную на повышение эффективности технического обслуживания. Целью этой концепции является полное устранение всех потерь, связанных с выходом оборудования из строя, временем его переналадки и настройки, устранением отказов, снижением производительности, дефектными комплектующими, наладкой.

*Глухов Владимир Викторович
Кузьмина Светлана Николаевна
Левенцов Валерий Александрович
Ливинцова Мария Геннадьевна
Абушова Екатерина Евгеньевна
Черникова Анна Владимировна
Яковлев Андрей Анатольевич
Лебедева Татьяна Сергеевна
Терещенко Владислав Владимирович*

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Учебник

Под редакцией *В. В. Глухова*

Редактор и корректор *Н. Б. Цветкова*
Компьютерная верстка *О. Б. Романенко*
Дизайн обложки *О. А. Костюшенко*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3005 – учебная литература

Подписано в печать 29.04.2022. Формат 70×100/16. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 15,25. Тираж 500. Заказ 3083.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре
Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.

