

ON RECURRENT AND GENERALIZED-RECURRENT SOLUTIONS OF NON-AUTONOMOUS DIFFERENTIAL EQUATIONS

S.M. DZYUBA, Dr. Sc., I.I. EMELYANOVA, Senior Lecturer

Tver State Technical University
22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver, e-mail: sdzyuba@mail.ru

The article presents a definition of a recurrent solution to a differential equation with a periodic t right-hand side $\vec{X}(x, t)$, defined on the direct product of $V \times R$ a differentiable (of class C^2) compact manifold V located in an affine space E over the field of real numbers R , and a set R . A theorem on the existence of such solutions is also presented. As it turns out, this theorem has a number of rather important applications. Namely, for non-periodic functions $t \rightarrow \vec{X}(x, t)$, a definition of a generalized recurrent solution is introduced and, based on the theorem on the existence of recurrent solutions, the existence of generalized recurrent solutions is established. It is noted that the existence theorem of generalized recurrence solutions is a direct and natural development of the well-known theorems on the existence of asymptotic almost periodic and other Poisson stable solutions of differential equations with the corresponding right-hand side $\vec{X}(x, t)$.

Keywords: smooth compact manifold, differential equations, recurrent and generalized recurrent solutions.

Поступила в редакцию/received: 22.09.2024; после рецензирования/revised: 27.09.2024;
принята/accepted: 01.10.2024

УДК 658.51

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Г.Б. БУРДО, д-р техн. наук, А.Н. БОЛОТОВ, д-р техн. наук

Тверской государственный технический университет
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: gbtms@yandex.ru

© Бурдо Г.Б., Болотов А.Н., 2024

Рассмотрена суть концептуальных понятий бережливого производства и управления качеством. Проанализированы основные ошибки в их понимании и применении. Установлено, что внедрение указанных систем целесообразно осуществлять на основе исследования процессов деятельности организации. Исследована иерархия организационно-технологических систем, показаны основные задачи, решаемые в рамках систем бережливого производства и управления качеством. Предложены инструменты бережливого производства и управления качеством, которые целесообразно использовать при обеспечении высокоэффективного машиностроительного производства. Даны предложения по перестройке структуры инженерных подразделений машиностроительных предприятий.

Ключевые слова: управление качеством, бережливое производство, процессы деятельности, системный подход, иерархия производственных машиностроительных систем.

DOI: 10.46573/2658-5030-2024-4-75-89

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении последних пятнадцати лет в машиностроении весьма активно обсуждаются вопросы, связанные с системами бережливого производства (БП) (второе название – производственные системы) и системами управления качеством (УК). Имеется множество фирм, предлагающих услуги по внедрению таких систем на производстве. В результате на предприятиях стали создаваться соответствующие одноименные подразделения, начала разрабатываться необходимая (для отчетности, аттестации, но не для реалий производства) нормативная база. Однако в ходе представления конкретных результатов труда подразделений по организации функционирования указанных систем, а также конкретных результатов по улучшению деятельности предприятия становилось очевидно, что ожидаемые результаты не достигались.

Причина, судя по всему, заключается в системной ошибке при создании и функционировании систем БП [9–14, 16–20] и УК [1–8, 15]. Таким образом, целью настоящего исследования стало выявление методологических основ реализации данных концепций.

СУТЬ КОНЦЕПЦИЙ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ОСНОВНЫЕ ОШИБКИ В ИХ ПОНИМАНИИ И ПРИМЕНЕНИИ

Остановимся на понимании концепции и идеологии БП и УК. На наш взгляд, при практической реализации руководители, как правило, исходили из того, что это какие-то отдельные процессы, которые каким-то образом улучшают производственные процессы предприятия. Отсюда и стремление иметь в административной структуре предприятия подразделения БП и УК с не вполне конкретными функциями.

Здесь можно выделить *первую ошибку*. Ее суть сводится к тому, что БП и УК рассматриваются как некие самостоятельные надсистемы, «надзирающие» за основным функциональным процессом (ОФП) предприятия и не всегда понимающие его (процесса) суть (напомним, что основной функциональный процесс предприятия охватывает конструкторскую подготовку производства, технологическую подготовку, планирование, изготовление изделий, выходной контроль).

По нашему мнению [5, 6, 14–20], следует говорить об элементах БП и УК, используемых при реализации ОФП предприятия, т.е. инструменты БП и УК должны использоваться в повседневной работе участниками ОФП (конструкторами, технологами, персоналом диспетчерских служб и цехового управления). Это абсолютно не противоречит реалиям производства, так как известно, что цель ОФП – выпуск продукции заданного качества (тут пригодятся инструменты УК) в заданном количестве и в заданные сроки с минимально необходимыми затратами материальных и трудовых ресурсов (инструментов БП).

Таким образом, БП и УК являются не отдельными системами предприятия, а некими функциями, реализуемыми участниками ОФП.

Основополагающие элементы БП и УК были заложены в методиках функционально-стоимостного анализа (СССР, Россия) и методиках оптимизации

деятельности фирмы «Тойота» (Япония). При этом речь всегда шла именно об инструментах, а не о неких автономных системах.

Суть *второй ошибки* состоит в том, что деятельность, связанная с БП и УК, рассматривается, как правило, лишь на этапе изготовления продукции [9, 12, 17, 18]. При этом обычно абсолютно не анализируется деятельность на этапе технической подготовки и деятельность, связанная с системой высшего управления организацией. Так, если говорить с позиций БП, то в несоизмеримо большей степени (по сравнению с ОФП) эффективность деятельности предприятия определяется тактикой продаж (нет никакого смысла в том, чтобы готовая продукция неделями находилась на складе без оплаты проделанной работы), тактикой закупок материалов, комплектующих, инструмента (есть смысл вкладывать деньги в запасы на несколько месяцев (а то и кварталов), а не закупать их под конкретный заказ). Таким образом, следует говорить о логической увязанности планов по продажам с планами выпуска, а планов выпуска – с планами закупок материалов и т.п. Разумеется, выгоднее изготавливать и продавать изделия небольшими партиями, а не копить готовые изделия, вкладывая в них трудовые и материальные ресурсы. Если оценивать действия системы управления организацией с точки зрения концепции УК, то ее функция – задание требуемого уровня качества изделия, который обеспечивается при выполнении ОФП. При этом неправильные действия в данной области приведут либо к излишним затратам (завышенному уровню качества), либо к отсутствию спроса на продукцию (при заниженном уровне качества). Трудность здесь состоит в том, что уровень качества должен задаваться с точки зрения потребителя продукции.

Инструменты БП и УК нужно использовать во всех процессах деятельности организации, причем необходимо осознавать и применять на практике их взаимосвязи и взаимовлияние.

Третья ошибка, на наш взгляд, состоит в том, что при анализе технических решений их не рассматривают комплексно, всесторонне, без взаимосвязи и взаимовлияния. К примеру, желание сократить процессы перемещения изделий и межоперационного пролеживания может привести к формированию специализированных технологических линий, однако при этом вырастет потребность в том или ином количестве станков и рабочих.

Желание закрепить рабочих на определенном рабочем месте противоречит идеям бригадного подряда. Рабочий – это не придаток оборудования, а управляющий им. Оборудование и рабочие места способствуют развитию у работника соответствующих навыков, что позволяет закрывать возникающие «узкие места» в производстве.

Какие-либо мероприятия в рамках БП для конкретных изделий нецелесообразно рассматривать в отрыве от других, учитывая общность технологической системы, в которой реализуются технологические процессы.

Если говорить о системе БП, надо принимать во внимание ее деятельность в рамках всех процессов. Например, непроизводительные потери времени при информационных обменах увеличат технологический цикл изготовления продукции, станут причиной продления сроков конструкторской подготовки и т.д.

Ведя речь об УК, нельзя говорить о нем без привязки к конкретным изделиям. Следует рассматривать процедуры УК, начиная с конструкторской подготовки и заканчивая процессами контроля и испытаний [5].

Говоря о реализации каких-либо мероприятий в рамках БП и УК, необходимо анализировать их результаты не только для рассматриваемого изделия (заказа), но и для другой продукции, которая выпускается на данном предприятии.

Четвертая ошибка связана с тем, что подходы к использованию элементов БП и УК рассматриваются независимо от целевой функции конкретного заказа. На самом же деле различные целевые функции свидетельствуют о необходимости расставлять приоритеты в отношении экономии ресурсов (например, целевой функции «минимум длительности технологического цикла» будет соответствовать приоритетное сокращение времени (или станкочасов) на операцию и времени пролеживания деталей между операциями, но никак не уменьшение материальных, трудовых или денежных затрат).

Таким образом, можно говорить о неких комплексных (т.е. интегрированно учитывающих все стороны результативности мероприятий по УК и БП) модифицируемых (в зависимости от целевой функции заказа) критериях результативности мероприятий по БП и УК.

Рассмотрим методику реализации инструментов БП и УК в машиностроительных организационно-технологических системах.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Выявление процессов деятельности организации необходимо для установления их иерархии и определения точек процесса, где происходит оценка эффективности мероприятий по БП и обеспечению качества продукции заданного уровня [9–12; 17–20].

В первую очередь определим, что мы будем понимать под структурой производственного процесса. В качестве системного объекта структуру производственного процесса можно определить следующим образом:

$$PP = \{F, K, I, S, T\},$$

где F – основная функция производственного процесса, являющаяся логическим объединением частных функций f_j каждого процесса, $F = \bigvee_1^K f_j$; K – число процессов в производственном процессе; I – иерархия процессов; S – функциональные связи между процессами (функциональная структура); T – временные связи между процессами (временная структура).

Следует иметь в виду, что процессы не ограничиваются рамками одного структурного подразделения [12]. Очевидно, структуру производственного процесса следует строить, начиная с ОФП. Как мы определили выше, ОФП (процесс первого уровня иерархии) включает процессы технической подготовки производства (процессы конструкторской, технологической и организационной подготовки) и технологические процессы по выпуску и испытаниям продукции.

Данный процесс определяет временной параметр и вспомогательные процессы, сопровождающие ОФП. Таковыми являются процессы финансового обеспечения, материального обеспечения, кадрового обеспечения, организационного обеспечения. Они необходимы для реализации ОФП и функционально с ним связаны. Это процессы второго уровня иерархии.

Процессы второго уровня также определяют процессы третьего уровня иерархии, функционально связанные с ними и необходимые для их реализации.

Например, для реализации технологических процессов необходимо иметь соответствующие материалы и полуфабрикаты (процессы материально-технического обеспечения, второй уровень иерархии). Для их реализации следует предусмотреть определенные финансовые резервы, своевременно произвести оплату, т.е. осуществить процессы третьего уровня. Глубина расчленения процессов определяется возможностью управления ими в рамках конкретной организации.

отражающих принятую в машиностроении последовательность действий: технического задания, НИР (при необходимости), технического предложения, эскизного проекта, технического проекта, рабочей документации.

Технологическую подготовку производства целесообразно представить в виде следующих операций: ознакомления с конструкторской документацией на изделие и определения типа производства, анализа технологичности конструкции изделия с точки зрения сборки, определения методов обеспечения точности при сборке, разработки технологической схемы сборки, проектирования сборочных операций, закрепления сборочных операций за рабочими местами – маршрутизации (проектирования участков сборки), ознакомления с рабочими чертежами деталей, анализа технологичности конструкции каждой детали с точки зрения механической обработки, проектирования маршрутной технологии изготовления каждой детали, разработки операционной технологии каждой детали, разработки управляющих программ, привязки операций к рабочим местам – маршрутизации (проектирования участка механической обработки). Процесс изготовления может быть представлен следующими операциями: календарным планированием, оперативным планированием, собственно изготовлением и диспетчированием.

Смысл подобного представления процессов в виде операций состоит в том, что после выполнения каждой из них проектировщик (конструктор, технолог, цеховой управленческий персонал) или группа проектировщиков (при сложных задачах) оценивает(ют) полученные решения с точки зрения обеспечения качества изделия и достаточности реализованных инструментов БП.

Общее руководство такой оценкой следует возложить на руководителя функционального подразделения, ответственного за выполнение операции ОФП.

УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Состав уровней

Ранее мы говорили, что вопросы, связанные с БП и УК, необходимо рассматривать не только на этапе изготовления. С этой целью охарактеризуем уровни организационно-технической системы (ОТС), от деятельности на которых зависит эффективность работы предприятия, а также качество продукции:

I уровень – уровень управления и настройки процессов деятельности организации (реализует высшее управленческое звено предприятия).

II уровень – уровень разработки технических решений (проектно-технологический уровень, реализуют инженерно-технические работники (ИТР), выполняющие КПП и ТПП).

III уровень – уровень изготовления изделий (производственный, реализуется цеховым персоналом).

Указанное представление позволит более четко разграничить инструменты БП и УК, используемые на каждом из уровней.

Функции, реализуемые на уровнях ОТС

На уровне управления и настройки процессов деятельности организации выполняются следующие основные функции (с точки зрения рассматриваемой нами проблематики):

- определение заданий по номенклатуре выпускаемых изделий;
- установление заданий по срокам выпуска изделий;
- определение стратегий продаж изделий по номенклатуре и срокам;
- определение стратегии закупок материалов, комплектующих, изнашиваемого инструмента, оснастки и т.п.;
- формирование критериев качества выпускаемых изделий;

определение допустимого уровня незавершенного производства;
управление процессами организации.

На проектно-технологическом уровне реализуются следующие основные функции:
разработка проекта изделия требуемого качества при допустимом уровне затрат на его изготовление;

разработка технологических процессов изготовления изделия, обеспечивающих его заданное качество;

оптимизация конструкций и технологий в целях сокращения трудовых, материальных и финансовых затрат при обеспечении заданного уровня качества;

определение потребных производственных мощностей;

маршрутизация технологических операций по рабочим местам с учетом загрузки оборудования и минимизации внутрицеховых и внутризаводских перемещений;

организация рабочих мест станочников, сборщиков;

выбор подъемно-транспортных средств и средств механизации и автоматизации технологических операций.

На производственном уровне реализуются следующие наиболее важные функции:

определение календарных планов выпуска продукции в соответствии с установленными сроками выпуска на основе стратегии продаж;

обеспечение качества изделий на этапе производства;

определение потребности в трудовых ресурсах;

обеспечение необходимых производственных мощностей;

обеспечение работоспособности парка оборудования;

разработка календарных планов (графиков) и диспетчирование;

обеспечение плана выпуска по номенклатуре и срокам;

обеспечение минимизации суммарного пути перемещения изготавливаемых объектов;

обеспечение надлежащего уровня организации труда на рабочих местах.

РЕСУРСЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА ПО ВЫПУСКУ ИЗДЕЛИЯ

Ресурсы, необходимые для реализации проекта по выпуску изделия и определяющие эффективность производства с точки зрения качества и идеологии БП (по сути, объекты управления в укрупненном виде), можно разделить на пять групп:

1. Трудовые (людские). Определяются количеством человеко-часов, необходимых для реализации основного функционального процесса.

2. Производственные (оборудование, площади). Определяют производственные мощности.

3. Материальные (материалы, полуфабрикаты, покупные комплектующие, изнашиваемые орудия труда).

4. Интеллектуальные (квалификация проектировщиков, задействованных в ОФП, и управленческо-административного персонала, компьютерные системы автоматизации и интеллектуализации труда).

5. Финансовые. Включают два вида ресурсов, которые необходимы для реализации проекта:

а) заработную плату участников проекта;

б) доступные денежные средства, которые можно обменять на ресурсы видов 1–4.

Между уровнями организационно-технической системы имеется определенное разделение зон ответственности по управлению ресурсами, которое можно представить способом, изложенным чуть ниже.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ И ИНСТРУМЕНТЫ БП И УК

К уровню управления и настройки процессов деятельности организации относятся:

определение стратегии продаж (разбивка изделий по номенклатуре, количеству и срокам продаж);

утверждение объемных и календарных планов по выпуску изделий в соответствии со стратегией продаж;

определение стратегии закупок материалов, комплектующих и т.п.;

обеспечение заработной платы;

обеспечение деятельности трудовыми, производственными, финансовыми и интеллектуальными ресурсами;

обеспечение производственных мощностей;

утверждение параметров качества изделия (техническое задание).

Рассмотрим, каким образом на данном уровне можно добиться экономии ресурсов различных видов. Для удобства сведем мероприятия в табл. 1.

Таблица 1. Инструменты БП и УК на уровне управления

Мероприятие	Инструменты БП и УК	Виды экономии ресурсов
Определение рациональной стратегии продаж	Уменьшение объема готовой продукции на складах	1. Уменьшение оборотных средств. 2. Уменьшение незавершенного производства
Обеспечение стратегии закупок материалов, комплектующих в соответствии с планами продаж	Уменьшение запасов материалов, комплектующих и т.п.	Уменьшение оборотных средств (финансовые ресурсы)
Обеспечение объемных и календарных планов по выпуску изделий в соответствии со стратегией продаж	Уменьшение объема готовой продукции на складах	1. Уменьшение оборотных средств (финансовые ресурсы). 2. Уменьшение незавершенного производства (финансовые, трудовые и материальные ресурсы)
Обеспечение интеллектуальных ресурсов	1. Подбор и рациональная расстановка кадров управленческого звена. 2. Обеспечение деятельности программными продуктами	1. Повышение качества принимаемых управленческих решений (см. п. 1–3, 5). 2. Сокращение сроков выработки управленческих решений (см. п. 1–3, 5)
Обеспечение требуемых параметров качества изделия в техническом задании	Обеспечение технически обоснованного качества изделия	1. Обеспечение хороших продаж изделия при определенной ценовой политике (выручка). 2. Отсутствие избыточной трудоемкости и себестоимости изделия (трудовые, материальные, производственные финансовые ресурсы). 3. Отсутствие избыточных трудовых ресурсов

К уровню разработки технических решений относятся:

- проектирование изделия в соответствии с параметрами ее качества, которые отражены в техническом задании;
- анализ соответствия норм точности на изделие его служебному назначению;
- разработка технологических процессов механической обработки и сборки, надежно обеспечивающих заданные чертежами технические требования;
- оптимизация конструкций и технологий;
- определение последовательности перемещения деталей и сборочных единиц по рабочим местам;
- рациональная организация рабочих мест, оснащение их средствами автоматизации и механизации;
- подбор грамотных ИТР и повышение их квалификации; оснащение рабочих мест ИТР средствами автоматизации и интеллектуализации труда.

Рассмотрим, каким образом на данном уровне можно добиться экономии ресурсов различных видов. Для удобства сведем мероприятия в табл. 2.

Таблица 2. Инструменты БП и УК на уровне разработки технических решений

Мероприятие	Инструменты БП и УК	Виды экономии ресурсов
Обеспечение конструкции изделия в соответствии с параметрами ее качества, отраженными в техническом задании	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обеспечение технически обоснованного качества изделия. 2. Конструкторский надзор при изготовлении 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обеспечение доходов от хороших продаж изделия при определенной ценовой политике (выручки). 2. Отсутствие избыточной трудоемкости и себестоимости изделия (трудовые, материальные, производственные и финансовые ресурсы). 3. Отсутствие избыточных трудовых ресурсов
Оптимизация конструкции изделия	<p>Обоснование параметров точности изделия, применяемых материалов, уровня технологичности</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предотвращение избыточной трудоемкости изготовления. 2. Предотвращение необоснованного выбора материалов (материальные и финансовые ресурсы). 3. Обеспечение технологичности (уменьшение трудовых, финансовых и материальных затрат на этапах жизненного цикла изделия)

Мероприятие	Инструменты БП и УК	Виды экономии ресурсов
Обеспечение грамотной разработки технологических решений	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обеспечение надежности (по качеству) технологических процессов сборки и механической обработки. 2. Технологический надзор при изготовлении. 3. Управление точностью обработки 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение потерь по браку (трудовые, материальные, финансовые). 2. Уменьшение количества потребных трудовых и производственных ресурсов. 3. Сокращение технологических циклов – уменьшение объемов незавершенного производства (трудовые, материальные, производственные и финансовые ресурсы). 4. Сокращение материалоемкости изделия за счет рационального определения размеров заготовки (трудовые, материальные и финансовые ресурсы)
Определение последовательности перемещения деталей и сборочных единиц по рабочим местам	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ длины маршрутов перемещения деталей и изделий. 2. Анализ производственных мощностей 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сокращение суммарного времени перемещения деталей и изделий (сокращение незавершенного производства). 2. Сокращение длительности технологических циклов (сокращение незавершенного производства). 3. Сокращение производственных ресурсов
Обеспечение рациональной организации рабочих мест, оснащение их средствами автоматизации и механизации	<ol style="list-style-type: none"> 1. Специализация рабочих мест путем закрепления за ними определенных деталей-операций для минимизации времени переналадки. 2. Оснащение рабочих мест необходимым инструментом. 3. Обеспечение комфортности на рабочем месте. 4. Автоматизация и механизация работ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение суммарной трудоемкости и себестоимости изготовления (трудовые, производственные и финансовые ресурсы). 2. Уменьшение потребности в трудовых ресурсах
Обеспечение профессионализма работников, оснащение средствами интеллектуализации и автоматизации инженерного труда	<ol style="list-style-type: none"> 1. Постоянное повышение квалификации ИТР. 2. Обучение работе с современными программными продуктами и их внедрение 	Повышение качества и сокращение сроков выработки технических решений (п. 1–5 раздела «Ресурсы для реализации проекта по выпуску изделия»)

На производственном уровне отвечают за обеспечение:

- а) фактических календарных планов выпуска продукции в соответствии с расчетными планами по номенклатуре и срокам;
- б) потребных производственных мощностей;
- в) потребности в трудовых ресурсах;
- г) работоспособности парка оборудования;
- д) минимизации суммарного пути перемещения изготавливаемых объектов;
- е) надлежащего уровня организации труда на рабочих местах;
- ж) квалифицированными кадрами и средствами автоматизации и интеллектуализации инженерного труда;
- з) качества изделий на этапе производства.

В табл. 3 приведем инструменты БП и УК, позволяющие сокращать все виды затрат на этапе производства.

Таблица 3. Инструменты БП и УК на производственном уровне

Мероприятие	Инструменты БП и УК	Виды экономии ресурсов
Обеспечение фактических календарных планов выпуска продукции в соответствии с расчетными планами по номенклатуре и срокам	<ol style="list-style-type: none"> 1. Управление длительностью технологических циклов. 2. Определение последовательностей прохождения деталей по операциям на основе приоритетных схем. 3. Диспетчирование технологических процессов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обеспечение отсутствия избыточных запасов готовой продукции (материальные, финансовые, производственные и трудовые ресурсы). 2. Обеспечение отсутствия избыточных производственных ресурсов. 3. Увеличение загрузки рабочих мест (трудовые и финансовые ресурсы)
Обеспечение производственных мощностей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Расчеты производственных мощностей. 2. Реализация системы планово-предупредительного ремонта оборудования 	Предотвращение избыточных производственных мощностей
Обеспечение потребности в трудовых ресурсах	Расчеты трудоемкостей технологических операций	Обоснованное определение численности рабочих (трудовые ресурсы)
Обеспечение минимизации суммарного пути перемещения изготавливаемых объектов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ длины маршрутов перемещения деталей и изделий. 2. Анализ производственных мощностей 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сокращение суммарного времени перемещения деталей и изделий (сокращение незавершенного производства). 2. Сокращение длительности технологических циклов (сокращение незавершенного производства)

Мероприятие	Инструменты БП и УК	Виды экономии ресурсов
Обеспечение рациональной организации рабочих мест, оснащение их средствами автоматизации и механизации	<ol style="list-style-type: none"> 1. Специализация рабочих мест путем закрепления за ними определенных деталей-операций для минимизации времени переналадок. 2. Оснащение рабочих мест необходимым измерительным, вспомогательным и режущим инструментом. 3. Обеспечение комфортности на рабочем месте. 4. Автоматизация и механизация работ на рабочих местах 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение суммарной трудоемкости и себестоимости изготовления (трудовые, производственные и финансовые ресурсы). 2. Уменьшение потребности в трудовых ресурсах
Обеспечение профессионализма работников, оснащение средствами интеллектуализации и автоматизации инженерного труда	<ol style="list-style-type: none"> 1. Постоянное повышение квалификации ИТР и рабочих. 2. Обучение ИТР работе с современными программными продуктами и их внедрение. 	Повышение качества и сокращение сроков выработки технических решений (п. 1–5 раздела «Ресурсы для реализации проекта по выпуску изделия»)
Обеспечение качества изделий на этапе производства	<ol style="list-style-type: none"> 1. Помощь в организации конструкторского надзора и контроля за соблюдением технологической дисциплины. 2. Обеспечение входного и выходного контроля. 3. Организация работ по выявлению причин брака 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изготовление продукции в соответствии с техническими требованиями. 2. Уменьшение брака (материальные, финансовые и трудовые ресурсы)

Таким образом, можно увидеть, что инструменты БП логично вписываются в функциональные действия исполнителей ОФП.

ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ: КАК БЫТЬ?

Возникает резонный вопрос: что делать с БП и УК, имеющимися на предприятии с административными структурами?

В этой связи следует напомнить, что реальные результаты зависят не от наличия определенных административных структур предприятий, а от того, насколько качественно отрабатываются функциональные обязанности участников ОФП.

Наиболее просто, на наш взгляд, обстоит дело с представителями подразделения БП. Штат нужно сократить, после чего сотрудников следует перевести в отдел технического обучения, наделив их функциями повышения квалификации и пропаганды знаний (среди ИТР и рабочих) в области ресурсосберегающих технологий, методов работы, организации труда и т.д. (т.е. в тех областях, которые направлены на сокращение всех видов затрат).

Функции по использованию инструментов БП следует прописать в должностных обязанностях участников ОФП.

С подразделением по УК вопрос представляется более сложным, так как требуется наличие определенной документации, отражающей суть процедур по управлению качеством продукции. На наш взгляд, такую документацию могла бы подготовить группа, административно и функционально подчиненная руководителю ОФП, желательна состоящая из работников конструкторских, технологических и производственных подразделений. Группа должна заниматься разработкой и описанием реально работающих процедур (от проектирования до испытания изделия) в рамках ОФП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая статья носит полемический и отчасти спорный характер, поэтому необходимо остановиться на некоторых соображениях.

Вышеприведенное представление процедур сбережения ресурсов и обеспечения качества продукции логично вписывается в функциональную структуру процессов деятельности организации и не «разрывает» одну функцию между несколькими исполнителями. Благодаря этому не происходит дублирования действий и назначения нескольких ответственных за тот либо иной результат деятельности, т.е. соблюдается принцип «кто принимает решение, тот и отвечает».

Кроме того, одно из важных соображений – придание большей значимости кадровой политике в организации, т.е. подбору, непрерывному обучению и расстановке инженерных и рабочих кадров на всех уровнях процессов деятельности организации. Кадры – важнейший ресурс организации.

Немаловажным является и готовность руководства организации изменять функциональные процессы (и административную структуру) предприятия. Важнейшая задача руководства организации – увязка по времени всех функциональных процессов компании.

Очевидно, что подобную реконструкцию процессов управления качеством и ресурсосбережения нельзя выполнить сразу. На это требуется время, а также подготовка кадров, но, на наш взгляд, конечный результат может быть весьма эффективным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Singh J., Ahuja I.P.S., Singh H., Singh A. Development and Implementation of Autonomous Quality Management System (AQMS) in an Automotive Manufacturing Using Quality 4.0 Concept – a case Study // *Computers & Industrial Engineering*. 2022. V. 168. P. 108121.
2. Powell D., Eleftheriadis R., Myklebust O. Digitally Enhanced Quality Management for Zero Defect Manufacturing // *Procedia CIRP*. 2021. V. 104. P. 1351–1354.
3. Burdo G., Bolotov A. Establishment of Criteria for Assessing Preproduction Engineering in CAD TP // *VI International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)*. IEEE. 2022. P. 1–4.
4. Zhu V., Giddaluru M.P., Elsoury M., Gao J. An Approach to Determining the Need for Integrating Quality Management into Industrial PLM Implementation // *Procedia CIRP*. 2022. V. 109. P. 490–495.
5. Filz M.A., Gellrich S., Lang F., Zietsch J., Abraham T., Herrmann C. Data-driven Analysis of Product Property Propagation to Support Process-integrated Quality Management in Manufacturing Systems // *Procedia CIRP*. 2021. V. 104. P. 900–905.

6. Burdo G. Basic Approaches to Creating Automated Design and Control Systems in a Machine-Building Industry // *International Conference on Intelligent Information Technologies for Industry*. 2019. P. 281–288.
7. Lester A. Project Management, Planning and Control. Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards. Elsevier Ltd. 2021. 696 p.
8. Elafri N., Tappert J., Rose B., Yassine M. Lean 4.0: Synergies between Lean Management Tools and Industry 4.0 Technologies // *IFAC-PapersOnLine*. 2022. V. 55. № 10. P. 2060–2066.
9. Psarommatis F., Azamfirei V. Customized Quality Inspection Cycles for Achieving Sustainable Manufacturing in the Era of Zero Defect Manufacturing // *Procedia CIRP*. 2023. V. 120. P. 141–146.
10. Leygonie R., Motamedi A., Iordanova I. Development of Quality Improvement Procedures and Tools for Facility Management BIM // *Developments in the Built Environment*. 2022. V. 11. P. 100075.
11. Tasia K.A. Integrated Quality, Maintenance and Production Model for Multivariate Processes: A Bayesian Approach // *Journal of Manufacturing Systems*. 2022. V. 63. P. 35–51.
12. Bokhorst J.A.C., Knol W., Slomp J., Bortolotti T. Assessing to What Extent Smart Manufacturing Builds on Lean Principles // *International Journal of Production Economics*. 2022. V. 253. P. 108599.
13. Tortorella G.L., Narayanamurthy G., Thurer M. Identifying Pathways to a High-performing Lean Automation Implementation: An Empirical Study in the Manufacturing Industry // *International Journal of Production Economics*. 2021. V. 231. P. 107918.
14. Burdo G. Automated Quality Management System in Mechanical Engineering // *International Conference on Intelligent Information Technologies for Industry*. 2018. P. 218–224.
15. Marinelli M., Deshmukh A.A., Janardhanan M., Nielsen I. Lean Manufacturing and Industry 4.0 Combinative Application: Practices and Perceived Benefits // *IFAC-PapersOnLine*. 2021. V. 54. № 1. P. 288–293.
16. Dillinger F., Kagerer M., Reinhart G. Concept for the Development of a Lean 4.0 Reference Implementation Strategy for Manufacturing Companies // *Procedia CIRP*. 2021. V. 104. P. 330–335.
17. Ortega I.U., Amrani A.Z., Vallespir B. Modeling: Integration of Lean and Technologies of Industry 4.0 for Enterprise Performance // *IFAC-PapersOnLine*. 2022. V. 55. № 10. P. 2067–2072.
18. Reke E., Powell D., Mogos M.F. Applying the Fundamentals of TPS to Realize a Resilient and Responsive Manufacturing System // *Procedia CIRP*. 2022. V. 107. P. 1221–1225.
19. Langlotz P., Aurich J.C. Causal and Temporal Relationships within the Combination of Lean Production Systems and Industry 4.0 // *Procedia CIRP*. 2021. V. 96. P. 236–241.
20. Dillinger F., Tropschuh B., Dervis M.Y., Reinhart G. A Systematic Approach to Identify the Interdependencies of Lean Production and Industry 4.0 Elements // *Procedia CIRP*. 2022. V. 112. P. 85–90.

Для цитирования: Бурдо Г.Б., Болотов А.Н. Повышение эффективности инструментов бережливого производства и управления качеством // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2024. № 4 (24). С. 75–89.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF LEAN MANUFACTURING AND QUALITY MANAGEMENT TOOLS

G.B. BURDO, Dr. Sc., A.N. BOLOTOV, Dr. Sc.

Tver State Technical University
22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver, e-mail: gbtms@yandex.ru

The essence of the conceptual concepts of lean manufacturing and quality management is considered. The main errors in their understanding and application are analyzed. It has been established that it is advisable to implement these systems based on the study of the organization's business processes. The hierarchy of organizational and technological systems is investigated, the main tasks solved within the framework of lean production and quality management systems are shown. The tools of lean manufacturing and quality management are proposed, which are advisable to use in ensuring highly efficient machine-building production. Proposals for restructuring the structure of engineering departments of machine-building enterprises are given.

Keywords: machine-building production, quality management, lean manufacturing, business processes, system approach, hierarchy of production machine-building systems.

Поступила в редакцию/received: 22.06.2024; после рецензирования/ revised: 27.06.2024;
принята/accepted: 01.07.2024

УДК 658.512

РОДОВИДОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ КАК ОПОРНАЯ СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Е.В. ПОЛЕТАЕВА, канд. техн. наук, И.В. ГОРЛОВ, д-р техн. наук

Тверской государственный технический университет
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: epolet2010@mail.ru

© Полетаева Е.В., Горлов И.В., 2024

Статья посвящена вопросам, связанным с разработкой моделей объектов и процессов, являющихся частью технологической подготовки производства, в области автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления деталей. Рассмотрены концептуальные объекты и структурные связи между этими объектами. Особое внимание уделено терминам «материальный объект» и «родовидовые отношения». Показано, какую роль они играют в системе знаний предметной области машиностроения. Приведен пример кодировки элементов машиностроительной производственной системы и связей средствами структурного моделирования. Изучены вопросы, связанные с созданием алгоритмов, осуществляющих обработку закодированной информации, для решения задач выбора элементов производственной системы на разных уровнях абстрагирования. Приведен пример решения инженерной задачи на основе структуры терминологической системы онтологии машиностроения.