

УДК 004.001.895

DOI: 10.30987/article\_5cda64cfa6d2c9.23311329

Г.И. Коновалова

## МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рассмотрена модель оперативного управления цифровым производством, представляющая собой гибкий механизм минимизации влияния различных факторов и обеспечения точности производственных заданий, затрат и запасов в условиях многономенклатурного динамического разнотипного машиностроительного производства.

**Ключевые слова:** цифровое производство, оперативное управление производством, управление производственными затратами, управление производственными запасами, единое информационное пространство.

G.I. Konovalova

## MODEL OF ENGINEERING ENTERPRISE ONLINE CONTROL UNDER DIGITAL PRODUCTION CONDITIONS

Today at many engineering enterprises the following problem takes place: an inadequacy of management decisions made to the required state of production determining high production costs, a larger duration of a production cycle and non-observance of order execution terms. A concept of digital production causes a high interest of engineering enterprises as it contributes not only to their new level movement, but also changes completely. But so far there are no real examples of their introduction it is conditioned with an insufficient methodological development of its basic constituents particularly production online control. To solve this problem the author has offered from system

positions the investigation of peculiarities of dynamic diversified production at an engineering enterprise and its online management. As a result there is developed a universal system for an online control of dynamic diversified production, production costs and production resources. According to single models and algorithms a system allows planning, accounting and regulating manufacturing products made in a single specimen, small, medium and large-scale production and also in plenty.

**Key words:** digital production, online control of production, production costs control, production resources control.

### Введение

Под цифровым производством понимается использование технологий цифрового моделирования производственных процессов – изготовления опытного образца, производства изделий, эксплуатации и утилизации их. По сути, речь идет о создании цифровых двойников продукта и процессов его производства, включая оборудование и персонал предприятия. Для этого на промышленном предприятии должны быть полностью автоматизированы все производственные процессы: конструкторская разработка изделий, технологическая подготовка производства, снабжение материалами и комплектующими, планирование производства, изготовление и сбыт продукции. Необходимым условием при этом является создание единого информационного пространства, с помощью которого все автоматизированные системы

управления предприятием, а также промышленное оборудование могут обмениваться информацией в режиме реального времени.

Технологическая составляющая концепции цифрового производства представляется высокотехнологичным оборудованием (например роботизированными производственными линиями) и технологиями, встроенными в физические предметы для взаимодействия их между собой и с внешней средой, контроля качества изготовления деталей, сборочных единиц и изделий и, таким образом, значительного уменьшения или полного исключения участия человека в технологических процессах.

Производственная составляющая концепции цифрового производства предполагает полную синхронизацию работы

всех подразделений предприятия, обеспечиваемую на основе интеграции планирования всех видов деятельности и актуальной, достоверной и объективной информации о ходе производства и нацеленную на максимальное снижение себестоимости продукции, увеличение выручки, поиск новых рынков, сокращение сроков освоения и выпуска новой продукции. Цифровое производство гибко и быстро реагирует на динамичные внешние и внутренние факторы на основе информации, пригодной для регулирования всех процессов на предприятии в режиме реального времени.

### **Свойства системы оперативного управления цифровым производством**

Система оперативного управления цифровым производством должна иметь ряд свойств, основными из которых являются универсальность, гибкость, адаптивность, иерархичность, экономичность, непрерывность, полнота и точность [1]. Свойство универсальности системы состоит в том, что оперативное планирование, учет, контроль, анализ и регулирование производства изделий в единичном экземпляре, мелкими, средними, крупными партиями, а также в больших количествах осуществляются на единой методологической основе (по единым моделям и алгоритмам).

Единство системы оперативного управления производством означает устойчивость ее внутренних связей при динамичном изменении состояния внешней и внутренней среды. Данное свойство проявляется в полноте основных функций управления; тесной связи функций планирования, организации, учета, контроля, анализа и регулирования производства; единстве процесса управления, состоящем в его непрерывности и ритмичности, согласованности всех его операций, стадий и этапов.

Гибкость системы оперативного управления производством заключается в ее способности выполнять свои функции без изменения методов управления при непрерывном колебании выпуска продукции и внесении изменений в производственный процесс и при этом обеспечивать снижение себестоимости продукции.

Одним из ключевых шагов к реализации концепции «Индустрия 4.0» является создание системы оперативного управления цифровым производством. Для того чтобы не остаться за бортом четвертой индустриальной революции, необходимо разработать новую систему оперативного управления производством, отвечающую требованиям цифровой экономики и принципиально отличающуюся от существующих систем оперативного управления производством.

Свойство адаптивности состоит в своевременной реакции системы оперативного управления производством на изменения во внешней и внутренней среде, позволяющей оперативно рассчитывать новые параметры производственных процессов для изменения их целевой ориентации и на этой основе регулировать деятельность структурных подразделений предприятия.

Иерархичность системы оперативного управления производством предполагает горизонтальную и вертикальную интеграцию трех уровней управления внутри предприятия (заводского, межцехового, внутрицехового) и определение совокупности взаимосвязанных элементов, образующих единое целое и совместно действующих для достижения поставленных целей и показателей.

Непрерывный характер системы оперативного управления производством связан с необходимостью планирования будущего предприятия для определения тактики его действий и постоянных корректировок в связи с динамичным изменением спроса на продукцию и внутренней среды предприятия. Свойство непрерывности предполагает наличие у системы оперативного управления производством возможности в режиме реального времени получать данные о состоянии производства, анализировать и регулировать его ход.

Свойство полноты заключается в охвате системой оперативного управления

производством всех функциональных подсистем, уровней управления и различных периодов планирования (долгосрочного, среднесрочного и краткосрочного).

Точность системы управления состоит в применении простых планово-учетных единиц (изделие, деталь, операция, день обеспеченности) вместо укрупненных и условных (заказ, групповой комплект, сборочный комплект, условное изделие, сутко-комплект и др.) и детализации и конкретизации месячной производ-

### **Универсальная система оперативного управления машиностроительным предприятием в условиях цифрового производства**

Особенности современного машиностроительного производства, принципиально важные для разработки системы оперативного управления цифровым производством, состоят в следующем:

- 1) постоянно обновляющаяся номенклатура выпускаемых изделий;
- 2) сочетание на одном предприятии различных типов производства (единичного, мелкосерийного, среднесерийного, крупносерийного) из-за разного спроса на изделия;
- 3) высокая динамичность производства, проявляющаяся в постоянном изменении спроса на продукцию предприятия по номенклатуре, количеству и срокам, совершенствовании конструкции изделий и технологии изготовления, а также других элементов производства (производственной структуры, кооперации с другими предприятиями, маршрутов обработки деталей и сборочных единиц и т.п.).

Эти факторы не учитываются в существующих системах оперативного управления производством. Отсюда на машиностроительных предприятиях имеет место несоответствие принимаемых управленческих решений требуемому состоянию производства. Это является одной из причин следующих проблем: нарушение сроков выполнения заказов; большие средства, вкладываемые в оборотный капитал; высокие производственные затраты; низкая производительность труда.

Положение машиностроительного предприятия в рыночной экономике изменилось коренным образом. Став объектом

ственной программы цеха, оперативных плановых заданий производственных участков и плановых показателей результативности их деятельности.

Свойство экономичности предполагает использование в системе оперативного управления производством наиболее значимых управляющих параметров и критериев оптимизации при составлении месячной производственной программы цеха и оперативных плановых заданий производственным участкам.

товарно-денежных отношений, оно обладает экономической самостоятельностью и отвечает за результаты своей хозяйственной деятельности. Существенно возрастает ответственность за качество принимаемых решений, для повышения которого требуется развивать теорию и методологию оперативного управления производством. Требуется проводить исследования, нацеленные на установление взаимосвязей между оперативным управлением производством и оперативным управлением производственными затратами и запасами, стадиями жизненного цикла изделия, уровнями управления на основе системного, процессного, ситуационного, интеграционного и оптимизационного подходов. Применение данных подходов в едином комплексе способствует адекватной постановке проблем и выработке эффективной стратегии их решения. Современный взгляд на систему оперативного управления цифровым производством предполагает использование новых инструментов ее осуществления [2].

Исследование разработанных в теории и применяемых на практике систем оперативного управления производством показало несоответствие их концепций условиям динамично меняющейся внешней и внутренней среды, вызывающим необходимость ускоренного реагирования на изменения и дифференциацию спроса, а также совмещения различных типов производства. Сегодня предприятиям необходима универсальная система оперативного управления производством, концептуаль-

ными свойствами которой являются гибкость к динамике номенклатуры и объемов выпуска изделий, высокая точность и согласованность производственных заданий на разные плановые периоды для различных подразделений. Сущность концепции универсальной системы оперативного управления цифровым производством заключается в том, что управление деятельностью машиностроительного предприятия осуществляется на основе одних и тех же элементов (планов-графиков, планово-учетных единиц и календарно-плановых нормативов) для всех типов производства для достижения оптимальных значений производственных показателей [3]. Элементы универсальной системы оперативного управления цифровым производством показаны в таблице.

Ключевыми элементами в универсальной системе оперативного управления цифровым производством, составляющими ее ядро, являются планы-графики выпуска изделий, деталей (сборочных единиц) для

различных уровней управления и очередь выполнения технологических операций.

Для гибкого реагирования на изменения внешней и внутренней среды планы-графики на заводском уровне управления оперативно корректируются, на цеховом и внутрицеховом уровнях пересчитываются в режиме реального времени, что позволяет изменять параметры производственных процессов с учетом сложившихся производственных ситуаций. Для обеспечения взаимосвязи целей, показателей и планов для различных уровней управления планы-графики строятся на долгосрочный период.

Очередь выполнения технологических операций строится в зависимости от фактического укомплектования производства деталями, выраженного в днях обеспеченности. Это позволяет оперативно регулировать комплектность незавершенного производства во всех производственных цехах предприятия (заготовительных, обрабатывающих и сборочных), что принципиально важно для оперативного управления цифровым производством.

Таблица

Элементы универсальной системы оперативного управления цифровым производством

Ядро системы	Планово-учетные единицы	Календарно-плановые нормативы
Заводской уровень управления		
Планы-графики выпуска изделий предприятием	Изделие Дневной выпуск изделия Отрезок времени с одинаковым дневным выпуском изделия	Длительность производственного цикла изготовления изделий
Цеховой уровень управления		
Планы-графики выпуска деталей из цеха-изготовителя для управления обеспечением деталями цехов-потребителей	Деталь Дневной выпуск детали Отрезок времени с одинаковым дневным выпуском детали Фактический день обеспеченности производства деталями в цехе-потребителе	Опережение выпуска деталей
Внутрицеховой уровень управления		
Планы-графики выпуска деталей из цеха-изготовителя для управления операциями технологического процесса	Деталь Операция Дневной выпуск детали Отрезок времени с одинаковым дневным выпуском детали	–
Очередь выполнения технологических операций	Деталь Операция Сроки запуска партий деталей Фактический день обеспеченности производства деталями на операции	Размер партии деталей. Длительность производственного цикла обработки партий деталей

Авторское определение понятия «универсальная система оперативного управления цифровым производством» формулируется как система, в которой используются одни и те же планово-учетные единицы для всех типов производства, а

планирование, учет, контроль, анализ и регулирование производства осуществляются на единой методологической основе. Принципиальная схема универсальной системы оперативного управления цифровым производством показана на рис. 1.



Рис. 1. Принципиальная схема универсальной системы оперативного управления цифровым производством

Основное в универсальной системе оперативного управления цифровым производством – это формирование взаимосвязанных динамичных планов-графиков, находящихся на различных уровнях управления (заводском и цеховом), и очереди выполнения технологических операций.

В универсальную систему оперативного управления цифровым производством интегрировано оперативное управление производственными затратами. Суть его заключается в осуществлении оперативного планирования затрат на основе динамичных планов-графиков выпуска деталей и ведении оперативного учета затрат на основе оперативного производственного учета деталей и процессного подхода. Структура системы оперативного управления производственными затратами показана на рис. 2.

Концепция системы оперативного управления затратами в цифровом производстве является новым взглядом на планирование и учет производственных затрат и формирование себестоимости продукции. От существующих в теории и применяемых на практике систем она отличается тем, что представляет собой гибкий механизм оперативного управления затратами, который минимизирует воздействие различных факторов и обеспечивает точность производственных затрат в условиях многономенклатурного динамичного разнотипного производства.

В универсальную систему оперативного управления цифровым производством интегрировано также оперативное управление производственными запасами. Под управлением производственными запасами понимается управление оборотными активами предприятия, основная цель которого

состоит в обеспечении бесперебойного процесса производства и реализации продукции при минимизации совокупных затрат по обслуживанию запасов. В существующих системах оперативного управления производством длительное время используются средние значения нормативных запасов и оборотных средств, что не соответствует действительной потребности производства. Новое состоит в том, что в этой системе определяются изменяющи-

еся в динамичном разнотипном производстве нормативные производственные запасы и оборотные средства, действительно необходимые для производства продукции, рациональное использование которых является фактором повышения эффективности деятельности предприятия.

Структура системы оперативного управления производственными запасами и оборотными средствами изображена на рис. 3.

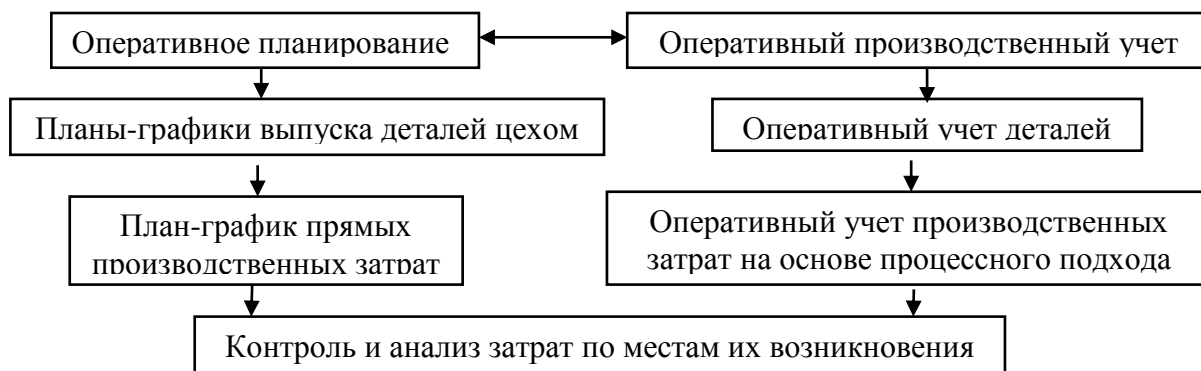


Рис. 2. Структура системы оперативного управления производственными затратами

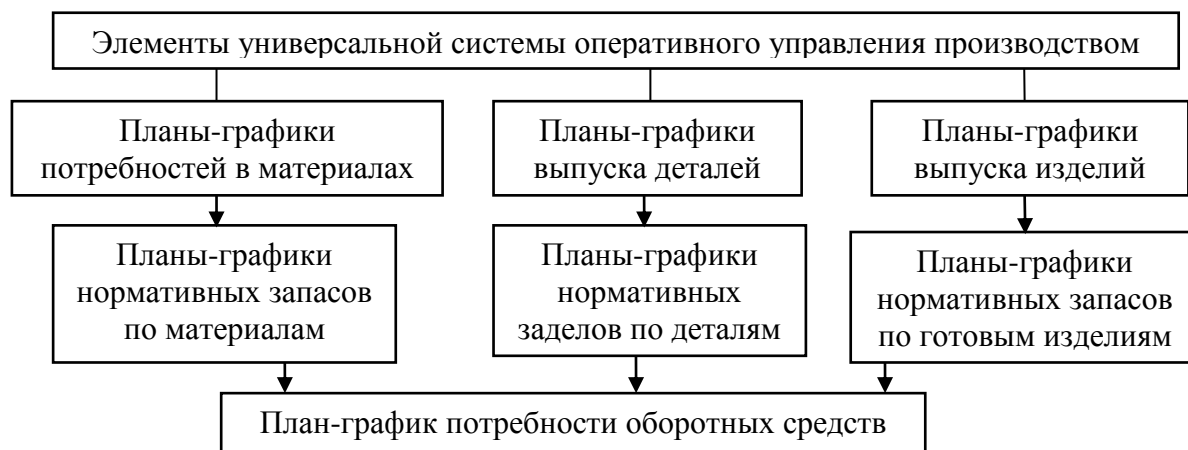


Рис. 3. Структура системы оперативного управления производственными запасами и оборотными средствами

Необходимым условием цифрового производства является создание на машиностроительном предприятии единого информационного пространства, с помощью которого все автоматизированные системы управления предприятием, а также промышленное оборудование могут оперативно и своевременно обмениваться информацией. Состав единого информационного пространства для оперативного управления цифровым производством приведен на рис. 4.

Интегрированная информационная система оперативного управления цифровым производством построена на основе двух взаимосвязанных баз данных – базы данных на уровне предприятия и базы данных на уровне цеха, включающих нормативные, учетные и плановые характеристики объекта управления, определяющих его положение и состояние в производственном процессе на определенный момент времени.

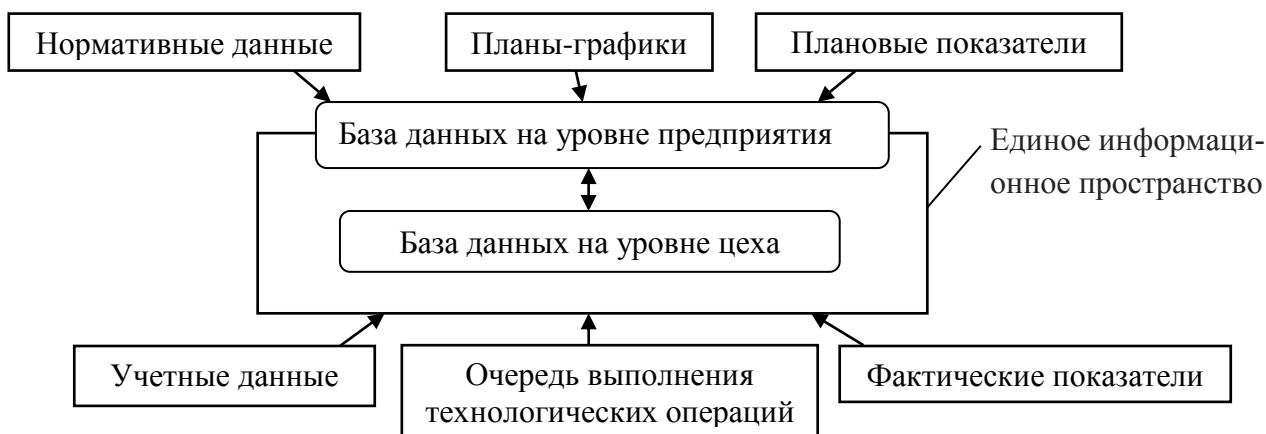


Рис. 4. Состав единого информационного пространства для оперативного управления цифровым производством

### Заключение

Настоящее исследование является развитием теории и методологии оперативного управления машиностроительным предприятием в условиях цифрового производства. Разработанная универсальная система оперативного управления динамичным разнотипным машиностроительным производством позволяет предприятию адаптироваться к постоянно изменяющейся внешней и внутренней среде, создавать комплектное незавершенное производство, снижать производственные затраты, сокращать длительность производственного цикла изготовления

изделий, повышать производительность труда.

Теоретическая значимость исследования состоит в развитии теории и методологии производственного менеджмента. Предложена отечественная система оперативного управления цифровым производством, учитывающая в полной мере особенности российских машиностроительных предприятий.

Практическая ценность результатов исследования заключается в универсальности предложенных решений и возможности применения их на предприятиях всех отраслей промышленности РФ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коновалова, Г.И. Методология внутрифирменного управления на основе системной интеграции / Г.И. Коновалова // Менеджмент в России и за рубежом. – М., 2015. – № 2. – С. 109-118.
2. Коновалова, Г.И. Методология внутрифирменного управления на основе системной оптимизации / Г.И. Коновалова // Менеджмент в России и за рубежом. – М., 2015. – № 5. – С. 121-128.
3. Коновалова, Г.И. Развитие методологии внутрифирменного управления: монография / Г.И. Коновалова. – Брянск: БГТУ, 2014. – 375 с.

Management in Russia and Abroad. – М., 2015. – No.5. – pp. 121-128.

3. Konovalova, G.I. *Development of Inner-company Management Methodology: monograph* / G.I. Konovalova. – Bryansk: BSTU, 2014. – pp. 375.

Management in Russia and Abroad. – М., 2015. – No.5. – pp. 121-128.

3. Konovalova, G.I. *Development of Inner-company Management Methodology: monograph* / G.I. Konovalova. – Bryansk: BSTU, 2014. – pp. 375.

Статья поступила в редакцию 29.10.18

Рецензент: д.э.н., профессор Брянского государственного инженерно-технологического университета  
Кулагина Н.А.

Статья принята к публикации 23. 04. 19.

### Сведения об авторах:

**Коновалова Галина Ильинична**, к.э.н., профессор кафедры «Экономика, организация производства и управление» Брянского государственного технического университета, e-mail: [eopuk@mail.ru](mailto:eopuk@mail.ru).

**Konovalova Galina Ilyinichna**, Can. Sc. Econ., Prof. of the Dep. "Economy, Production Organization and Management", Bryansk State Technical University, e-mail: [eopuk@mail.ru](mailto:eopuk@mail.ru).