

# Инновационные подходы к созданию системы управления высокотехнологичным производством



**В. В. Лебедев,**  
генеральный директор ОАО «Ковровский  
электромеханический завод»  
e-mail: LebedevVV57@mail.ru



**С. Е. Жаринов,**  
к. т. н., генеральный директор  
ООО «ЛИПРО Р» (Москва)  
e-mail: zharinov@lipro.ru

*Представлены основные элементы, принципы, и некоторые конкретные решения, основанные на концепции управления по ограничениям и реализованные на Ковровском электромеханическом заводе. Приводится краткая характеристика структуры материальных потоков, а также методов информационной поддержки и показателей результативности, разработанных для заводской системы управления производством.*

**Ключевые слова:** производственные системы; управление по ограничениям; производство «на заказ»; производство «на наличие»; системы планирования, учета и контроля производства; показатели результативности.

## Вводные замечания

ОАО «Ковровский электромеханический завод» (КЭМЗ) специализируется на выпуске гидроаппаратуры и, в частности, является лидером в производстве электрогидравлических приводов для управления высокотехнологичными комплексами различного назначения. Продукция завода удовлетворяет требованиям международных стандартов качества, изготавливается на самом современном оборудовании с широким применением новейших технологий металлообработки и методов организации труда. За последние пять лет объем продаж КЭМЗ в денежном выражении вырос более чем в 8 раз. В рамках реализации инновационной политики предприятия особое внимание уделяется организационно-управленческим структурам, в первую очередь, разработке и развитию собственной системы управления производством.

Сегодня среди руководителей российских машиностроительных предприятий нет единства в понимании подходов к созданию соответствующих систем управления. Нередко приходится слышать, например, о попытках применения принципов TQM (всеобщего управления качеством), о внедрении методов Lean (бережливого производства) и других инструментов локального совершенствования. Однако шлифовать целесообразно только то, что имеет хорошую основу, иными словами, некоторый базовый набор правил организации, планирования, учета и контроля производственного процесса, — пусть и не самых совер-

шенных, но отвечающих современным потребностям. В практике же управления отечественным машиностроением до сих пор зачастую преобладает модель, основы которой еще сто лет назад были заложены Тейлором и суть которой сводится к тотальному нормированию операций и сдельной оплате труда. Эту модель бессмысленно улучшать; ее следует заменить на более адекватную.

## Краткая характеристика подходов

В течение последних нескольких лет на КЭМЗ разрабатывается и проходит апробацию система управления производством, основные элементы которой показаны на рис. 1.



Рис. 1. Основные элементы системы управления производством

- Система материальных потоков (чем управлять?) строится на принципах теории ограничений систем (ТОС) с использованием следующих подходов:
  - отказ от «процессных деревьев» и организация предметно-замкнутых производственных линеек по группам ДСЕ с разделением всех позиций на два класса: 1) обеспечивающих изготовление «по заказу» (к заданным срокам); 2) поддерживающих режим работы «по уровню» запасов (например, в кладовых комплектации сборочных отделений);
  - назначение «стратегического» внутреннего ограничения системы в точке схождения материальных потоков (то есть на конечной сборке); синхронизация работы ограничения по выходному потоку; вытягивание нужных ДСЕ из механообрабатывающих подразделений в соответствии с потребностями сборки;
  - оперативное реагирование (методами Lean и TQM) на появление в потоках блуждающих узких мест и «тактических» ограничений.
- Информационная система (как управлять?) разрабатывается на принципах укрупненного планирования, учета и контроля ТОС с использованием следующих подходов:
  - предварительное планирование запусков по упрощенной схеме S-DBR (Simplified Drum-Buffer-Rope, для ДСЕ первого класса) и «пополнение» типа MTA (Make-To-Availability, для ДСЕ второго класса);
  - организация фактических запусков по текущему состоянию потоков (для ДСЕ первого

класса, — на основе анализа размеров незавершенного производства) и наличию запасов в кладовых комплектации (для ДСЕ второго класса);

- организация учета состояния всех материальных потоков в нескольких ключевых точках (межцеховые/межучастковые переходы);
- диспетчирование и контроль движения потоков с применением схемы «раннего предупреждения», — на основе приоритетов, определяемых по степени пробы «красных зон» буферов времени или запасов (DBM, Dynamic Buffer Management).
- Показатели результативности (зачем управлять?) формируются исходя из принципа оценки работ по конечным результатам с использованием следующих подходов:
  - разграничение полномочий центрального и локального уровней управления; баланс прав и ответственности исполнителей;
  - отказ от локальных критериев (загрузка оборудования, нормочасы); согласование интересов всех основных участников производственной системы (владельцев, клиентов, работников).

На рис. 2 представлена общая схема управления материальными потоками в рамках разрабатываемой системы управления производством КЭМЗ. Верхняя часть диаграммы соответствует потокам с управлением «по заказу», нижняя — «по уровню». Далее в статье более подробно описаны некоторые ключевые аспекты реализуемой концепции.

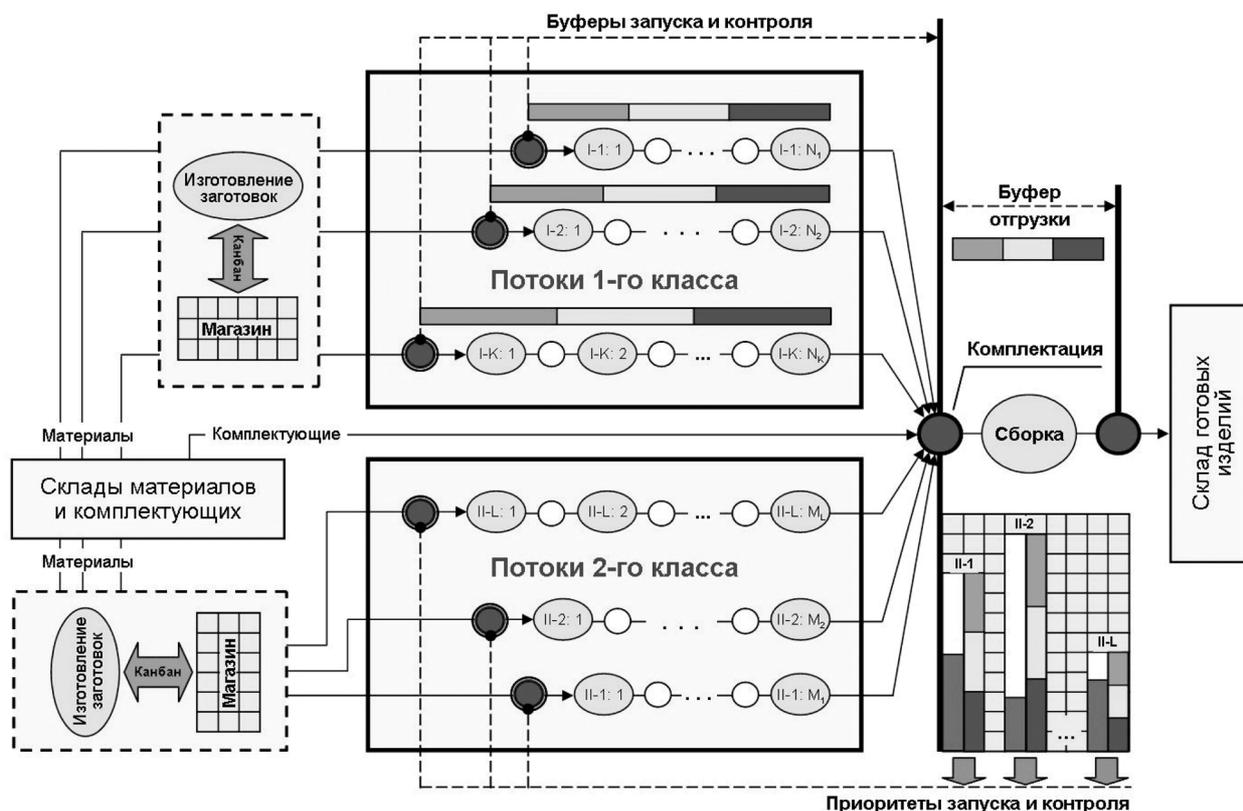


Рис. 2. Общая схема управления материальными потоками КЭМЗ

**Механизмы управления потоками «по заказу»**

Управление «по заказу» (потоки первого класса) — это набор способов организации типовых материальных потоков, а также формирования, запуска и контроля выполнения производственных заданий на изготовление ДСЕ, — на основании «внешних» клиентских заказов.

Планирование и контроль состояния потоков первого класса осуществляется централизованно в двух точках управления, — запуск соответствующих партий ДСЕ в производство и их поступление в сборочные отделения (схема S-DBR, рис. 3). **Исходные параметры:** *размеры буферов* (веревки) запуска и контроля, которые устанавливаются заранее для каждой конкретной номенклатурной позиции. Назначение и корректировка размеров буферов выполняется на основании анализа данных о фактических временах производственных циклов при помощи типовых инструментов DBM. **Задача управления:** обеспечение своевременного поступления деталей на комплектацию.

Предварительные даты запуска определяются обратным планированием от предполагаемой даты выдачи соответствующего комплекта деталей на сборку. При этом по каждой партии ДСЕ формируется отдельный сопроводительный документ с уникальным номером (маршрутный лист, см. пример на рис. 4) и штрих-кодом для последующей однозначной идентификации на переделах.

Важно отметить, что полученные описанным выше способом графики запуска являются предварительными. Их главная задача — зафиксировать сроки, к которым необходимо будет обеспечить производство соответствующими материалами и полуфабрикатами.

Это информация для службы снабжения. Фактический же запуск может происходить позднее, — в соответствии с данными регулярного мониторинга текущей загрузки потоков.

Как было сказано ранее, состояние потоков в промежутке между двумя главными точками управления анализируется по схеме «раннего предупреждения» (светофора) на основе данных фиксации движения потоков в дополнительных точках учета, например, при переходах между цехами или участками. При этом по каждому из выпускающих участков регулярно формируются отчеты по пробоям «красной зоны» временного буфера (то есть когда с момента запланированного запуска позиции прошло уже более 2/3 буферного времени, но соответствующая партия ДСЕ еще не поступила на комплектацию). Действует правило: «пока заказчик не подтвердил получение, данная партия ДСЕ числится за поставщиком (предыдущим по маршруту переделом)».

**Механизмы управления потоками «по уровню»**

Перевод на схему управления «по уровню» может быть целесообразен для следующих категорий ДСЕ, изготавливаемых в механообрабатывающих подразделениях:

- поступающих в кладовые комплектации нескольких сборочных отделений;
- применяемых в большой номенклатуре конечных изделий, регулярно изготавливаемых предприятием;
- применяемых в серийной продукции;
- технология изготовления которых предусматривает использование групповых заготовок;

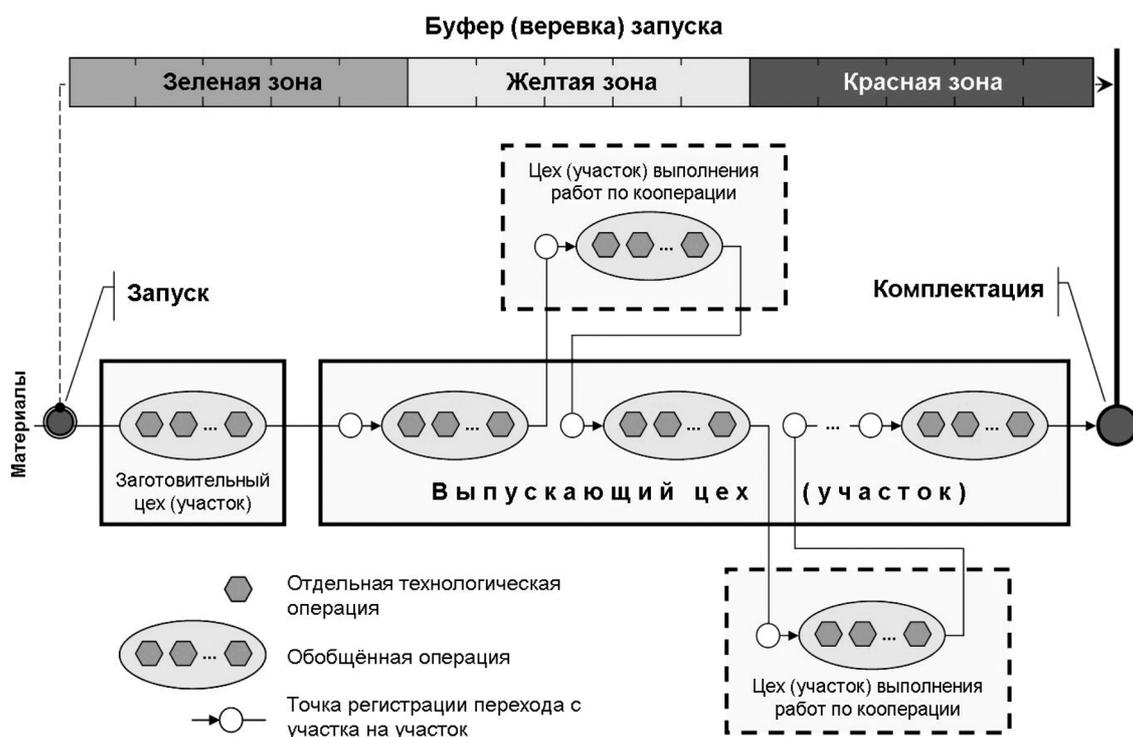


Рис. 3. Схема управления типowym потоком «по заказу»

LSProduction Network Отв. работник за выдачу м/листа " " 20 г. Форма 3-ОППК

Инженер по орг.пр-ва \_\_\_\_\_ МАРШРУТНЫЙ ЛИСТ № 1114470 от 27.09.2013

№реестра МЛ: 2709ма+ \_\_\_\_\_

Изделие: D18442Матрицедержатель 4"1/2 Деталь: D18440АМатрицедержатель 4"1/2

Дата запуска: 30.10.2013 Сроковсдачи: 31.10.2013 Наряд заказа: \_\_\_\_\_ Пре \_\_\_\_\_

№техпроцесса: ЮФЕИ.02141.11883 АмадаРГ-6

Основной ШТРИХ-КОД

Данные о материале

| Материал       | Обозначение                          | Профиль, размер, масса | Сертификат №дата | Документ на замену материала | Примечание |
|----------------|--------------------------------------|------------------------|------------------|------------------------------|------------|
| По техпроцессу | Полоса 75x220 40ХН2МА ТС 96017-90-01 |                        |                  |                              |            |
| Фактически     |                                      |                        |                  |                              |            |

Протокол испытаний № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ № плавки (при наличии) \_\_\_\_\_

Заполнил кладовщик участка 14 (цеха 01) \_\_\_\_\_ должность \_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_ фамилия \_\_\_\_\_ дата \_\_\_\_\_

Проверил БТК участка 14 (цеха 01) \_\_\_\_\_ должность \_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_ фамилия \_\_\_\_\_ дата \_\_\_\_\_

Движение деталей по операциям

| № цеха/части | № операции | Наименование операции   | Таб № | ФИО исполнителя | Принято к исполнению |      |                     |      | Подпись контролера за проверку первой детали | Изготовлено         |        | Отметка приемке |                       |        |    |
|--------------|------------|-------------------------|-------|-----------------|----------------------|------|---------------------|------|--|---------------------|--------|-----------------|-----------------------|--------|----|
|              |            |                         |       |                 | Количество           | Дата | Полная комплектация | Дата |  | Полная комплектация | Годных | Брак            | Другие несоответствия | Принят |    |
| 1            | 2          | 3                       | 4     | 5               | 6                    | 7    | 8                   | 9    | 10   | 11                  | 12     | 13              | 14                    | 15     | 16 |
| 14/4         | 001        | ПОДГОТОВКА              |       |                 |                      |      |                     |      |  |                     |        |                 |                       |        |    |
| 14/4         | 005        | ЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ-НКА 400 |       |                 |                      |      |                     |      |  |                     |        |                 |                       |        |    |
| 14/4         | 010        | СЛЕСАРНАЯ               |       |                 |                      |      |                     |      |  |                     |        |                 |                       |        |    |
| 14/4         | 015        | ЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ-НКА 400 |       |                 |                      |      |                     |      |  |                     |        |                 |                       |        |    |
| 14/4         | 020        | КОНТРОЛЬ                |       |                 |                      |      |                     |      |  |                     |        |                 |                       |        |    |

Штрих-код обобщенной ПО

27.09.2013 11:28:24 Зака: №65 К004\*11.13 Маршрутный лист № 1114470 Потребитель: 7-30 Стр.1  
Деталь: D18440A

Рис. 4. Пример маршрутного листа КЭМЗ с промежуточными отметками о прохождении по производственным переделам

- нормалей и простых в изготовлении ДСЕ со сравнительно короткими производственными циклами;
- сложных ДСЕ с достаточно длительными производственными циклами, превышающими стандартные сроки выполнения заказа.

Отличие от управления «по заказу», для потоков второго класса в качестве источников формирования потребностей выступают не внешние (клиентские) заказы на конечную продукцию завода, а само производство. В данном случае используется схема МТА, в которой ведется учет соответствующих ДСЕ не только в кладовых комплектации, но и в незавершенном производстве, — что предпочтительнее по сравнению, например, с методом «точки перезаказа» (order-point control), работающим исключительно по данным о складских запасах. **Исходные параметры: целевой уровень и стандартный размер партии. Задача управления: обеспечение постоянного наличия на сборке деталей установленной номенклатуры.**

Целевой уровень (буфер запасов) — это величина, измеряемая в натуральных единицах и формируемая на основании данных о фактическом потреблении конкретной позиции на сборке. В том случае, когда общее количество ДСЕ, находящихся в свободном запасе (в кладовых комплектации) и на разных стадиях производственного процесса, оказывается ниже установленного для данной позиции целевого уровня, автоматически создаются «внутренние» заказы на изготовление очередной партии в количестве, пере-

крывающем образующийся дефицит и кратном стандартному размеру партии (который, в свою очередь, определяется исходя из технологических, экономических и иных соображений).

Применяются следующие правила планирования, учета и контроля (см. рис. 5):

- создание «внутренних» заказов (производственных заданий) происходит на основе обобщения данных о наличии соответствующих ДСЕ по всем этапам обработки, включая кладовые комплектации, незавершенное производство и сформированные ранее (но еще не запущенные в производство задания);
- фактический запуск в производство конкретного «внутреннего» заказа осуществляется по достижении этим заказом определенного значения приоритета;
- приоритет каждого «внутреннего» заказа (как запущенного, та и не запущенного в производство) изменяется динамически, — не на основе заранее прогнозируемых сроков сдачи (как для потоков с управлением «по заказу»), а исходя из анализа текущего состояния производства и наличия свободных запасов в кладовых комплектации;
- целевые уровни периодически корректируются по данным о реальном потреблении соответствующих ДСЕ на сборке за определенный период времени. Учет движения потоков с управлением «по уровню» осуществляется так же, как и для потоков первого класса (по данным сканирования штрих-кодов на



### Показатели результативности

Организация материальных и информационных потоков в соответствии с описанными выше схемами и алгоритмами служит необходимым условием эффективной работы предприятия. Однако такое условие не является достаточным; не менее важным представляется и набор показателей результативности, по которым производится оценка исполнителей на всех уровнях управления. Например, хорошо известно, что широко применяемые в российском машиностроении критерии максимальной загрузки оборудования и сдельная оплата труда имеют ряд серьезных недостатков. В частности, их использование приводит к активизации внутри производственной системы мощных усиливающих контуров обратных связей, раскручивающих спираль ухудшения ситуации по всем направлениям, характеризующим доходность бизнеса компании. В самом общем виде, при этом реализуется следующая логическая цепочка:

- цель производственной системы (ПС) — удовлетворение интересов ее участников;
- основные участники ПС — владельцы, клиенты, работники;
- интересы владельцев ПС — финансовый результат; интересы клиентов — своевременное получение от системы качественной продукции по приемлемым ценам; материальные интересы работников — достойная оплата труда;
- когда работников оценивают не по конечным результатам (финансовым показателям предприятия, степени удовлетворенности клиентов и т. п.), то интересы участников ПС оказываются не согласованными.

Обычно задача разработки показателей результативности решается путем так называемой «декомпозиции» целей сверху вниз по иерархической структуре предприятия вплоть до формирования KPI (Key Performance Indicators) для отдельных работников. Фактически речь идет о том, что цели каждого подразделения пытаются представить в виде суммы целей входящих в него элементов более низкого уровня. К сожалению, доходность бизнеса является эмерджентным (а не аддитивным) свойством производственной системы и в принципе не образуется путем сложения локальных показателей.

Для согласования интересов основных участников производственной системы в качестве альтернативного подхода предлагается взять за основу оценку работ по командным результатам и применять два показателя ТОС: TVD (Throughput-Value-Days, дни задержки заказов) и IVD (Inventory-Value-Days, дни движения запасов). Первый хорошо подходит для потоков с управлением «по заказу» и предметно-замкнутых выпускающих подразделений, второй — для потоков с управлением «по уровню» и подразделений, преимущественно выполняющих работы по кооперации.

### Что уже сделано и что еще впереди?

В настоящее время часть из описанных выше концепций и подходов к созданию системы управления КЭМЗ в той или иной мере реализована, часть нахо-

дится на стадии тестирования, часть только готовится к практическому применению.

Система материальных потоков завода и соответствующая организационная структура предприятия за последние годы прошли через серию кардинальных изменений, направленных на построение и развитие синхронизированного производства, и сегодня можно с уверенностью говорить о создании надежной основы для дальнейшего совершенствования.

Информационная система КЭМЗ охватывает все бизнес-процессы управления производством, доведена до конкретных регламентов и рабочих инструкций и поддерживается набором специальных технических решений. В частности, разработанное программное обеспечение позволяет выполнять полный цикл сопровождения материальных потоков, начиная от регистрации поступления внешних заказов до отгрузки конечных изделий со склада готовой продукции (рис. 6). Централизованно создаются главные производственные планы: план отгрузки, графики запуска и комплектации. Автоматически выдаются команды на формирование и запуск производственных заданий. Движения потоков внутри обрабатывающих и сборочных подразделений отслеживаются путем сканирования соответствующих штрих-кодов на сопроводительных документах (маршрутных листах, для сборки — ведомостях комплектации). На основании данных регистрации по всей производственной цепочке оперативно рассчитываются и уточняются текущие потребности. На уровне локального управления используются традиционные и тестируются новые инструменты выписки, учета и анализа наряд-заданий работникам, онлайн-комплектации и некоторые другие. В общей сложности развернуто более 200 автоматизированных рабочих мест системы в 22-х подразделениях завода.

В настоящее время начаты работы по коренной модернизации действующего программного обеспечения с целью наиболее эффективного использования возможностей современной компьютерной техники и информационных технологий (64-разрядная архитектура, новые версии СУБД и операционных систем, графические интерфейсы и мобильные приложения).

### Innovative approaches to develop a high technology production management system

**V. V. Lebedev**, General Director, JSC Kovrov Electromechanical Plant.

**S. E. Zharinov**, PhD, General Director, LIPRO Solution Ltd. (Moscow).

General components, principles and some specific solutions based on the Constraints Management concept and implemented at Kovrov Electromechanical Plant are presented. A brief description is given of the material flow structure, as well as the information support methods and performance measures developed for the plant production management system.

**Keywords:** production systems; constraints management; make-to-order; make-to-availability; manufacturing planning and control systems; performance measures.