

### 9.3. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Мизюн В.А., к.т.н.,

доцент кафедры менеджмента организации

Тольяттинский государственный университет

В статье рассматриваются принципиально новые подходы к организации управления производственной деятельностью в условиях усиливающейся конкуренции и кризисных явлений в экономике; дана характеристика перспективных направлений развития экономической и управленческой мысли на основе обобщения современных теоретических концепций, мирового опыта и результатов собственных исследований автора, направленных на совершенствование организации производства и управления.

(Окончание, начало в №4 за 2010 г.)

#### Непоточное производство

Возросшая после 1950-х гг. XX в. конкуренция подтолкнула промышленные предприятия к постоянному улучшению потребительских свойств товаров и технологий по их изготовлению, что вызвало необходимость непрерывного обновления ассортимента выпускаемой продукции, ее производство в небольших количествах (сериями). Традиционные автоматизированные поточные производства, не могли обеспечить требуемую для этого гибкость / легкость перехода производства с одного вида продукции на выпуск другого, так как их пространственно-временная конфигурация имела ограниченное число степеней свободы (вариантов комбинации отдельных звеньев производственной технологической цепочки) и, соответственно, узкую товарную номенклатуру.

В целях увеличения технических возможностей реконфигурации (перестройки) технологического процесса, рабочие места / оборудование стали располагать не по ходу обработки / движения предметов труда, а объединять в функциональные группы, без определенных связей, по типам выполняемых деталиеопераций в виде однородных технологических участков (например, группы токарных, фрезерных, сверлильных и др. станков), которые позволяли создавать на основе их матричной струк-

туры виртуальные технологические цепочки с неограниченным числом и разнообразной последовательностью соединения (комбинацией) неоднородных звеньев (рис. 2). При такой организации производственного процесса переход на выпуск новых и/или модернизированных изделий осуществляется без трудоемкой перестановки оборудования, ограничиваясь его переналадкой. Поскольку процесс пространственно-временного сопряжения деталиеопераций, в отличие от поточных методов производства, носит слабо согласованный (нечеткий) характер, то последовательность, режимы обработки деталей и алгоритм их перемещения от операции к операции задаются специально разрабатываемыми технологическими маршрутами.

Последние представляют собой виртуальные пространственно-временные сети сопряженных технологических операций по обработке деталей, которые перемещаются между операциями партиями по сложным маршрутам с помощью специальных транспортных средств (краны, тележки, авто / электропогрузчики и т.п.). Такой подход к пространственно-временной организации движения материальных потоков обеспечивает целенаправленное перемещение предметов труда между смежными операциями и непрерывность их обработки, что в итоге приводит к оптимальной загрузке оборудования и сокращению производственного цикла. Непоточные методы организации технологического процесса нашли широкое применение в серийном и единичном производстве, для которых характерны периодическая или относительно редкая повторяемость изготовления изделий и их производство в различных объемах (от партий до отдельных единиц), определяющие в конечном итоге степень организации (структуру) производственного процесса и виды движения предметов труда [30, 32, 50].

Крупносерийное / серийное производство, отличающееся относительно постоянным или регулярным выпуском ограниченной номенклатуры изделий в большом количестве (сериями), имеет простую хорошо организованную структуру, в которой заготовительные участки / цехи организованы по технологическому принципу, а обрабатывающая и сборочная фазы производства осуществляются преимущественно предметными участками и цехами (например, участки корпусных деталей, зубчатых коле, валов и т.п.).

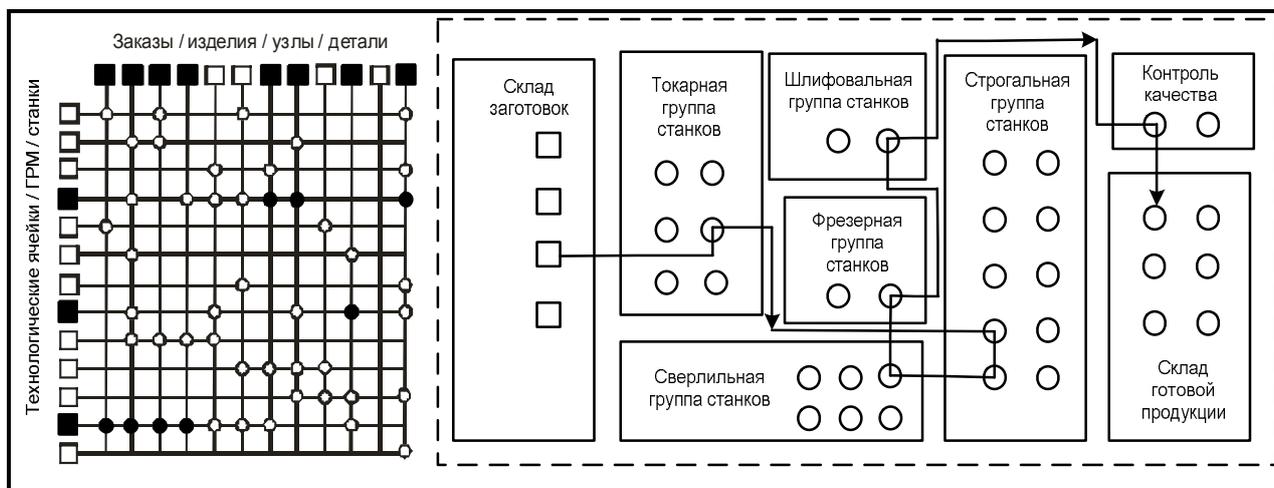


Рис. 2. Функционально-технологическая (матричная) топология непоточного производства

На предметных участках применяется специализированные станки (протяжные, токарные с копирами и гидросуппортами для обработки ступенчатых валов и т.п.), которые располагаются по ходу технологического процесса по аналогии с поточными методами организации производства, что сокращает время перемещения деталей между операциями и длительность производственного цикла в целом; на остальных участках преобладает групповая расстановка однотипного универсального оборудования со специальной оснасткой. Централизованно осуществляемая детальная разработка технологических процессов по повторяющимся сериям изделий снижает / исключает потребность в рабочих с универсальной квалификацией.

Мелкосерийное / единичное производство, для которого характерен нерегулярный выпуск небольшого количества или отдельных единиц изделий широкой номенклатуры, отличающихся значительным удельным весом нестандартных оригинальных деталей и узлов, характеризуется разнообразием работ, выполняемых на одном рабочем месте, большой трудоемкостью и длительностью операционного цикла изготовления продукции. Неустойчивость номенклатуры выпускаемых изделий, ее разнотипность, предопределяют ограниченное использование в данном типе производства стандартизованных конструкторских решений и типизированных деталяеопераций, а также требуют гибкости / легкости перехода производства с одного вида изделий на выпуск другого. Последнее требует, чтобы пространственно-временная конфигурация производственной системы имела как можно большее число степеней свободы, которым в реальных условиях соответствуют различные варианты комбинации отдельных звеньев производственно-технологической цепочки.

Поэтому единичное производство имеет сложную плохо организованную структуру по всем фазам производственного процесса, сформированную по технологическому принципу с разнообразными слабоструктурированными связями между смежными технологическими операциями – маршрутами движения деталей. Последнее обуславливает последовательное возвратно-встречное движение предметов труда между смежными технологическими операциями и, соответственно, большую длительность производственного цикла. Рабочие места, не имеющие постоянной специализации, загружаются неоднородной редко повторяющейся работой и/или разнообразными деталяеоперациями, которые закрепляются за группой одномодельного (взаимозаменяемого) оборудования. Поскольку заказы на изготовление единичных изделий, как правило, не повторяются, то организационно-экономическая подготовка производства выполняется укрупнено. Детализация и определение очередности выполнения технологических операций по заказам, относящиеся к функции производственного планирования, осуществляются децентрализованно инженерно-техническим персоналом производственных участков и цехов (мастерами, технологами) с участием квалифицированных рабочих, что требует универсальной квалификации исполнителей работ, а также их вовлечения в процесс управления производственной деятельностью [11, 18].

Основная проблема оперативного планирования / управления непоточным производством, исходя из его специфики, заключается в построении сбалансированных по ресурсам и времени (гармоничных) виртуальных про-

изводственно-технологических цепочек, оказывающих существенное влияние на эффективность / рентабельность работы предприятия. Это представляет собой сложную трудно формализуемую планово-экономическую задачу, которая на практике сводится к составлению так называемого расписания технологических работ / операций, асинхронно выполняемых на различных участках производственного процесса. Расписание или календарный график работ должен обеспечить в этом случае одновременное поступление на финишную сборку всех деталей и узлов входящих в изделие к заданному сроку, путем опережающего запуска в производство деталей, имеющих более длительный цикл изготовления (рис. 3).

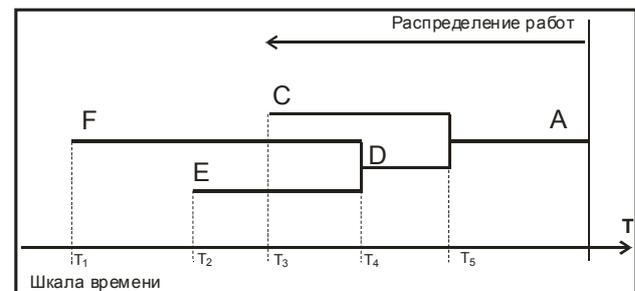


Рис. 3. Циклограмма процесса изготовления изделия с расчетом критического пути

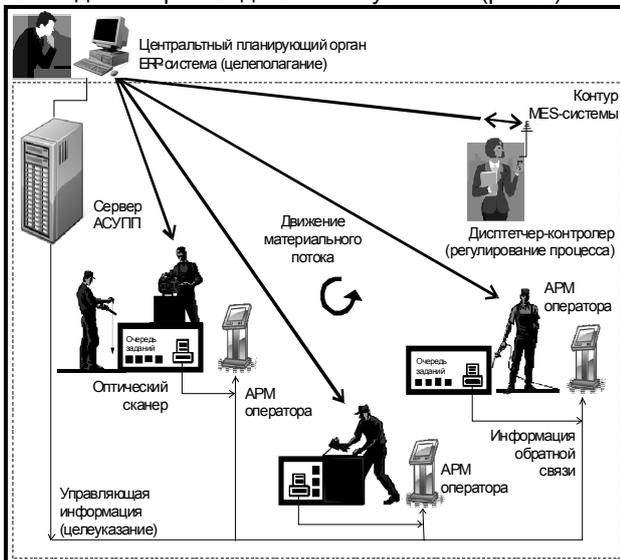
По этой причине в единичном (преимущественно опытном / инструментальном) производстве вместо календарных планов-графиков изготовления изделий разрабатывается так называемые сетевые графики (циклограммы) работ по изготовлению изделий, в которых определяются исполнители работ по заказам (цеха / участки-изготовители), виды работ / обработки и инструмент, а также осуществляется закрепление технологических операций за оборудованием. Наличие / загрузка производственных мощностей, необходимых для выполнения работ непосредственно в расчет не принимается, равно, как не определяется очередность работ, выполняемых на каждом рабочем месте. Планирование, таким образом, ограничивается лишь проверкой / исключением перегрузки наиболее важных (задающих ритм процесса производства) групп рабочих мест / оборудования и оценкой времени выполнения заказа, которая выполняется сложением ожидаемой продолжительности операционного цикла (длительность выполнения подготовительных и основных работ), предполагаемой задержки деталей в очереди на обработку и времени доставки необходимых материалов и комплектующих изделий.

Таким образом, повышение гибкости производственных систем путем увеличения их разнообразия (степеней свободы) и сложности реализуемых на их основе производственных процессов, приводит к росту сложности управленческих задач, связанных с необходимостью постоянной балансировки производственных ресурсов с программой выпуска продукции, посредством построения гармоничных виртуальных производственно-технологических цепочек, обеспечивающих наиболее оптимальное использование оборудования и непрерывное перемещение деталей между операциями кратчайшими маршрутами. Из этого следует, что основные потери в непоточном производстве, обусловлены неполной загрузкой / простоями оборудования и возвратными движениями (петлянием) деталей по участку / цеху, которые происходят по причинам организационно-

го характера и связаны с качеством составления календарного плана работ. Как показывает производственная практика, эффективно решить эту сложную управленческую задачу с помощью концепции и инструментария централизованного планирования, в частности с применением аппарата теории расписаний, – не представляется возможным по причинам объективного характера, в том числе с применением современных компьютерных технологий и мощных вычислительных систем.

**Кризис централизованного планирования**

В традиционном / классическом понимании централизованное управление производством представляет собой непрерывный процесс выработки системой планирования (субъектом управления) регулирующих воздействий, которые по каналам информационных коммуникаций передаются на технологические участки (объекты управления) для обеспечения их слаженной работы в заданном режиме в соответствии с производственной программой (целевой функцией). С этой целью служба планирования предприятия при получении заказов составляет графики работ на определенный период (сутки / неделя / месяц) для всех этапов производственного процесса (изготовление заготовок, деталей и узлов, сборка изделий) с использованием автоматизированной системы планирования, которая рассылает инструкции каждому производственному участку о том, что надо сделать в предстоящий плановый период. Поскольку производственный процесс, как правило, не идет в точном соответствии с разработанным планом, то осуществляется наблюдение за ходом производства с помощью отчетов производственных участков о фактическом выполнении плановых заданий, на основании которых осуществляется корректировка плана и повторная передача инструкций / сменных заданий производственным участкам (рис. 4).

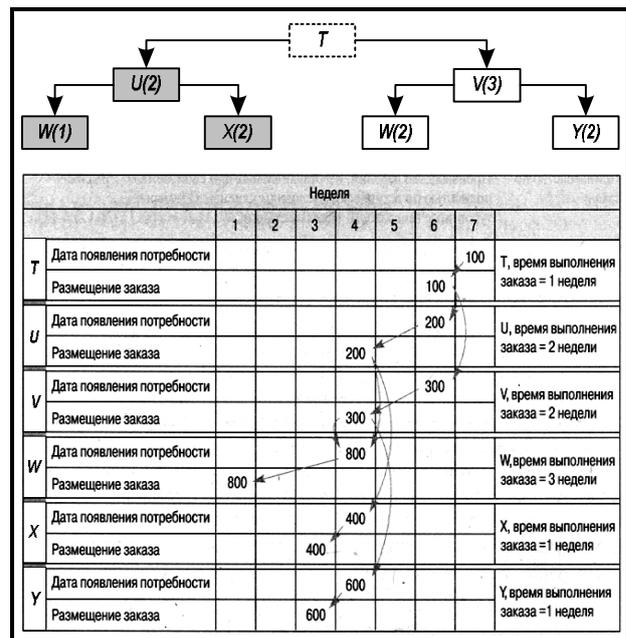


**Рис. 4. Процесс оперативного управления производством**

Основным инструментом производственного планирования выпуска конечного продукта является расписание работ, которое представляет собой алгоритм пространственно-временного распределения (балансировки) оборотных ресурсов предприятия между технологическими операциями по их обработке. В маши-

ностроении распределение ресурсов осуществляется путем определения календарных сроков запуска детали-операций и их закрепление за различными группами оборудования, на основании производственной программы и так называемой компоновочной структуры или дерева продукта, которую часто называют «ведомостью / спецификацией материалов».

Спецификация содержит полное описание состава продукта, с указанием деталей и узлов, а также технологической последовательности его производства, на основании которой, с учетом плановых нормативов на осуществление детали-операций, определяются календарные сроки, необходимые для изготовления этих элементов [32, 50]. Данный пространственно-временной алгоритм (программа распределения, основанная на компоновочной структуре изделия и времени необходимым для изготовления его компонентов) указывает, что именно, посредством чего и когда необходимо производить. Для этого используются специально разработанные визуальные отображения предметов труда и операций по их обработке на *t*-временной оси, именуемые в организационной науке календарными планами-графиками. Планы-графики представляют собой табличные / матричные формы, в которых указываются точные количества деталей и материалов, необходимые для производства конечных изделий, а также календарные даты распределения / выдачи заказов на их изготовление по рабочим местам / группам оборудования (рис. 5). Детали должны изготавливаться в соответствии с производственным графиком и поступать на сборочный участок по мере готовности.



**Рис. 5. Дерево структуры и календарный план производства продукта**

Спецификация содержит информацию, позволяющую идентифицировать каждую деталь и количество деталей, используемых в узле, компонентами которого они является. На рис. 5 представлена иллюстрация ведомости материалов продукта *T*, структура которого состоит из двух элементов *U/2* и трех элементов *V/3*. Элемент *U* состоит из одной детали *W/1* и двух деталей *X/2*, элемент *V* – из двух деталей *W/2* и двух деталей

$Y/2$ . С помощью простых вычислений, можно определить, что при изготовлении 100 изделий  $T$  потребуется:

- 200 ( $T/100 * U/2$ ) элементов  $U$ ;
- 300 ( $T/100 * V/3$ ) элементов  $V$ ;
- 800 ( $T/100 * U/2 * W/1 + T/100 * V/3 * W/2$ ) деталей  $W$ ;
- 400 ( $T/100 * U/2 * X/2$ ) деталей  $X$ ;
- 600 ( $T/100 * V/3 * Y/2$ ) деталей  $Y$ .

Финишная сборка  $T$  может занимать, на пример, неделю, промежуточная сборка узлов  $U$  и  $V$  – две недели, изготовление деталей  $W$  – три недели,  $X$  и  $Y$  – одну неделю. Если известна контрактная дата изготовления продукта  $T$ , то можно составить календарный план-график, в котором будет определено, когда необходимо заказывать / изготавливать все необходимые компоненты продукта  $T$ , чтобы своевременно выполнить контрактные условия.

Поскольку все производственные системы характеризуются ограниченными ресурсами (материалами и мощностями по их обработке), составление производственной программы как инструмента (алгоритма) их оптимального сочетания является сложной интеллектуальной (плано-аналитической) задачей. Сложность заключается в отыскании последовательности выполняемых операций обработки предметов труда и их закрепления за рабочими местами / оборудованием, согласно которой изготовление деталей, необходимых для сборки конечного изделия, будет выполняться непрерывно и слаженно (равномерно по времени).

При одновременном изготовлении в цехе нескольких серий изделий (заказов) на рабочем месте в ограниченный промежуток времени может поступить несколько заданий, трудоемкость (объем / продолжительность) которых может превышать установленную / располагаемую мощность (производительность) оборудования, что приводит к запаздыванию выполнения отдельных деталиеопераций. Для устранения этой проблемы устанавливается очередность выполнения однородных технологических заданий, закрепленных за одним рабочим местом, посредством которой обеспечивается равномерность загрузки оборудования. В качестве прогнозно-аналитического инструментария планирования (распределения) загрузки оборудования используются соответствующие хронологические таблицы (ведомости деталиеопераций), по аналогии с ведомостями деталей, позволяющие оценить вклад тех или иных производственных заданий / деталиеопераций в суммарную загрузку рабочих мест на определенную контрольную дату. При этом для расчетов используются нормативы трудоемкости / времени выполнения технологических операций, проводимых на соответствующих группах оборудования, которые сравниваются с располагаемым фондом рабочего времени для каждого рабочего места. Однако отображение всех строк вышеуказанных операционных ведомостей приводит к очень большому размеру рабочего поля таблиц, так как для анализа оптимальности загрузки оборудования необходимо одновременно иметь / обрабатывать данные по нескольким (или всем) изготавливаемым изделиям (группам планирования).

Учитывая, что в каждой группе планирования может быть несколько десятков тысяч наименований, каждая единица номенклатуры может иметь в среднем 10-15 операций, причем одна операция может проходить в течение нескольких периодов планирования, то только для одной партии выпуска этой номенклатуры количество строк таблицы может достигать 300 тыс. Для всех партий

выпуска в одной группе планирования количество строк может достичь 1 млн., а для нескольких – порядка 10 млн.

По причине того, что подавляющее число строк в таблице не может быть физически рассмотрено специалистами-плановиками в современных системах планирования / управления используется искусственный интеллект вычислительных машин, основанный на скоростном выполнении простейших арифметических вычислений и сравнении / связывании их результатов посредством примитивного аппарата формальной (математической) логики. Применение ЭВМ позволяет осуществлять параллельное планирование одновременно по нескольким плано-учетным единицам (деталеоперациям / группам планирования / заказам), т.е. в различных масштабах их отображения, начиная от крупных единиц, например, ведущих / сложных деталей (узлов и агрегатов), к более подробному анализу распределения во времени процесса изготовления составляющих их простых деталей. Это обеспечивается благодаря автоматически поддерживаемым ЭВМ связям между строками таблиц, что предоставляет возможность суммировать / получать в итоге все необходимые данные по загрузке той или иной единицы оборудования. При нехватке производственной мощности решение задачи календарного планирования предусматривает корректировку графика, в процессе которой выравнивается загрузка мощности и исключаются возможные запаздывания при выполнении заданий (рис. 6). Контрольными точками являются моменты начала / окончания операций обработки на конкретных единицах оборудования, которые позволяют анализировать их текущую загрузку, выявлять наиболее загруженные группы машин и агрегатов и принимать решения / меры по нормализации их текущей загрузки путем переноса времени запуска невыполненных деталиеопераций на более позднее время или их переназначением (путем изменения расцеховки) на другие группы оборудования, а также изменением интенсивности / сменности работы. Для выполнения этой задачи программа оперативного планирования на ЭВМ должна быть оснащена модулем планирования потребностей в производственных мощностях, который позволяет автоматически выполнять корректировку плана, приводя его в соответствие с доступным уровнем мощности, цель которой заключается в том, чтобы распределить загрузку оборудования равномерно, не выходя при этом за ограничение мощности.

Источником входных данных для автоматизированной системы планирования служит основной план производства. Программа «разворачивает» все детали, компоненты и прочие ресурсы, необходимые для его выполнения. Планирование загрузки производственной мощности начинается с анализа заданий, предусмотренных для выполнения операционными маршрутными картами. В карте указываются, какое задание и куда нужно направить, связанные с ним конкретные операции, а также нормативное время пуско-наладочных работ и время выполнения заказа в расчете на одно изделие. Все эти показатели используются при вычислении общего объема работ на каждом рабочем центре / станции / установке. Задача равномерной загрузки производственной мощности заключается лишь в правильном построении графика выполнения заданий, т.е. в отыскании такой последовательности работы с ними, чтобы все они выполнялись вовремя в соответствии с установленными правилами приоритетного планирования / выполнения заказов с учетом ограничения мощности.

На рис. 6 графически представлена загрузка рабочего центра в течение трех недель. На 11-й неделе запланированные задания превышают мощность рабочего центра. Разгрузить рабочий центр на 11-й неделе можно сверхурочной работой, переводом заданий на другой рабочий центр с необходимой мощностью, передачей заданий субподрядчику, переносом на более ранний (на 10-ю неделю) срок или на более поздний (на 12-ю неделю) срок части заданий, запланированных на 11-ю неделю, договоренностью с заказчиком об установлении других сроков выполнения заказа и изменением графика.

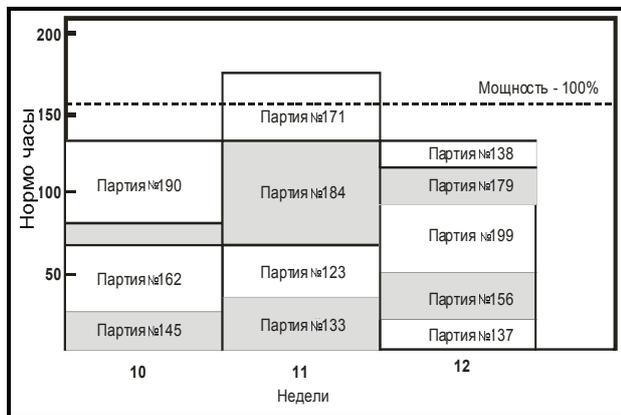


Рис. 6. Диаграмма загрузки рабочего центра

В соответствии с окончательным вариантом календарного плана, отражающим потребности в материалах и мощностях, в производственную систему выдаются заказы. Далее наступает производственный этап, в ходе которого выполняются заказы, осуществляются мониторинг и сбор данных о ходе производства и выполнении заказов. Сведения о любых изменениях в производстве, использовании мощностей и материалов передаются обратно в систему, с помощью встроенной функции обратной связи, посредством которой осуществляется сравнение входной (плановой) и выходной (фактической) мощности / производительности рабочих центров, корректировка графиков и диспетчеризация.

К сожалению, прогнозный расчет плана / программы производства объективно не может обеспечить точное и полное его соответствие (адекватность) реальному производственному процессу и гарантировать отсутствие перегрузки отдельных групп оборудования (возникновения «узких мест» и организационно-технологических сбоев). Это объясняется тем, что нормативная трудоемкость / расчетное время выполнения операций в подавляющем большинстве случаев не совпадает с реальной продолжительностью обработки деталей.

Происходит это по ряду объективных причин, основными из которых являются отсутствие технической возможности точного определения (нормирования) трудоемкости / продолжительности изготовления деталей и располагаемого фонда рабочего времени машин и оборудования. Положение усугубляют также недочеты в конструкции и технологии изготовления серийных изделий, которые, по причине сокращения (в условиях конкуренции) времени / периода разработки и запуска в производство новых изделий, обнаруживаются и устраняются в процессе производства доработкой конструкции изделий.

По этой причине расчет носит прогностический (предположительный) характер и содержит существенные

погрешности, что в совокупности с изменениями производственной обстановки неизбежно приводит к необходимости оперативного вмешательства (регулирования) производственного процесса посредством контроля выполнения и корректировки плановых заданий. Ограниченный интеллект ЭВМ не позволяет автоматизировать задачу регулирования производства, поэтому она выполняется плановиками (планово-производственным / диспетчерским отделом) в интерактивном (полуавтоматическом) режиме работы ЭВМ путем произвольного назначения календарного времени запуска детали операций. В свою очередь, интерактивный режим работы требует создания специального интеллектуального интерфейса ЭВМ – визуальной наглядно-образной формы графического представления плановых и фактических данных о ходе производственного процесса для их последующего сравнения и ручной корректировки плана производства. Таким графоаналитическим представлением (моделью) процесса производства, является одна из разновидностей столбцовых диаграмм, которая в производственном / операционном менеджменте известна как линейный план-график Ганта, с помощью которого планируют и отслеживают ход выполнения работ. График Ганта представляет собой линейную (аналоговую) модель, отображающую на t-временной оси последовательный (и параллельный, если работы независимы) набор всех работ, который позволяет подсчетом по горизонтали определить продолжительность всего комплекса работ, а подсчетом по вертикали – календарную потребность в персонале, оборудовании и материалах (рис. 7).

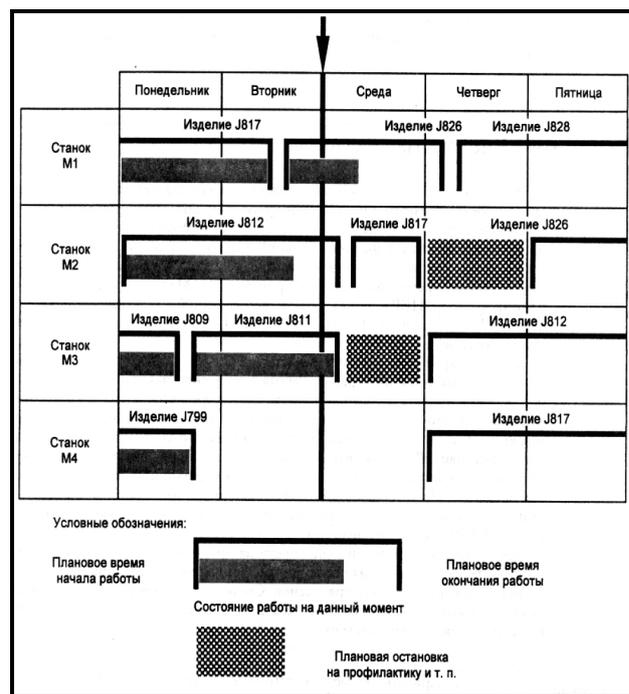


Рис. 7. Учетно-плановый график Ганта

Представление технологического процесса с помощью графиков Ганта позволяет планировать производство, получать и анализировать соответствующие показатели и на этой основе принимать прогностические решения, направленные на оптимизацию объемов и сроков производства работ. Однако линейные модели не способны отразить основные свойства производственного процес-

са как системы, поскольку в них отсутствуют динамические связи, определяющие зависимости одной работы от другой. В случае любого изменения производственной ситуации линейная модель перестает отображать реальный ход работ / событий, а поскольку в нее невозможно внести существенные изменения, то процесс построения модели приходится осуществлять заново.

Проблема заключается в неадекватности условно-статичной аналоговой модели производственного процесса, представленной планом-графиком (программой) выпуска изделий, низкая оперативность корректировки которого, несоизмерима с быстротой изменения параметров внутренней и внешней среды предприятия. В результате неадекватности (неполноты) условно-статичной модели производственно-технологического процесса, ошибок коммутации между элементами операционной системы и сбоев в работе производственно-технологических участков неизбежно усиливается рассогласование фактической работы операционной системы и нормативными параметрами и показателями плана. Это приводит к накоплению (наслоению) ошибок в процессе оперативного планирования и управления, нарушению координации работы производственных участков, и, как следствие, снижению производительности и эффективности работы предприятия. Представление процесса производства в виде детерминированной (статичной) системы базируется на следующем. Предполагается, что длительность производственного цикла детали является величиной строго определенной (неизменной), трудоемкость изготовления изделия распределяется равномерно в пределах каждой стадии производственного цикла и не меняется во времени, а общая длительность изготовления заказа зависит от его индивидуальных характеристик (сложности состава технологических процессов, средней трудоемкости операции на различных стадиях производства и т.п.). На самом деле длительность циклов / трудоемкость изготовления деталей / заказов (интенсивность работ) является величиной вероятностной и зависит от характеристики того набора деталей / заказов, которые запланированы к производству на один плановый период и от особенностей организации процесса производства на предприятии (средний коэффициент закрепления операций за рабочим местом, размер партий деталей, управление движением узких мест в производстве). Игнорирование динамического характера производства приводит к разбалансировке планов и ресурсов предприятия, дефициту деталей на сборке и, как следствие, нарушению плановых сроков исполнения заказов (Э.М. Голдрат, 1987; О.Г. Туровец, 2002).

По данной причине линейные модели не нашли широкого применения в качестве инструмента оперативного управления сложным производством или комплексом работ.

В большей степени несовершенство прогнозно-аналитических методов планирования проявляется в малосерийном и единичном производстве, так как на момент составления производственного плана выпуска опытной / уникальной продукции отсутствуют календарно-плановые нормативы трудоемкости / времени выполнения операций, которые являются центральным звеном теории расписаний и присущего ей метода календарного планирования. Важнейшим из нормативов является расчетная техническая или ожидаемая (статистически усредненная) норма времени выполнения работы / технологической операции в определенных орга-

низационных условиях, которая служит исходным пунктом для определения производительности труда, и широко используется при оперативно-производственном планировании. Сущность нормирования заключается в исследовании состава операций и статистических измерений (хронометрирования) продолжительности их отдельных элементов в увязке с производственными возможностями и эксплуатационными характеристиками применяемых при этом оборудования, инструмента и приспособлений, результаты которых сводятся в специальные справочно-расчетные таблицы, номограммы и аналитические зависимости. Необходимо учитывать, что в единичном производстве применяются укрупненные нормативы времени изготовления типовых деталей определенной группы, отличающихся размерами. При этом основой определения нормы времени является систематизированные данные о фактических затратах труда / времени на данный вид работы / операции и личный опыт нормировщика. Существенный недостаток нормирования заключается в большой погрешности укрупненной нормативной базы, которая по объективным причинам не может быть точной и своевременно обновляемой из-за отсутствия технических возможностей учета всех условий (факторов) динамичного процесса унифицированного единичного производства и их аналитической увязки со статистическими распределениями продолжительности выполнения операций на определенном рабочем месте. Основной проблемой оценки продолжительности операций на основе аналитических, в том числе вероятностных зависимостей является неясность способа определения (закона распределения) вероятности наступления тех или иных событий. И это связано не с отсутствием достаточной статистики, а с ограничениями самих методов классической теории вероятностей, применение которых допустимо при повторяемости событий и неизменности условий, что характерно для циклических операций, регулярно повторяющихся в поточном и серийном производстве. Поэтому нормирование работы единичного производства осуществляется, как правило, в условиях неопределенности, что и вызывает основные трудности в измерениях [12, 13].

Применение укрупненных нормативов трудоемкости (продолжительности) выполнения типовых деталей операций при планировании единичного производства опытной / уникальной продукции увеличивает неопределенность (погрешность) исхода конечных операций в несколько раз, что практически полностью лишает смысла распределение операций во времени с помощью концептуального аппарата и инструментов теории расписаний. Календарное планирование объективно неспособно в этих условиях обеспечить сбалансированную загрузку мощностей и исполнение заказов в установленные сроки.

Специфической особенностью оперативно-производственного планирования в мелкосерийном и единичном производстве является слаборазвитая, по сравнению с поточным и серийным производством, нормативная база. Последнее вызвано тем, что на момент составления производственного плана выпуска опытной / уникальной продукции отсутствуют и объективно не могут быть определены априори нормативы трудоемкости / времени выполнения операций. (О.Г. Туровец, 2002).

Ко всему прочему традиционные подходы, использующие теорию расписаний и компьютерное моделирование очередей работ / технологических операций, очень слож-

ны, трудоемки и в тоже время не гарантируют нахождения оптимальной последовательности их выполнения, так как по своей природе они условно-статичны и не могут адекватно отражать реальную динамику производственного процесса. При таком способе регулирования (координации) работы участков / цехов не удастся избежать недостатков на различных стадиях производства, а их устранение требует постоянного вмешательства в процесс управления линейных руководителей, которые вынуждены контролировать фактический уровень межоперационных запасов и самостоятельно корректировать на основании этой информации разработанные системой планирования графики работы. В конечном итоге все это существенно усложняет оптимальное распределение производственных процессов во времени с учетом загрузки рабочих мест и выполнения заказов в установленные сроки, что значительно снижает надежность (качество) плановых решений и увеличивает неопределенность конечных результатов производственной деятельности.

### Проблемы автоматизации

Представленные выше способы и инструменты календарного планирования являются методологической основой традиционных подходов к автоматизации управления производством, важность которой для повышения эффективности хозяйственной деятельности была осознана руководством крупных промышленных предприятий и объединений, как в нашей стране, так и за рубежом в 1970-х гг. XX в. Учитывая сложность и масштабность этой научно-технической проблемы, первые разработки в области автоматизации управления ограничивались решением относительно простых расчетно-аналитических задач технико-экономического планирования производственной деятельности, которые заключались в определении потребности в материалах и компонентах, производственных мощностях и персонале, а также необходимых для их приобретения финансовых ресурсов. Созданный на этом этапе класс компьютерных систем управления предприятием, которые за рубежом принято именовать системами планирования ресурсов предприятия (Material / Enterprise Resource Planning) или MRP / ERP-системами, основывается на компоновочной структуре (спецификации) и технологии изготовления изделия.

В настоящее время разработками в данной области автоматизации управления занимаются многие известные информационные компании American Software, The Baan Company, Manugistics, Oracle, i2 Technologies и PeopleSoft, общепризнанным (мировым) лидером среди которых является немецкая фирма SAP AG – предложившая наиболее удачный вариант технологического решения этой задачи. Ведущий программный продукт SAP AG – R/3, позволяет (по мнению ее разработчиков и экспертов) наиболее полно контролировать основные виды деятельности производственных предприятий (финансы, коммерция, инвестиционная деятельность, производство и управление персоналом), работающих в различных отраслях экономики. Эту программу используют крупнейшие мировые производители, в том числе американские и японские компании. К наиболее известным отечественным разработкам в области автоматизированных систем управления производством (АСУП) можно отнести программные продукты корпораций «Галактика», «Парус» и НПО «Система». Программные продукты этих основных производителей мало чем отличаются друг от друга, так

как все они базируются на общей методологической основе календарного планирования, а их «новизна» сводится к различной компоновке и (или) более-менее удачной практической реализации известных методов и инструментов планирования.

Согласно спецификации, определяется количество материалов и узлов, необходимых для изготовления готовой продукции и разрабатываются технологические маршруты в виде логических связей и количественных пропорций между компонентами изделий. Последние показывают «входимость» компонентов нижнего уровня (материалов и деталей) в компоненты более высокого уровня (узлы и агрегаты), которые затем собираются в готовые изделия. В свою очередь, технологические маршруты привязываются к определенным средствам производства: рабочим центрам, единицам оборудования или производственным линиям, с учетом их количества, мощности и графика работы. В конечном итоге эти данные позволяют разрабатывать производственные и финансовые планы, своевременно осуществлять поставки необходимых для производства материалов и комплектующих, а также осуществлять контроль / учет выполняемых операций, формировать рекомендации по их переносу / сдвигу во времени или отмене в соответствии с текущей производственной ситуацией в целях оптимального распределения (балансировки) производственных ресурсов. Использование данного класса автоматизированных систем управления в хорошо организованном (отлаженном) многопредметном поточном и крупносерийном производстве, работающем в стабильных условиях неконкурентного рынка, обеспечивает хорошие экономические результаты, которые заключаются в сокращении межоперационных простоев оборудования, материальных запасов и уровня незавершенного производства [50, 56, 76, 79]. Однако в современном позаказно-поточном и непоточном (мелкосерийном и единичном) производстве, оперирующем в нестабильной экономической среде конкурентного рынка, алгоритм планирования MRP / ERP-систем начинает давать неудовлетворительные результаты из-за невозможности выполнения ряда требований / ограничений, необходимых для его нормальной работы.

Применение ERP-систем не оправдывает себя на предприятиях выпускающих небольшое количество конструктивно сложных и дорогостоящих (мелкосерийных / единичных) изделий, требующих затратных научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР), так как нормативное время выполнения технологических операций и общее время изготовления продукции оказывается достаточно неопределенным, а конфигурация (спецификация деталей и узлов) – чрезмерно сложной для использования таких систем. Для нормальной работы ERP-систем необходимо выполнение следующих условий.

- Во-первых, спецификации изделий и время изготовления / закупки необходимых деталей и узлов должны быть абсолютно точны. С этой целью любые изменения, вносимые в конструкцию изделия, в технологию и временные характеристики его изготовления, связанные с параметрами оборудования и процессов, и многие другие, должны оперативно отражаться в нормативной базе.
- Во-вторых, поскольку не все операции ведутся так, как запланировано (время от времени случаются ошибки в спецификациях и оценках продолжительности операций, брак, срывы сроков изготовления оригинальных деталей,

доработка изделий по внесенным изменениям в конструкцию изделий), – требуется своевременная регистрации отклонений / событий в системе в «ручном режиме».

В условиях редко повторяющегося (нециклического) производства мелких серий и (или) единиц изделий выполнение данных требований обеспечить практически невозможно, так как у пользователей, как правило, не хватает времени на активную поддержку работоспособности той или иной функциональной части системы. По этой причине неизбежно возникают незапланированные простои оборудования, рост незавершенного производства и потребность в страховых запасах для покрытия дефицита необходимых деталей, которые снижают эффективность производства тем больше, чем больше нестабильность экономической среды и, соответственно, отклонение производственной системы от плана.

Последнее обусловлено тем, что первоначально данные системы создавались как средства автоматизации массового поточного производства, основным назначением которых являлось управление запасами для бесперебойного обеспечения производства всеми необходимыми материалами и компонентами. Поскольку процесс поточного производства хорошо организован (отлажен) во времени и пространстве и, соответственно, не требует непосредственного регулирования, у разработчиков программного обеспечения АСУП не было необходимости решать трудно формализуемые задачи автоматизации оперативного управления производственными процессами. Их усилия в этот период были направлены преимущественно на создание автоматических систем управления технологическими процессами (АСУТП), которые предполагали полное исключение участия человека-оператора, с целью повышения точности синхронизации работы и производительности непрерывно-поточных линий. Постепенный переход машиностроения на более гибкий серийный тип производства в условиях возросшей в 1980-1990-х гг. конкуренции, потребовал расширения функций АСУП до уровня оперативного управления производственными процессами (АСУПП), от эффективности которого, как было отмечено ранее, зависят результаты функционирования гибких слабо структурированных производственных систем с функциональной специализацией. В настоящее время эти системы, как правило, дополняются компьютерными программами / модулями, позиционированными в классе производственных исполнительных систем (Manufacturing Execution System / MES), которые ориентированы на оптимизацию производственных процессов / балансировку ресурсов и оперативное управление (диспетчеризацию планов) производства, направленное на снижение транзакционных издержек. К сожалению, методология построения MES-систем, а также реализуемые ими функции, аналогичны принципам, методам и экономико-математическим моделям управления деятельностью на основе теории расписаний, используемым в ERP-системах, но только в других временных масштабах и с другими объектами управления. В большинстве реализованных проектов, связанных с созданием автоматизированных систем управления предприятием, входящие в их состав MES-системы представляют собой автоматизированные средства оперативного управления производственной деятельностью на уровне цеха, участка или производственной линии, которые дополняют / расширяют возможности ERP-систем функцией календарного планирования технологических операций / работ [17].

Отличительной характеристикой MES-систем является модуль календарного планирования, используемый для составления производственных графиков с учетом текущего уровня загрузки производственных мощностей. Модуль предусматривает подробное планирование каждого ресурса по необходимым затратам времени на выполнение пуско-наладочных и основных работ по каждому заказу. Система в этом случае точно определяет, выполнением какого задания будет занят каждый ресурс в каждый момент времени на протяжении всего рабочего дня / смены. Если выполнение какого-либо задания задерживается из-за отсутствия той или иной детали, соответствующий заказ ставится в очередь и ожидает появления этой детали (которое может быть результатом одной из предыдущих операций). Используя штрих-кодированную технологию, такие системы позволяют получить любую нужную информацию, фиксируя точное состояние каждой работы и каждого ресурса. Современные MES-системы позволяют составлять весьма подробные производственные графики, например, по каждому виду работ на каждом станке с назначением конкретного рабочего на определенный станок в определенный момент времени. Необходимые детали составленных графиков доводятся до исполнителей с помощью диспетчерских ведомостей, распространяемых по компьютерной сети или в виде соответствующих распечаток; исполнителям можно также выслать список необходимых заданий для соответствующих рабочих центров / станций<sup>1</sup>.

Дальнейшее развитие компьютерных технологий после 1990-х гг. позволило расширить возможности автоматизированных систем управления предприятием за счет дополнительного включения в их состав систем автоматизированного проектирования (САПР) и автоматического управления оборудованием (АСУТП) и создать на этой основе компьютерно интегрированные (полностью компьютеризированные) производства (Computer Integrated Manufacturing/CIM или ИАСУП) с многоуровневой архитектурой. В таких системах каждый уровень управления выполняет свою функцию: верхний уровень управления предприятием (административно-хозяйственный) решает стратегические задачи целеполагания и распределения ресурсов (целеуказания), а соответствующая ERP-система обеспечивает управление ресурсами в масштабе предприятия в целом, включая часть функций поддержки производства (технично-экономическое планирование и инженерная подготовка производства в масштабе года и кварталов); средний уровень управления (производственный) решает задачи координации предметной деятельности – оперативного управления процессом производства, а соответствующая ему MES-система обеспечивает эффективное использование распределенных ресурсов (сырья, энергоносителей, производственных средств, персонала), а также оптимальное исполнение плановых заданий (сменное, суточное, декадное, месячное) на уровне участка, цеха, предприятия; нижний уровень автоматического управления ходом технологических процессов решает классические задачи регулирования режимов работы оборудования.

При этом каждый уровень (страта, контур) управления характеризуется не только своим набором функций, но и интенсивностью обновления / циркуляции информации, характеризующий масштаб времени в котором работает

<sup>1</sup> Подробнее см.: <http://www.mescontrol.ru>

данный уровень. Технологический уровень АСУТП является самым интенсивным по объему информации. В нем (посредством SCADA-систем, датчиков и контроллеров) происходит накопление и обработка большого числа технологических параметров, создается информационная база исходных данных для MES-уровня. Оперативно-производственный уровень управления MES-системы опирается на систематизированную информацию, поступающую как от АСУТП, так и от других служб производства (снабжения, технической поддержки, технологических, планово-производственных и т.д.). Интенсивность информационных потоков здесь существенно ниже и связана с задачами оптимизации заданных производственных показателей (качество продукции, производительность, энергосбережение, себестоимость и т.д.), которые решаются руководителями производственных цехов, участков и главными специалистами. Стратегический / планиро-производственный уровень управления ERP-системы обеспечивает планирование и информационную поддержку бизнес-процессов предприятия в целом. Поток информации от производственного блока MES-системы агрегируется данным уровнем управления в отчетную информацию по стандартам ERP с типовыми временными периодами контроля (декада, месяц, квартал) по «реперным» точкам – индикаторам контроля, обеспечивающим непрерывный мониторинг и немедленное вмешательство высшего менеджмента предприятия в ход производства при существенном отклонении производственной системы от их нормативных значений.

Тем не менее, решить трудно формализуемые и не формализуемые задачи управления сложными гибкими производственными системами, работающими в нестабильной экономической среде, с применением данного класса компьютерных систем управления, использующих относительно простые экономико-математические модели теории расписаний и формализованный аппарат машинной логики, – в принципе невозможно в подавляющем большинстве случаев. По этой причине, несмотря на то, что современные CIM/MES-системы, отображают процесс производства в режиме реального времени и обеспечивают быстрый отклик на изменяющиеся условия, используя фактические технологические данные, необходимые для оперативного управления производственными процессами, с их помощью не удается обеспечить эффективную координацию работы смежных производственных подразделений. В результате, если в течение планового периода изменяется спрос на готовые изделия или происходят сбои в технологической цепи, приводящие к изменениям потребностей отдельных технологических звеньев, требуется полное повторное планирование производства, а также усиленная координирующая деятельность центрального органа управления, и подчиненной ему многоуровневой вертикали управления. Учитывая сложность, длительность и высокую стоимость, а во многих случаях невозможность повторного планирования и оперативно доведения его результатов до исполнителей, изменение потребностей технологической цепи в ресурсах компенсируется, как обычно, использованием межоперационных (буферных) запасов, которые обеспечивают устойчивую и непрерывную работу производственной системы, но при этом замедляют оборачиваемость ресурсов и увеличивает себестоимость продукции.

Практика использования подобных систем выявляет все те же недостатки прогнозно-аналитических мето-

дов централизованного управления / планирования, заложенные в их программные модули / алгоритмы, которые не способны обеспечить адекватность планов реальному процессу производства, а также наглядность представления и простоту использования выходных форм плановых документов, необходимые для обеспечения эффективных коммуникаций и согласованной работы исполнителей в группе.

Например, после того как нормы выработки на серийной производственной линии устоялись, плановики стараются сделать так, чтобы производительность всех ее звеньев / рабочих станций была одинаковой. Это достигается соответствующей наладкой используемых станков и оборудования, подбором инструментов, изменением степени загрузки рабочих, перераспределением должностных обязанностей, корректировкой бюджета на оплату сверхурочных работ и т.д. Однако обеспечение точного соответствия интенсивности (производительности) работы на всех участках / рабочих станциях производственного процесса необходимое для равномерного хода производства с помощью централизованного управления является невыполнимой задачей. Такой баланс возможен только при условии, что время выпуска продукции на всех рабочих станциях будет постоянным либо иметь весьма незначительные отклонения. Как правило, при неизбежном отклонении (нормальном статистическом распределении) времени обработки деталей с его увеличением на рабочих станциях, расположенных в начале технологического процесса, рабочие станции, расположенные ближе к концу технологического процесса, простаивают. И наоборот, если рабочие станции в начале процесса работают быстрее, чем это необходимо, между другими станциями начнут накапливаться избыточные запасы. Причем отклонения, возникающие по ходу процесса, характеризуются эффектом статистического накопления, т.е. носят кумулятивный характер. Для сглаживания этих отклонений (выравнивания производства) в современных ERP-системах используется функция (модуль) обратной связи, с помощью которой по фактическим датам / срокам исполнения операций оцениваются отклонения производственного процесса от плана и осуществляется его корректировка (как правило, увеличением интенсивности / сменности работы оборудования или переносом сроков выполнения оставшихся операций). Однако и в этом случае качественному выполнению данной задачи мешает слишком большое количество ошибок накапливаемых в базе данных ERP-системы. Динамическое выравнивание загрузки мощностей (интенсивности операций) является сложной интеллектуальной задачей, требующей от ЭВМ большого объема трудоемких вычислений, которые не всегда приводят к желаемому / оптимальному результату. Поэтому планы-графики откорректированные ERP-системой расходятся с реальным ходом производственного процесса по истечении нескольких часов / дней с момента их обновления / составления и требуют повторной корректировки (Э.М. Голдрат, 1987).

По данной причине графики, разработанные автоматизированной системой, часто игнорируются исполнителями работ (производственным менеджментом / рабочими), которые при наличии в системе резервных мощностей (не включенных в текущий план) вынуждены сглаживать процесс производства на локальном (цеховом) уровне, принимая решения самостоятельно [8, 32, 50].

Ко всему прочему внедрение и последующая эксплуатация систем (приобретение, настройка и периодическая модернизация) представляет собой сложный и длительный процесс, не всегда оправдывающий затраты. Фактическая стоимость соответствующего программного обеспечения, как правило, составляет примерно треть от общих затрат на внедрение системы. Например, крупные западные компании, такие как Chevron Corp. и Bristol-Myers Squibb, затратили на внедрение ERP-систем примерно 250 млн. долл. По этой причине использование данных технологий на постсоветском пространстве под силу небольшому количеству крупных машиностроительных предприятий. К тому же в подавляющем большинстве случаев приходится дорабатывать программно-методическое обеспечение ERP-систем, вследствие консервативности их концепции. При этом качественные изменения архитектуры систем и (или) используемых в них алгоритмов часто наталкивается на непреодолимые трудности, которые испытывают не только пользователи, но и разработчики систем. Проблема заключается в том, что многие приложения «не вписываются» в устоявшиеся принципы работы предприятий. Компании-разработчики в этом случае утверждают, что их программные решения / модули «впитали лучшие образцы теории и практики ведения бизнеса». В конечном итоге предприятия использующие ERP-системы, так или иначе, вынуждены адаптировать свою производственную структуру и практику ведения бизнеса к той, на основе которой построено программное обеспечение ERP-систем, что не всегда целесообразно.

Опрос, проведенный сотрудниками Harvard Business School, показал, что значительный процент руководителей испытывают смешанные чувства по отношению к программному обеспечению ERP-систем. В частности, им представляется, что данная информационная технология не способна поддерживать бизнес и даже способна нанести ему вред. Тот же опрос показал, что многие компании, внедрявшие у себя ERP-технологии, не смогли осуществить изменения, необходимые для получения преимуществ от использования этих систем и затратили слишком много времени на их внедрение, в результате чего им не удалось добиться ожидаемых выгод. Все же, несмотря на все нарекания, большинство компаний, опрошенных сотрудниками Harvard Business School, связывают многие свои надежды с активным использованием информационных систем управления. В числе самых популярных причин такой приверженности назывались желание стандартизировать и усовершенствовать процессы, усилить интеграцию систем, а также стремление улучшить качество информации. Несмотря на наличие множества проблем, связанных с внедрением информационно-управляющих систем, фирмы не оставляют попыток добиться желаемого эффекта от их использования, полагая, что такой эффект может оказаться весьма существенным.

Основная методологическая проблема данного прагматического направления автоматизации управления заключается в том, что в его основе лежит идея замены естественного интеллекта человека его искусственным подобием для решения различных практических задач [3]. Сторонники сугубо технического направления автоматизации изначально ограничились изучением производственных систем и процессов их функционирования (ввиду их сложности) на основе сравнения входных

воздействий и выходных параметров / результатов, игнорируя при этом их пространственно-временную организацию. Данный методологический подход, известный в системной науке как принцип «черного ящика», получил широкое развитие в теории автоматического управления и обеспечил удовлетворительные результаты в создании технических устройств (контроллеры и т.п.) и систем управления технологическими процессами [25, 39, 42]. Попытки расширить границы его применения до уровня управления сложными социально-экономическими системами с активными элементами (людьми) оказались бесперспективными. Неуклонное следование идее замены человека машиной поставило перед исследователями сложную методологическую проблему использования знаний о реальных объектах и процессах посредством их соответствующего (адекватного) представления в машинной среде, решить которую с помощью теоретических принципов и инструментария точных наук на сегодняшний момент не представляется возможным. Слепое следование изначально заложенному в концепцию АСУП принципу максимально возможной степени автоматизации управления, практически полностью исключая участие интеллекта человека-оператора в процессе решения сложных многокритериальных задач, приводит к тому, что многие проекты АСУ также как и 20 лет назад (1980-1990-х гг.), закончились неудачей.

По мнению большинства экспертов, внедрение систем управления производством – важный этап стратегии развития промышленного предприятия, направленный на повышение его конкурентоспособности. При этом внедрение АСУП может многократно возместить расходы на их разработку и дать весьма ощутимые результаты с точки зрения рентабельности и дальнейшего развития бизнеса. Тем не менее, достичь этой цели невозможно традиционными методами планирования, принадлежащими к классу известных аналитических задач, решаемых с применением аппарата оптимального программирования и математической статистики. Преодоление этой концептуальной ошибки возможно на основе новой парадигмы автоматизации организационного управления, которая, не исключает высокой степени автоматизации интеллектуальных функций человека в будущем, но направлена, прежде всего, на обеспечение высокой степени координации (слаженности взаимодействия) персонала посредством создания систем групповых коммуникаций и, как следствие этого, высокую эффективность производственной деятельности в целом. Дальнейшее повышение эффективности применения вычислительной техники в управлении требует переосмысления принципов организационного управления предприятием, в соответствии с которыми предпочтению в проектировании методов и информационных технологий управления должно отдаваться логическо-смысловой обработке информационных потоков данных, а также адаптации каналов информационного взаимодействия человека и ЭВМ. В этом случае акцент автоматизации управления смещается с задачи накопления, систематизации, хранения и автоматической обработки разрозненной эмпирической информации об управляемом объекте на процесс обобщения знаний о нем и эффективное взаимодействие людей-операторов (лиц, проектирующих и принимающих управляющие решения), посредством средств телекоммуникаций и интеллектуальных систем управления. В связи с этим

возникает задача разработки систем интеллектуальной поддержки управления на базе современных информационных технологий, решение которой должно базироваться на изучении человеческого интеллекта, оперирующего, согласно исследованиям в области когнитивной психологии, образами, а не вербальными знаками (цифрами и текстом), используя при этом ассоциацию. Сегодня среди средств интерактивного анализа (обработки и визуализации) данных для принятия управленческих решений, предлагаемых рынком информационных технологий, таким требованиям в большей мере отвечает OLAP-технология. Последняя может быть выбрана в качестве платформы для создания когнитивной компьютерной графики и разработки на ее основе интеллектуального интерфейса, обеспечивающего быстрое восприятие информации посредством ее графического, наглядно-образного представления.

В такой ситуации, как показывает практика, более эффективным оказывается непосредственное регулирование процесса производства в реальном режиме времени, осуществляемое линейным руководством участков и цехов на основе первичной оперативной информации о реальном ходе работ, с использованием производственного опыта (интуиции), методов и инструментов диспетчирования (принятия решений). Речь идет о задаче нахождения приоритетов назначения работ на ограниченном множестве (последовательности) рабочих мест вместо составления расписания / определения очередности их выполнения. Главной целью оперативного управления в этом случае становится минимизация непроизводительных затрат (транзакций), а методами балансировки наличных ресурсов – регулирование интенсивности использования овеществленного и живого труда (напряженности работы людей-операторов занятых на обслуживании рабочих центров) и, соответственно, темпа производства, уровня запасов и других поддающихся контролю параметров / факторов производства [32]. Использование данного «простого» подхода к оперативному управлению сложными (по маршрутам движения материальных потоков) дискретными производственными процессами, в которых обработка предметов труда ведется мелкими партиями или единичными изделиями, а производство ориентировано на меняющийся рыночный спрос, – практически всегда сопровождается положительным экономическим эффектом. Последнее объясняется тем, что даже если относительно простые инструменты регулирования динамики процессов не ведут к полному решению оптимизационной задачи, их использование на практике всегда результативно, поскольку они понятны специалистам-практикам и широко применяются ими как эффективные средства поддержки принятия управленческих решений по упорядочению / выравниванию хода (оптимизации) производства.

Основываясь на подобном рода заключениях, эксперты по IT-технологиям прогнозируют снижение интереса производителей товаров к ERP/MES-системам, имеющим слабое звено – прогнозные планы производства и реализации продукции, низкая точность которых существенно снижает эффективность работы предприятий, и переход на интеллектуальные производственные системы позаказно-поточного типа, ориентированные на быстрое исполнение твердых заказов в режиме авторегуляции [70].

## Позаказно-поточные / гибридные авторегулируемые производства

В настоящее время (после 1990-х гг.) сформировалась новая концепция ведения бизнеса, обусловившая переход от массового производства продукции «на склад» к работе «на заказ». Изготовление продукции в больших объемах по индивидуальным заказам в кратчайшие сроки означает способность предприятия производить в большом количестве широкую гамму изделий, за счет унификации / типизации конструкции и возможности изменения (специфицирования) их свойств на выходе технологического процесса в соответствии с требованиями клиентов. Для этого продукт должен быть спроектирован / состоять из независимых блоков (модулей) высокой степени готовности, из которых можно легко и относительно недорого собирать несколько разновидностей базового продукта. С этой целью общий процесс производства расчленяется на две последовательно реализуемые составляющие (этапы).

Первый этап представляет собой наиболее трудоемкий и, соответственно, долгосрочный процесс изготовления деталей / компонентов и их предварительной узловой сборки в модули, который осуществляется на основе прогнозного плана производства с применением специального легко переналаживаемого технологического оборудования [38], программного управления и групповых методов мехобработки конструктивно схожих изделий (метод С.П. Митрофанова, 1955). Цикличность, высокая стандартизация и малое разнообразие производственных процессов данного типа, которые известны в зарубежной теории и практике производственного менеджмента под названием постоянных процессов и применяются для поточного изготовления однородных изделий / типовых модулей, – позволяет использовать экономические преимущества гибкого автоматизированного производства (высокая производительность, сокращение времени и затрат на изготовление продукции).

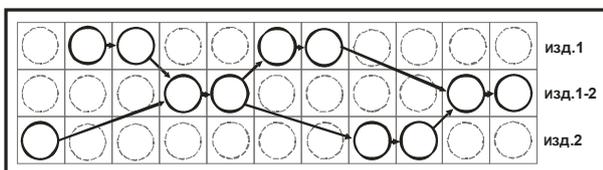
На втором этапе производственного процесса по заказу конкретных потребителей осуществляется поточная финишная сборка изделий определенной модификации на основе типовых модулей с преимущественным использованием универсального оборудования и квалифицированного ручного труда. Высокая гибкость таких производственных процессов, именуемых в организационной теории и практике как краткосрочные переменные процессы, позволяет собирать / выпускать широкую номенклатуру конечной продукции и оперативно удовлетворять разнообразный изменяющийся спрос.

Практическая реализация данной концепции, обозначаемой в западной экономической литературе как кастомизация или «система отсрочки» (postponement), требует матричной организации производственного процесса [59]. Матричная структура производства предполагает создание распределенной однородной технологической среды с избыточной функциональностью, на основе объединения (пространственного сближения) разнородных технологических деталейопераций и применяемого для их осуществления разнотипного оборудования в производственно-технологические ячейки (рабочие центры / станции) с многопредметной специализацией. Технологические ячейки, аналогично гибким автоматизированным линиям / участкам в непрерывно поточном производстве, исключают непроизводительные перемещения и ожидания деталей в очередях ме-

жду операциями, снижают уровень запасов и количество требуемых рабочих.

Рост гибкости (функциональности), производительности машин и оборудования обусловлен применением современных операционных технологий и высоким уровнем механизации / автоматизации процессов обработки. Благодаря им создается оборудование, выполняющее трудоемкие операции с высокой скоростью и требуемым качеством: станки с числовым программным управлением, multifunctionальные обрабатывающие центры, промышленные роботы, автоматические системы передачи материалов и т.д., которые объединяются в так называемые производственные ячейки / модули составляющие основу гибких производственных систем. При этом машины и агрегаты могут размещаться на передвижных (плавающих) платформах, что предоставляет возможность быстро и легко менять планировку (пространственно-временную конфигурацию) технологических участков / цехов.

Однако, в отличие от последних, базисом для обеспечения высокого уровня их гибкости (адаптивности) является не машинный, а естественный / сенсомоторный интеллект квалифицированных рабочих-операторов multifunctionального оборудования, которые легко перенастраивают производственную систему на обработку деталей / производство изделий широкой номенклатуры. Матричная структура производственной системы дает возможность компоновать многомерные виртуальные технологические цепочки с различной пространственно-временной конфигурацией на основе дублирования / резервирования технологических ячеек (дополнительных единиц оборудования и транспортных зон), а также гибкой схемы расстановки рабочих-многостаночников. Это дает возможность попеременно включать их в работу при последовательном чередовании сходных технологических процессов / партий предметов труда на многопредметных групповых / переменнo-поточных линиях (рис. 8).



**Рис. 8. Матричная организация производственного процесса**

Такой подход к организации производственного процесса, разработанный и внедренный в практику японским автосборочным концерном Toyota под названием гибких потоков, является наиболее перспективным направлением модернизации машиностроительных предприятий, в частности механообрабатывающих производств и сборочных линий автомобильных заводов, изготавливающих разнообразные модификации серийных изделий. Он позволяет использовать разные средства и методы производства и, соответственно, совмещать их преимущества в одной производственной системе, нивелируя недостатки и ограничения последних. Подобные производственные системы носят наименование гибридных / позаказно-поточных производств, поскольку занимают промежуточное положение между поточными и непоточными типами производства (постоянными и переменными процессами) и характеризуются производством разнообразной продукции сериями различного размера, чередующимися через разные интервалы

времени с применением повторяющихся стандартизированных технологических процессов. Быстродействие и гибкость подобных производственных систем обуславливает оптимальную загрузку производственных мощностей в режиме реального времени (on line) посредством текущей обработки / быстрого выполнения большого количества индивидуальных заказов на изготовление продукции, обеспечивая при этом высокую эффективность использования активной части производственных фондов предприятия при минимальном объеме находящихся в обороте ресурсов.

В свою очередь это требует точной балансировки (синхронизации / выравнивания работы) всей производственной цепочки технологических операций по обработке предметов труда для их равномерного перемещения непрерывным потоком от входа в производственную систему к ее выходу без каких-либо задержек в соответствии с изменениями конъюнктуры рынка. Адаптация (приспособление) позаказно-поточного производства к колебаниям спроса осуществляется посредством изменения / выравнивания ритма производственного процесса по объему и номенклатуре выпускаемой продукции в соответствии с изменяющимся спросом, которое осуществляется в два этапа с применением специальных (статических и динамических) методов и средств синхронизации технологических операций на потоках.

На первом этапе / уровне управления проводится статическая балансировка / приспособление блочно-модульной производственной системы к сезонным колебаниям спроса в течение года с помощью организационно-технической (инженерной) подготовки производства. Статическая балансировка производства заключается в обеспечении пропорциональности располагаемых ресурсов (мощностей) отдельных частей / участков производственной системы, а также предварительной синхронизации их работы путем:

- выравнивания трудоемкости / продолжительности выполняемых ими операций посредством краткого деления структуры технологического процесса на этапы и стадии;
- подбором метода выполнения операций, оборудования и технологической оснастки, режимов обработки.

Это достигается с помощью укрупненного (агрегатного) квартального / месячного планирования производства, которое выступает в качестве средства поддержки принятия управленческих решений по балансировке производственных ресурсов предприятия. Агрегатное планирование осуществляется на основании краткосрочных (квартальных / месячных) прогнозов спроса, выполненных сбытовыми организациями, и заключается в выделении ресурсов / оборотных заделов всем стадиям и процессам производства продукции на основе укрупненных нормативов. Задача технико-экономического планирования в этом случае сводится к формированию производственных заданий / планов-графиков по изготовлению ограниченной номенклатуры модулей для формирования / пополнения складских запасов так называемого предварительного / логистического уровня. В укрупненных планах установлены ориентировочный месячный объем и среднесуточные нормативные уровни выпуска продукции для производственных звеньев, участвующих в изготовлении модулей (литье, штамповка, механическая обработка деталей и узловая сборка), являющиеся основой создания заделов незавершенного производства, которые потребуются для обеспечения главного сборочного конвейера. На основании таких приближенных показателей руководители производст-

венных участков могут определить необходимую численность рабочих и наилучшим образом провести их расстановку на текущий месяц, а также рационально распорядиться другими производственными ресурсами, находящимися в их распоряжении.

На втором этапе / уровне управления проводится динамическая балансировка / регулирование производства в условиях ежедневных колебаний спроса в течение месяца с помощью организационно-технологической (оперативной) подготовки производства. Динамическая балансировка производства заключается в перманентном изменении структуры выпуска (количественного соотношения продукции разных типоразмеров, как по объему, так и по номенклатуре) посредством переналадки и изменения ритма / такта работы поточных линий (производственной системы), и последующей ресинхронизации технологических операций на потоке.

Последнее обеспечивается путем закрепления за технологическими ячейками / бригадами комплексов операций с продолжительностью, равной или кратной ритму потока (по аналогии с подбором соответствующего числа параллельных рабочих мест на операции), и резервных единиц оборудования, а также регулирования численности рабочих в бригадах.

Окончательная синхронизация / ресинхронизация производства выполняется в период наладки / переналадки поточной линии с помощью выравнивания интенсивности сопряженных операций. На групповых поточных линиях мехобработки с преобладанием средств механизации / автоматизации (овеществленного труда) синхронизация осуществляется наладчиками линий путем регулирования технологических режимов работы оборудования и средств малой механизации, используемых для транспортировки деталей, в соответствии со шкалой регламентированных ритмов работы поточных линий. Это делает процесс ресинхронизации операций трудоемким / затратным в системе мероприятий по оперативной подготовке автоматизированного поточного производства [32]. На сборочных линиях с преобладанием более гибкого ручного (живого) труда и условно-свободным ритмом работы синхронизация операций на потоках выполняется мастерами посредством перевода рабочих-универсалов (многостаночников) на новые / резервные рабочие места, изменения норм выработки (многостаночного обслуживания) и разработки / замены карт трудового процесса и т.д.

При существенных колебаниях объема выпуска более чем на  $\pm 10\%$  практикуется привлечение временно высвободившегося производственного персонала (рабочих) для проведения ремонтных работ и технического обслуживания оборудования, уборки производственных помещений, совершенствования продукции и технологии ее производства, или наоборот – организации сверхурочных работ (найма дополнительной рабочей силы) в условиях роста объемов производства.

Отправной точкой регулирования производства на данном этапе является график сборки различных модификаций изделий на главном сборочном конвейере, построенный на основании ежедневных заказов бытовых организаций. Главный сборочный конвейер в соответствии с графиком сборки отбирает необходимые полуфабрикаты / модули с ближайших промежуточных складов первого логистического уровня. Изъятие со складов полуфабрикаты восполняются механосборочными цехами – поставщиками полуфабрикатов / модулей. Про-

цесс отбора / вытягивания сборочных компонентов осуществляется в направлении, обратном движению материального потока / ходу технологического процесса. В качестве инструмента / средства поддержки оперативного управления производством, с помощью которого осуществляется синхронизация производственного процесса, используется механизм выравнивания интенсивности работы смежных производственных звеньев по всей технологической цепочке на основе информационной системы коммуникаций, использующей горизонтальные управляющие сигналы / связи.

В производственной системе компании Toyota (Toyota process system / TPS), которая стала эталоном современного бережливого производства (Lean production), средством передачи данных сигналов по технологической цепи служат специальные карточки-заказы (канбан), используемые как элементы сменно-суточного задания. Карточки прикрепляются к транспортным контейнерам, которые циркулируют между производственными участками, перемещая (вытягивая) предметы труда (производственные заказы) с предыдущей технологической стадии производства к последующей. Благодаря такой простой позаказной системе «вытягивания» рабочие, при сборке автомобилей на главном конвейере, получают требуемое количество нужных комплектующих изделий, которые изготовлены на предшествующих производственных участках. Эти участки, в свою очередь, изготавливают затем ровно столько, сколько было у них изъято сборкой [2, 6, 17, 32, 55]. Поэтому для любой технологической стадии, предшествующей конечной сборке, не нужно заранее составлять суточный производственный график – система вытягивания обеспечивает ритмичную согласованную работу всех производственных подразделений и поставщиков. При этом центральный плановый орган контролирует лишь процесс выпуска готовой продукции в реальном времени на основании графика сборки конечных изделий сформированного в соответствии с заявленным спросом.

Отличительной особенностью многопредметных механосборочных линий с преобладанием ручного труда, является невозможность сквозной синхронизации операций на линии из-за сложности / невозможности перераспределения элементарных работ между операциями с целью выравнивания длительности их выполнения и, соответственно, значительных отклонений фактических затрат времени на отдельные операции от нормы. По этой причине время обработки и передачи отдельных единиц изделий, которое может отклоняться от расчетного / условно-свободного ритма работы линии, регулируется / контролируется подачей световых и звуковых сигналов и/или мастерами / бригадами производственных участков, координирующими совместную работу операторов линии. Непродолжительные задержки в передаче изделий с операции на операцию на рабочих местах компенсируются резервными заделами / запасами деталей, величина которых отражает качество оперативного регулирования / синхронизации потока. Таким образом, производственные подразделения самостоятельного регулируют продолжительность выполнения операций на потоке и интенсивность использования овеществленного и живого труда в ответ на изменение спроса, исходя из реальных (фактических) условий протекания производственного процесса. Последнее позволяет более эффективно решать проблемы оптимального управле-

ния производством в нестабильных условиях конкурентного рынка в режиме авторегуляции (по аналогии с биологическими и социальными системами), что позволяет исключить из системы управления / планирования трудно реализуемые задачи точного прогнозирования объемов и оперативно-календарного планирования производства широкой номенклатуры конечной продукции, погрешности, в решении которых предприятия «оплачивают» высоким уровнем незавершенного производства, товарных (складских) запасов и низкой рентабельностью производственной деятельности.

Принимая во внимание изложенное, можно утверждать о становлении и развитии новой парадигмы организационного управления, которая основана на принципах авто / саморегуляции и по своей эффективности / технологичности многократно превосходит концептуальный аппарат, методологию и инструментарий директивного управления.

В этой связи ERP/MES-системы вынуждены трансформироваться в новые гибридные информационные технологии (интегрированные АСУПП), в которых функция технико-экономического планирования и ресурсного обеспечения производства реализуется на основе текущих заказов и небольшом прогнозном объеме изготовления универсальных компонентов / модулей «на склад», а функция регулирования / адаптации процесса производства к колебаниям спроса выполняется распределенным интеллектом людей-операторов, эффективно взаимодействующих в группе посредством электронной системы информационных коммуникаций «канбан», которая относится к классу информационных систем поддержки принятия решений по синхронизации производственного процесса и поддерживает эффективный процесс коммуникаций в производственной среде предприятия. Последнее позволяет рассматривать данные подходы к автоматизации управления производством как взаимодополняющие, а не взаимоисключающие направления развития АСУПП.

### **Новая парадигма управления производством**

Традиционные подходы к организации управления (наиболее распространенные и известные), в своей сущности основаны на директивном способе управления, который заключается в централизованном принятии решений и целенаправленном управляющем воздействии на объект управления. Процесс целеобразования / целеуказания в этом случае осуществляется так называемым «субъектом управления» (в терминологии теории систем – «наблюдателем») расположенным во внешней среде управляемого объекта. Цели функционирования объекта управления, выбор способов их достижения и необходимых для этого ресурсов задаются извне (экзогенно) субъектом управления, который представляет собой сосредоточенную в одной точке / области пространства (централизованную) систему управления, обладающую правом распоряжения, а также способами / средствами принятия решений и их доведения до исполнителей. Принудительный характер централизованного способа управления, основан на формировании прогноза (предположения) будущего состояния элементов организационной системы и набора директивных команд, составляющих программу управления, как некоего алгоритма / способа его достижения. В организационно-экономических системах в ка-

честве такой программы управления выступает производственный план, действие которого традиционно носит общесистемный / сквозной характер и распространяется не только на функцию планирования (целеполагание) и организации производства (целеуказание – выбор и распределение ресурсов), но и на координацию деятельности системных элементов.

Любой прогноз основан на приближенной оценке оптимального состояния системы и ее элементов в будущем и неизбежно содержит погрешность в оценках. Ошибки в оценке будущего состояния (положения элементов) системы допустимы на этапах целеполагания и целеуказания (технико-экономического планирования и организации производства), основной задачей которых является предварительная балансировка рыночных потребностей и производственных возможностей предприятия. Однако они недопустимы при осуществлении оперативного регулирования хода производства, которое требует точной балансировки взаимоположения элементов производственной системы во времени и пространстве (например, соответствия сопряженных технологических операций по длительности выполнения, объему и номенклатуре обрабатываемых деталей). Этот недостаток централизованного (директивного) способа управления в полной мере проявляется с ростом сложности и размера организационных систем (углублении специализации и увеличении масштабов производства в нестабильных условиях конкурентного рынка), а его игнорирование при проектировании систем управления является существенной методологической ошибкой, которая приводит к снижению эффективности хозяйственной деятельности предприятий [19].

Нарастание производственных мощностей дает положительный эффект от масштаба производства (увеличение производительности труда и снижение общих издержек на единицу продукции) в относительно стабильном экономическом окружении за счет углубления специализации и роста интенсивности использования оборотного и необоротного капитала. Однако при увеличении размеров предприятия и/или значительных колебаниях спроса на его продукцию положительный эффект масштаба приобретает отрицательную динамику, которая обусловлена ростом издержек из-за сбоев в работе производственной системы, длительных простоев оборудования, несоответствия объема и номенклатуры выпускаемой продукции ожиданиям рынка. Последние возникают по причине нарушения пространственно-временной координации (согласованности в работе) большого количества неоднородных элементов сложного крупномасштабного производства (потери управляемости), а также отсутствия возможности гибко реагировать на изменения спроса.

По данному основанию в теории и практике организационного проектирования (управления) происходит постепенная локализация функции планирования до уровня целеполагания и ее отделение от организации управления оперативной деятельностью предприятия, которое приобретает самостоятельный саморегулируемый характер по аналогии с системами авторегулируемой внутренней среды живых организмов.

В основе инженерно-технических путей решения проблем эффективности и устойчивости / надежности работы (авторегуляции) искусственных систем лежит способность / свойство живых организмов поддерживать относительное динамическое постоянство внут-

ренной среды в условиях изменяющейся внешней окружающей, которое было открыто Американским физиологом У. Кенноном (1929). Н. Винер (1940) стал рассматривать данное свойство, именуемое в физиологии / биологии гомеостазом, с позиции управления (кибернетики), а У. Эшби (1960) сконструировал виртуальное саморегулирующееся устройство, названное им гомеостатом, моделирующим способность живых организмов поддерживать некоторые величины в физиологически допустимых пределах [5]. Концепция постоянства внутренней среды (гомеостаза) получила не только биологическое, физиологическое, медицинское применение, но и общеполитическое, методологическое толкование. Поскольку авторегуляция осуществляется благодаря поступлению в систему информации из внешней среды (раздражение в биологических системах, обратная связь в системах управления), которая является сигналом к запуску регулирующего алгоритма, в отдельное направление исследований выделен информационный гомеостаз, обеспечивающий оптимальную реакцию организма на поступающую и перерабатываемую информацию. Первичной причиной, порождающей информацию, являются различные потребности организма как отклонение параметров внутренней и внешней среды организма от оптимального состояния жизнедеятельности. Удовлетворение потребностей наряду с физико-химическими механизмами также включает процесс генерирования информационных потоков, посредством которых центральная нервная система (ЦНС) непрерывно строит информационные модели внутренней среды организма и окружающей действительности. Экспериментально установлено, что живые организмы представляют собой иерархию условно-автономных физиологических систем, в которой сигналы управления, исходящие от верхнего уровня управления / целеполагания (ЦНС), не имеют характера жестких команд, подчиняющихся себе активность локальных участков (элементов) физиологических систем более низких уровней. Вместо этого от высших уровней иерархии управления поступают сигналы, которые определяют границы и скорость переходов подсистем из одного режима функционирования к другому. Такое устройство биологических систем, позволяет избежать нежелательной динамики и потерю устойчивости, которые неизбежно возникают в искусственных системах с жестким централизованным управлением. Необходимым условием гомеостаза в иерархии физиологических систем организма является наличие потоков информации, генерируемых соотношением процессов происходящих как внутри систем, так и между ними в виде прямой и обратной связей. Именно благодаря этим информационным потокам живой организм как система становится активной и приобретает способность к авторегуляции и приспособлению к внешней среде. Интерпретация принципов гомеостаза / гомеостата исследуемых в рамках теории функциональных систем, нейросетевых / нейроподобных технологий, бионики, способна дать стратегический прорыв в инженерных и организационных решениях актуальных проблем управления техническими и социально-экономическими системами [1].

Необходимо отметить, что матричная организация современных гибких производственных систем позаказно-поточного типа с преобладанием живого труда подобна нейросетевой структуре мозга, которая нашла свое во-

площение в искусственных нейронных сетях являющихся сложной когнитивной системой с огромным числом параллельно функционирующих условно-автономных активных элементов / процессоров, последовательно соединенных между собой множеством разнообразных связей (см.: когнитивные нейронные системы) [40, 41]. Несмотря на то, что при построении таких сетей обычно делается ряд допущений и значительных упрощений, отличающих их от биологических аналогов, искусственные нейронные сети демонстрируют свойства авторегулирования и самоорганизации, присущие живым организмам. Нейронные сети могут менять свое поведение в зависимости от состояния окружающей их среды. После «анализа» входных сигналов (возможно, вместе с требуемыми выходными сигналами) они самонастраиваются / перенастраиваются (автопрограммируются / обучаются), чтобы обеспечить правильную реакцию на воздействие / состояние внешней среды. Способность к самоорганизации / обучению является основным свойством живого мозга. Для искусственных нейронных сетей под этим понимается процесс перенастройки архитектуры сети (изменение пространственной структуры связей между звеньями сети / процессорами) в зависимости от состояния окружающей действительности и решаемых нейросетью задач. Искусственные нейронные сети используются во многих областях, тем не менее, они способны правильно функционировать / реагировать лишь в относительно стабильных / предсказуемых условиях внешнего окружения. В такой ситуации нельзя гарантировать, что разработанная / перепрограммированная нейросеть будет оптимальной. Это связано с тем, что базовые элементы нейросети (процессоры) подобно нейронам живого мозга должны обладать сложной интеллектуальной структурой (поведением), которая имеет свои подсистемы и механизмы регулирования, позволяющие передавать управляющую информацию через большое количество связей. Искусственные нейросети моделируют лишь главные элементы сложной архитектуры / состава живого мозга (естественного интеллекта), в котором процессы обработки «рабочего тела» – информации (по аналогии с предметами труда в производственных операционных системах) организуются самостоятельно (без участия внешнего наблюдателя) динамическим, интерактивным путем. Это возможно благодаря тому, что биологические нейронные сети созданы в трехмерном пространстве из сверхсложных микроскопических компонентов и способны к разнообразным (прямым управляющим и обратным авторегулирующим) соединениям, а для искусственно создаваемых человеком сетей на данный момент существуют физические ограничения, связанные с отсутствием интеллектуальной составляющей в их базовых (активных) элементах – нейропроцессорах.

Данные концептуальные недостатки искусственных сетей присущи и гибким поточным производственным системам, в которых мощный естественный интеллект людей-операторов практически полностью вытесняется примитивным искусственным интеллектом машин-автоматов. По этой причине автомобильный концерн Toyota не пошел в своем развитии по пути комплексной автоматизации производства и ограниченно использует автоматические / роботизированные поточные линии исключительно в процессах с вредными для здоровья условиями труда, например, в сварочно-штамповочном производстве. Предпочтение отдается ручному труду, самоорганизации и творческой инициа-

тиве квалифицированных рабочих – ключевому фактору производства, который придает производственной системе гибкость, а также обеспечивает возможность адаптации предприятия к внешней среде и дальнейшее развитие.

В этой связи характерной особенностью систем управления современных предприятий, в дополнение к функциональной специализации и упорядоченности по признаку подчиненности, становится выделение в их структуре условно-автономных уровней / страт управления: планирования и оптимального регулирования, обладающих специфическими (принципиально отличающимися друг от друга) методами и средствами управления. Основной задачей планирования является балансировка производственных возможностей / ресурсов предприятия в соответствии с потребностями товарных рынков в долгосрочном периоде, а также обеспечение сбалансированности оборотных и необоротных активов предприятия в краткосрочном периоде; оперативное управление технологическими процессами направлено на регулирование / синхронизацию сопряженных технологических операций по объему и интенсивности осуществления.

В соответствии с данной концепцией элементы системы регулирования отделены от системы планирования (аккумуляции заказов) и являются частью технологического процесса, т.е. физически распределены по технологическим операциям и оказывают непосредственное воздействие на сенсомоторный интеллект людей-операторов машин и оборудования, что существенно повышает точность балансировки технологических операций, как по объему, так и по интенсивности их осуществления. Поскольку процесс определения размеров партий, продуктовой структуры и сроков выпуска продукции приобретает распределенный динамический характер, то он оперативно и легко увязывается с текущим ритмом всех операций в технологической цепочке, а также наличием (сроками поставки / высвобождения) необходимых ресурсов. При этом учитывается «перекрытое» воздействие множества требований и дестабилизирующих факторов, влияние которых невозможно предугадать заранее. В такой системе / модели управления они задаются (фиксируются) автоматически по мере возникновения (по подобию регулирования работы / балансировки цепи реле-автоматов). Оперативное управление / оптимальное регулирование в этом случае осуществляется не на основе перспективного сквозного производственного планирования, а в режиме реального времени на базе дискретного потока сигналов (эмпирических данных об объеме заказов на изготовление продукции, потребности / наличия сырья, уровня незавершенного производства и т.д.).

Таким образом, преодоление недостатков централизованного способа управления возможно на иной, отличной от концепции производственного планирования, теоретико-методологической основе, ключевым понятием / принципом которой является децентрализация управления производством на базе принципов самоорганизации и авторегуляции, в основе которых лежит распределенный (групповой) интеллект активных элементов / операторов производственной системы – рабочих, бригадиров и мастеров технологических участков, самостоятельно принимающих решения по регулированию хода производства исходя из реальных (фактических) условий протекания производственного процесса.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

Повышение эффективности производства требует переосмысления существующих и формирования новых принципов организации управления предприятиями на основе применения передовых информационных технологий, в соответствии с которыми, предпочтение в проектировании методов и информационных систем управления должно отдаваться логико-смысловой обработке данных, а также адаптации каналов информационного взаимодействия человека и электронно-вычислительной машины (ЭВМ). В этом случае акцент автоматизации управления смещается с задачи накопления, систематизации и хранения разрозненной эмпирической информации об управляемом объекте на процесс обобщения знаний о нем и эффективное взаимодействие людей-операторов, а также лиц проектирующих и принимающих управленческие решения по регулированию хода производства, посредством интеллектуальных систем управления и средств телекоммуникаций.

Данный подход позволяет моделировать / предвидеть в ускоренном режиме машинного времени возможные последствия управляющих решений, принимаемых в совокупности на различных уровнях управления организацией и в различных (часто противоречивых) производственно-экономических ситуациях, а также передать ЭВМ часть интеллектуальных функций человеческого мозга, например, таких как обнаружение и идентификация экономических явлений и процессов.

Отказ от модели сосредоточенной (централизованной) обработки планово-учетной информации и выработке на ее основе управляющих воздействий с использованием ограниченного машинного интеллекта предполагает (знаменует) переход производственного / операционного менеджмента на принципиально новый / инновационный формат интеллектуального / ассоциативного управления, в котором естественный интеллект работников предприятия интегрируется в распределенную человеко-машинную систему (информационную среду) управления. Технологически это осуществляется посредством групповой работы людей-операторов производственной системы в интерактивном режиме АСУП/САПР (ЭВМ) и специально разработанной для этого информационной системы коммуникаций, состоящей из специфической совокупности смысловых сигналов-образов – алфавита, представленного в форме динамической когнитивной модели производства, наглядно отражающей его состояние; автоматизированных средств идентификации / учета деталей операций / изделий и электронной связи (рис. 9). Динамическая когнитивная модель представляет собой специально разработанное графическое отображение – планарную карту производственного процесса, которая делает его наглядным в режиме реального времени для всех участников и позволяет своевременно выявлять избыток / дефицит мощностей (узкие места) и излишние запасы (балансировать ресурсы), непосредственно влияющие на стоимость и сроки изготовления продукции.

Привлекательность применения графических методов отображения реальности привела к тому, что для отображения производственных процессов и ситуаций была разработана сетевая парадигма, широко используемая при организации поточного производства. Она возникла в 1960-е гг. как одно из прикладных направлений развития теории графов и получила широкое распространение

ние (в том числе и в нашей стране) в связи с тем, что сетевые методы организации / планирования производства позволяют оптимально компоновать технологическое оборудование и планировать его загрузку.

Для снижения доли «ручного» труда графические представления стали сочетать с методами имитации в целях автоматизации процесса формирования и обновления сетевой модели. Это позволило расширить возможности сетевого моделирования и сделало его применимым, в частности, для решения задач диспетчеризации и оперативного управления производством, где необходимо получение комплексной систематизированной (осмысленной) информации относительно производственной ситуации в целом и анализ вариантов решений в оперативные интервалы времени. Например, на промышленных предприятиях с массовым непрерывно-поточным типом производства устанавливаются системы автоматизированного мониторинга (регулирования) технологического процесса с машинной графикой. При этом наглядно-образное графическое отображение ситуации существенно упрощает управление производством, так как на экране большого дисплея размерами 3 × 5 м в наглядной форме (градации цвета, яркости, мерцание и т.п.) может быть представлена в полном объеме динамика производственного процесса [31].

Позднее к теории сетевого планирования и управления стали относиться сдержаннее, что объясняется рядом ее недостатков.

- Во-первых, данная теория первоначально была ориентирована на анализ только одного класса графов – направленных (не имеющих обратных связей, т.е. циклов и петель, характерных для серийного / единичного производства).
- Во-вторых, что наиболее существенно и неустранимо, при формировании сетевых планов необходимо участие высококвалифицированных специалистов, хорошо знающих процессы в системе.

При этом по результатам исследования оказалось, что доля «ручного» труда персонала при разработке сетевой графика составляет, по оценкам специалистов, до 95% от общих затрат времени на анализ ситуаций и процессов. Эти недостатки явились одной из причин того, что впоследствии теория СГУ сохранилась только для проектирования / планирования однонаправленных производственных процессов непрерывно-поточного типа (нефтепереработка, прокат металла, конвейеры и т.п.).

На основе сочетания сетевых и имитационных методов представления информации возникли новые направления – структурно-лингвистическое и графо-семиотическое моделирование (например, Сети Петри и т.п.). Последние позволяют использовать сетевые модели в качестве основы имитационных моделей управления технологическими процессами, реализуемых с помощью ЭВМ, при решении задач оперативного управления и диспетчеризации производства.

Однако сведение оперативной информации о производственном процессе на общий экран ограниченного размера, посредством представленной выше сетевой динамической модели поточного производства, неизбежно приводит к необходимости обработки сознанием людей-операторов больших массивов сигнально-символьной информации в условиях дефицита времени. Данное ограничение существенно сдерживает широкое использование сетевых технологий при решении задач автоматизации оперативного управления в различных отраслях промышленности. По этой причине динамическая модель сложного производственного процесса разрабатывается с учетом особенностей восприятия информационных сигналов-образов психической средой людей-операторов и должна быть преимущественно ориентирована на ее бессознательную компоненту, т.е. соответствовать ряду специальных требований (см. автоматизмы психики) [23, 24, 25].

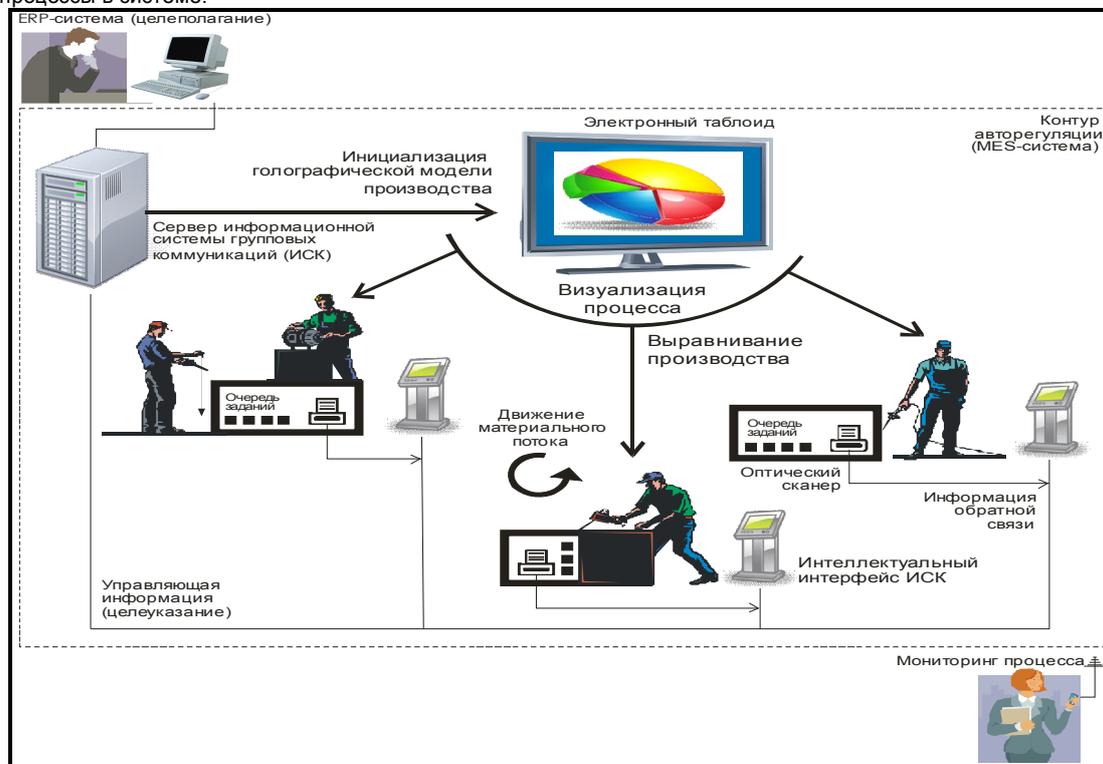


Рис. 9. Интеллектуальная система управления

Основными из этих требований являются использование при моделировании бизнес-процесса не более одного-двух ключевых параметров, легко регистрируемых в системе учета, точно и полно отражающих процесс, а также простой и наглядный способ их сопоставления, который позволяет производственному персоналу не местах адекватно оценивать текущее состояние / динамику производства и самостоятельно осуществлять его регулирование.

Общеизвестно, что пропорциональность и равномерность осуществления отдельных стадий / операций технологического процесса являются необходимыми условиями оптимальности / эффективности промышленного производства. Соответственно данные организационные характеристики могут использоваться в качестве «контрольных точек», а способы их оценки и наглядного сравнения при помощи известных количественных измерителей должны быть приняты за методологическую основу при разработке динамической имитационной модели производства. Как известно в каждом типе производства используется свой набор переменных в виде унифицированной системы планово-учетных единиц и методов их сопоставления, наиболее полно и точно отражающих его специфику. В поточном / серийном производстве к таким измерителям (планово-учетным единицам) относятся детали, узлы и машино-комплекты. Сопоставление их количества на разных производственных участках способно наглядно и точно отражать сбалансированность производства по объему / интенсивности осуществления работ по изготовлению / обработке деталей и быстро выявлять диспропорции (избыток / дефицит) ресурсов и мощностей, возникающие из-за сбоев в работе производственной системы, которые подлежат немедленному устранению посредством регулирования интенсивности / очередности выполнения деталиеопераций. В непоточном / малосерийном и индивидуальном типах производства в качестве измерителей (планово-учетных единиц) сбалансированности / равномерности процесса изготовления изделий могут быть приняты трудоемкость / длительность выполнения заказа по видам работ / операций и располагаемый фонд рабочего времени станков и оборудования. Их аналитическое сравнение позволяет регулировать интенсивность / очередность выполнения работ по изготовлению ведущих деталей сборочных единиц / заказов, а также своевременно выявлять отставание производства других менее трудоемких деталей, обработка которых осуществляется параллельно (кратно в процентном отношении) с изготовлением ведущих деталей, и заблаговременно принимать меры по его устранению. В итоге, используя данный методологический подход к оперативному управлению, можно добиться глобальной оптимизации работы (оптимальности функционирования) предприятия, которая требует сквозной синхронизации / выравнивания всех производственных операций. Для этого необходимо, чтобы не только диспетчер, но и все активные элементы (персонал) производственной системы имели возможность получать в полном объеме релевантную информацию о работе предприятия в целом за приемлемое время отклика. В основе технологического решения данной задачи лежит известный в науке голографический принцип информационного взаимодействия биологических систем, в соответствии с которым каждый активный элемент производственной системы (точка пространства событий)

обладает информацией о других элементах, которая необходима и достаточна для синхронизации такта локальной деятельности с общим ритмом функционирования системы.

Ниже на примерах позаказно-поточного / серийного и единичного машиностроительного производства, регулирование которого в современных рыночных условиях представляет собой методологически сложную и до конца нерешенную задачу, приводится практическая реализация декларированного подхода к управлению операциями. В качестве теоретической основы и инструментального обеспечения данного подхода выступают интеллектуальные формы организации управления, понятийный и методологический аппарат инженерной психологии, методы и информационные технологии групповой поддержки принятия управленческих решений, разрабатываемые с использованием логико-смысловых (семантических, когнитивных) моделей представления знаний и когнитивной компьютерной графики. Последние могут успешно применяться при создании интеллектуальных интерфейсов в виде динамических процессных моделей реализуемых в электронной среде ЭВМ, способных объединять различные элементы и уровни управления производственной системы в единую информационную среду принятия групповых управляющих решений по оптимизации производства в реальном масштабе времени [25].

### **Синхронизация циклических операций на потоке**

В поточном производстве топология материальных потоков / производственно-технологических сетей практически полностью совпадает с компоновочной структурой производимых продуктов, которая определяет элементную последовательность его изготовления (см. выше: ERP-технологии планирования). Однако сетевое / матричное имитационное моделирование сложных технических изделий, состоящих из сотен или даже десятков тысяч деталей, является трудно осуществимой на практике задачей, поскольку в этом случае необходимо оперировать огромным количеством данных относительно структуры и состояния / динамики производства. При этом сведение оперативной информации о производственном процессе на экран ЭВМ / информационный таблоид ограниченного размера, приведет к необходимости обработки сознанием людей-операторов большого массива сигнально-символьной информации в условиях ограниченного времени. Технологически данная научно-техническая проблема / ограничение снимается дополнительной адаптацией (аппроксимацией) сетевой модели производства (дерева структуры) продукта для целей оперативного управления предприятием путем ее концептуального обобщения / сжатия в семантические схемы-действия пространственно-временных событий. Последнее осуществляется с помощью когнитивного направления развития теории графов, основателем которого является американский психолог немецкого происхождения К. Левин (1890-1947), высказавший в 1936 г. предположение о том, что «жизненное пространство» индивидуума можно представить с помощью планарной карты (плоского / двухмерного графа). На такой карте локальные области (операционные зоны) представляют различные типы деятельности человека, например, то, что он делает на работе, дома и т.д. [15, 69]. Эта точка зрения привела психологов научно-исследовательского

центра групповой динамики к другой психологической интерпретации плоского графа, в которой люди представляются вершинами, а их отношения – ребрами (Л. Фестингер, 1950; Д. Картрайт, А. Зайдер, 1968). Данный теоретико-графовый подход в настоящее время стал широко использоваться в быстро развивающихся разделах линейного программирования и исследования операций при изучении движения материальных потоков в сетях. При этом вершинам графа соответствуют пункты размещения (или выгрузки) товарно-сырьевых ресурсов; ориентированное ребро, идущее из одной вершины в другую, указывает на возможность транспортировки товара из пункта, соответствующего первой вершине, в пункт, соответствующей второй вершине. Каждой вершине / ребру приписывается некоторое положительное число – максимальная пропускная способность вершины / ребра. Она показывает, какое максимальное количество ресурсов может быть обработано / выгружено в единицу времени в соответствующем пункте [47, 48, 60].

На этом основании пространственно-временной континуум производственного процесса расчленяется на условно-автономные области (зоны) операционной деятельности с индивидуальным тактом реализации локальных событий, совокупность которых можно представить в виде планарной карты К. Левина (1939). Области деятельности планарной карты сопрягаются с соответствующими модулями сетевой модели производства (блоками компоновочной структуры изделия), декомпозиция которой осуществляется в разрезе межоперационных переходов на отдельных технологических кустах производства различных товарных продуктов (рис. 10 и табл. 1).

По сути, семантика планарной карты когерентна в отношении обобщенной структуры сетевой модели процесса поточного производства, которая, в свою очередь, выполнена в виде многосвязного плоского графа, получаемого в результате объединения локальных моделей производственных кустов, отображением которых являются остовые графы. Применение теории графов для этих целей описано в книгах Л.Р. Форда и Д.Р. Фалкерсона (1956), С. Вайды (1961), К. Бержа и А. Гуйя-Ури (1962, 1965, 1970).

Данный методологический подход можно использовать для регулирования цепочек без исключения всех часто повторяющихся (циклических) операций по обработке деталей, которые характерны для поточного и серийного типов машиностроительного производства.

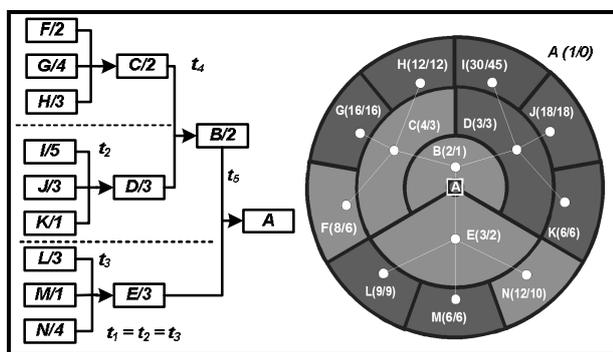


Рис. 10. Планарная карта / модель поточного производства продукта А

Основное назначение планарной карты, которая по сути представляет собой голографическую модель рас-

пределенного параллельного управления [25], заключается во временной организации (выравнивании / синхронизации) производственного процесса предприятия. Это означает сочетание локальных процессов-операций во времени от начала изготовления изделия на первой технологической операции (например, на уровне выпуска заготовок литейного цеха) и до сборки готового изделия на конвейере (рис. 11).

Таблица 1

СИНХРОНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТА А

Элемент (шт.)	Нормативное количество		Фактическое количество	Отклонение (-/+)
	Узел	Изделие		
F/2	4	8	6	-2
G/4	8	16	16	0
H/3	6	12	12	0
C/2	-	4	3	-1
I/5	15	30	45	+15
J/3	9	18	18	0
K/3	3	6	6	0
D/3	-	6	3	0
B/2	-	2	2	-1
L/3	9	9	9	0
M/2	6	6	6	0
N/4	12	12	10	-2
E/3	-	3	2	-1
A	-	1	0	-1

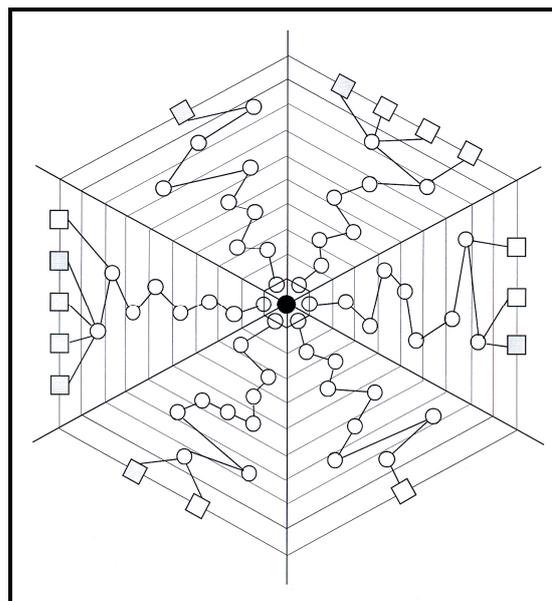


Рис. 11. Голографический экран производственного процесса предприятия

Регулирование пропускной способности подразделений (выравнивание выпуска продукции в смежных цехах, на участках и рабочих местах) предполагает отказ от технических, физических, качественных и других несоизмеримых сторон предметов труда, изделий и продукции, и переход к общесистемным характеристикам, основанным на унифицированной количественной оценке их фактически выполненного объема (уровня) на том или ином этапе передела. В условиях поточного / серийного машиностроительного производства для этого могут быть приняты в качестве базовых (планово-учетных) единиц измерения: деталь, узел, агрегат и

машино-комплект. В каждом блоке планарной карты в реальном режиме времени отражается количество изготовленных деталей / машино-комплектов.

В условиях поточного производства при реализации данной технологии должны широко использоваться методы непрерывного контроля над ходом технологического процесса, необходимые для регулирования его динамики. В связи с этим совершенствование существующих и создание новых (интеллектуальных) систем управления технологическими процессами требует решения задачи автоматизации контроля с использованием современных методов / технологий идентификации и учета изделий: акустических, магнитных, оптических, радиационных и др., а также создания технологического оборудования, оснащенного конструктивно-встроенными или сопряженными устройствами контроля его работоспособности и текущего состояния, в своей совокупности обеспечивающими функционирование производственной системы в режиме авторегуляции.

Количество изготовленных деталей автоматически сравнивается с аналогичными фактическими показателями в смежных (сопряженных) областях и / или рассчитанными по балансовым уравнениям исходя из заданного такта главного конвейера. Отклонение в ту или иную сторону отмечается на дисплее голографического экрана тональностью цвета. Это позволяет диспетчеру и лицам, принимающим решения (ЛПР), «на местах» мгновенно на неосознаваемом уровне (непроизвольное внимание) выявлять отклонения и одновременно (параллельно), в режиме групповой динамики, принимать решения об изменении производительности рабочих мест (участков, цехов и т.д.).

Пространственно-временное отражение топологии производственной системы и ее «узких» мест тональностью цвета вводит в когнитивную модель ориентировочную функцию, которая является своеобразным мгновенным семантическим контекстом для более медленного процесса идентификации проблемных ситуаций и их количественной оценки. Реализация этого подхода может быть успешно осуществлена на основе известного аппарата теории клеточных автоматов (С. Вольфрам). Клеточный автомат – это математический объект с дискретным пространством и временем. Каждое положение в пространстве представлено отдельной клеткой, а каждый момент времени – дискретным временным шагом или поколением. Составление каждого пространственного локуса или клетки определяется очень простыми правилами взаимодействия. Эти правила предписывают изменения состояния каждой клетки в следующем такте времени в ответ на текущее состояние соседних клеток.

Диспетчер, а при необходимости – любой активный элемент системы, имеет возможность получить детальную информацию относительно работы и состояния каждого элемента системы. В соответствии с представленным инвариантом модели распределенной параллельной обработки управляющей информации, оперативное управление производством осуществляется не на основе перспективного производственного плана, а на базе дискретного потока данных относительно фактически поступающих заказов на поставку продукции, производственных заделов, состояния и текущей загрузки оборудования, сроков поставок материальных ресурсов, а также «перекрестного» воздействия множества других факторов и требований, которые в системе зада-

ются автоматически по мере их появления. Процесс оптимизации размеров партий, продуктовой структуры и сроков выпуска продукции приобретает динамичный характер и увязывается с текущим ритмом всех технологических операций. Входными сигналами голографической модели являются данные о фактическом поступлении заказов на продукцию и количестве изделий, изготовленных на различных технологических переходах, а выходными параметрами, регулирующими работу производственных участков, – данные о пропорциях (диспропорциях) в производстве деталей (узлов, работ), обеспечении необходимыми ресурсами и комплектующими, которые складываются в реальном режиме времени. Загрузка производственных участков (размеры партий / интенсивность работ) определяются в разрезе различных одновременно производимых видов продукции с таким расчетом, чтобы не допускалось нарушение условия пропорциональности производства деталей и узлов в увязке с тактом работы сборочных линий [24].

Реализация модульной структуры динамической модели возможна благодаря тому, что, во-первых, связи между технологическими кустами слабее внутренних связей между элементами куста; во-вторых, для предварительной оценки правильности принимаемых решений относительно элементов (производственных операций, заделов или потоков между ними), нет необходимости в детальном представлении (имитации) работы элементов, достаточно получение информации о работе технологического узла и связанных с ним производственных элементов в целом; в-третьих, для оценки рекомендаций интеллектуальной системы или своих решений по синхронизации потока, диспетчеру или ЛПР «на местах» достаточно получать оперативную информацию по выпуску тех или иных товарных продуктов или машино-комплектов, т.е. имитируется работа только тех операций и заделов, которые реализуют производство конкретного продукта (при допущении о нормальной работе связанных с ними элементов других технологических узлов). Таким образом, оперативность (объективность) получения оценки эффективности работы производственной системы по критерию синхронности, обеспечивается модульностью планарной карты (когнитивной модели), небольшим количеством шагов моделирования, (так как оценка носит краткосрочный – мгновенный – характер), а также тем, что для предварительной оценки и обоснования решения нет необходимости детально моделировать все технологические связи. Вместе с тем, диспетчер (при необходимости – любой активный элемент системы) имеет возможность получить детальную информацию относительно работы и состояния каждого элемента системы. Однако для этого потребуются переключение режима работы голографического экрана на «меньший масштаб», а также большее модельное время.

### Регулирование единичного производства

При решении задач оперативного управления единичным производством сложных технических изделий не представляется возможным для балансирования производственного процесса использовать как хорошо зарекомендовавшие себя способы и модели, так представленный выше инновационный инструментарий синхронизации / выравнивания поточного / крупносерийного производства, основными планово-учетными единицами которого являются предметы труда (типовые детали, уз-

лы и машино-комплекты) [37, 46, 50]. Уникальность конструкции единичных изделий обуславливает функциональную организацию производственной системы с высоким коэффициентом закрепления операций за технологическим оборудованием, а также наличие большого количества нестандартных деталей и узлов, процесс изготовления которых носит нециклический (разовый) характер. Это предопределяет отказ от штучных измерителей динамики процесса производства и переход к характеристикам, основанным на сравнительной количественной оценке трудоемкости / длительности выполнения заказа по видам работ / операций (ТЗ / ТЦЗ) и располагаемого фонда рабочего времени (ФП), предполагающей расчет трудоемкости отдельных работ по заказу и определение наличия потребного числа рабочих мест (СРМ):

$$C_{PM} = \frac{T_3}{\Phi_n}; T_{ЦЗ} = \frac{T_3}{C_{PM} * \Phi_n},$$

где

$T_3$  – трудоемкость данного вида работ по заказу;

$\Phi_n$  – действительный фонд времени работы оборудования;

$C_{PM}$  – потребное число рабочих мест.

Когнитивная модель (планарная карта) процесса изготовления изделия в таком случае представляет собой ориентированный мультиграф, логико-смысловая конфигурация которого задается компоновочной структурой (конструкцией) изделия и относительными показателями трудоемкости (продолжительности) выполнения деталяеопераций (рис. 12 и табл. 2). Как видно из рисунка нормативно-плановая и/или фактическая трудоемкость изготовления изделия может быть представлена на карте совокупностью сегментов, каждый из которых наглядно отражает долю трудоемкости отдельной технологической операции в общей трудоемкости изделия, выраженную процентным отношением к ней (относительная величина –  $Q$ , %). В таком случае относительная величина трудоемкости деталяеопераций (размер сегментов) визуалью может быть выражена центральным углом –  $A_i$  (широта) и глубиной сегментов –  $L_i$  (долгота), а именно:  $Q = \{A_i; L_i\}$ . При этом глубина сегментов –  $L_i$  отображает продолжительность изготовления отдельной детали, измеряемую дискретными отрезками времени (периодами) на которые разбит производственный цикл изделия / заказа (абсолютная величина –  $T_{ци}, n$ ).

Таким образом, общая трудоемкость деталяеопераций предшествующих финишной сборке изделия, может быть представлена круговой диаграммой (окружностью) с центральным углом –  $360^\circ$ , радиус которой равен суммарной глубине сегментов, отображающих ведущие (наиболее трудоемкие) деталяеоперации лежащие на критическом пути –  $T_{кр}(I, C, B + A)$ .

В качестве исходной информации для планарного картирования принимается: конструкторская спецификация (ЕСКД ГОСТ 2. 108-68), содержащая полный перечень деталей и комплектующих, необходимых для сборки готового изделия; технология изготовления деталей и сборки изделия, включающая код, наименование и нормативное время выполнения технологических операций.

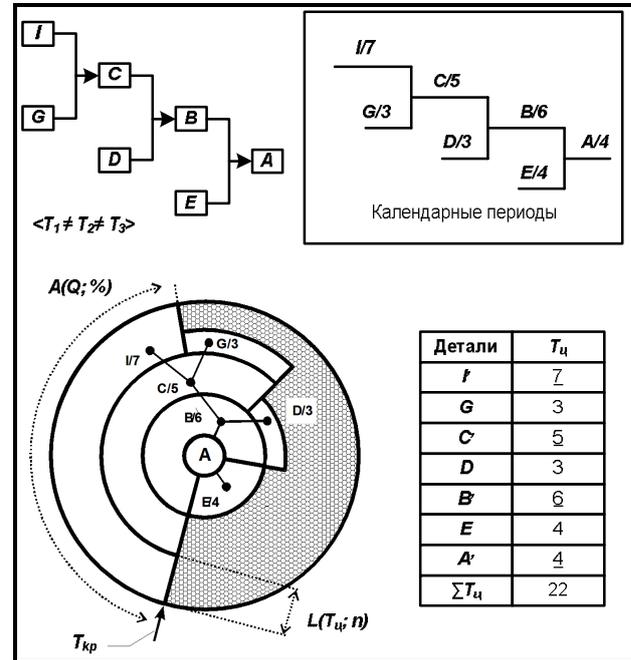


Рис. 12. Планарная карта / модель производственного процесса

Время выполнения технологических операций (время добавления стоимости) –  $T_o$  является базовым (ключевым) параметром процессного моделирования, который, в совокупности с продолжительностью межоперационных перемещений деталей или транзакций –  $T_{mp}$ , оказывает непосредственное влияние на длительность цикла изготовления изделия –  $T_{ци}$  и, соответственно, эффективность производства в целом.

Рассмотренный выше способ представления динамики процесса единичного производства, который носит нерегулярный (ациклический) характер и, соответственно, характеризуется высокой степенью неопределенности исхода промежуточных и завершающей стадий изготовления изделия, позволяет осуществлять мониторинг работ по изготовлению ведущих деталей сборочных единиц и своевременно выявлять отставание производства других менее трудоемких оригинальных деталей, конструктивно связанных с ними, обработка которых осуществляется параллельно с изготовлением ведущих деталей.

Таблица 2

ПОКАЗАТЕЛИ ДИНАМИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Периоды	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
I (Q, %)	14,3	28,6	42,9	57,8	71,5	85,8	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G (Q, %)	-	-	-	-	31,3	66,6	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C (Q, %)	-	-	-	-	-	-	-	20	40	60	80	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D (Q, %)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31,3	66,6	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B (Q, %)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,6	33,3	49,9	66,5	83,1	100	-	-	-	-
E (Q, %)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	50	75	100	-	-	-	-
A (Q, %)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	50	75	100
$\Sigma(Q, \%)$	5/5	11	16,5	22	27,5	33	38,5	44	49,5	55	60,5	66	71,5	77	82,5	88	93,5	100	-	-	-	-

Последнее выполняется посредством аналитического сравнения фактической трудоемкости выполнения детали операций и визуального наглядно-образного отражения результатов сравнения на диаграмме тональностью цвета и/или режимом непрерывного мигания, отображающих отстающие или несоразмерно опережающие общий ход производства детали операции [14].

Оперативный учет выполнения производственной программы основными цехами в единичном производстве осуществляется по данным выполнения сменного задания каждым участком / рабочим. Объектами оперативного учета служат фактическая выработка рабочих, косвенно отражающая поступление заготовок, движение деталей по операциям, простои оборудования и сдачу готовой продукции.

Последовательность отдельных этапов регулирования процесса изготовления изделия, его логика и семантические связи наглядно представлены на (рис. 13-15) и (табл. 3-5).

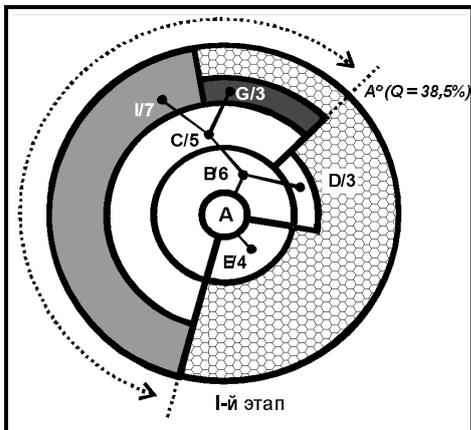


Рис. 13. Выравнивание длительности технологических операций (I-й этап)

Таблица 3

ПЕРВЫЙ ЭТАП РЕГУЛИРОВАНИЯ

Периоды	1	2	3	4	5	6	7
I (Q, %) – план	14,3	28,6	42,9	57,8	71,5	85,8	100
G (Q, %) – план	-	-	-	-	31,3	66,6	100
G (Q, %) – факт	-	-	-	-	25,0	72,9	100
Отклонение: +/-	-	-	-	-	-6,3	+6,3	0

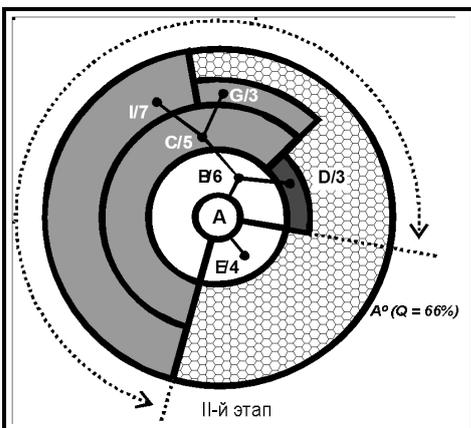


Рис. 14. Выравнивание длительности технологических операций (II-й этап)

Таблица 4

ВТОРОЙ ЭТАП РЕГУЛИРОВАНИЯ

периоды	8	9	10	11	12	13	14
C (Q, %) – план	20	40	60	80	100	-	-
D (Q, %) – план	-	-	31,3	66,6	100	-	-
D (Q, %) – факт	-	-	40,0	59,9	100	-	-
Отклонение: +/-	-	-	+6,7	-6,7	0	-	-

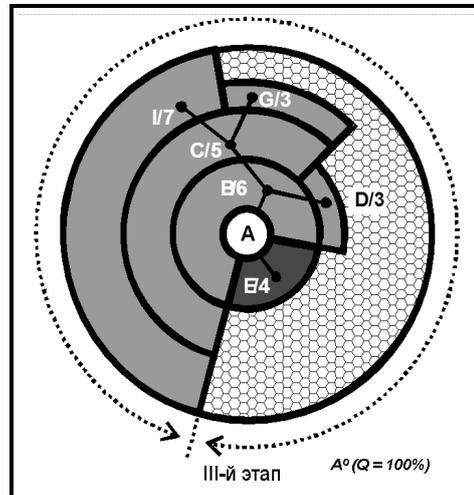


Рис. 15. Выравнивание длительности технологических операций (III-й этап)

Таблица 5

ТРЕТИЙ ЭТАП РЕГУЛИРОВАНИЯ

Периоды	13	14	15	16	17	18	19
B (Q, %) – план	16,6	33,3	49,9	66,5	83,1	100	-
E (Q, %) – план	-	-	25	50	75	100	-
E (Q, %) – факт	-	-	20	60	70	100	-
Отклонение: +/-	-	-	-5	+10	-5	0	-

Планирование в этом случае ограничивается лишь проверкой / исключением перегрузки наиболее важных групп рабочих мест / оборудования и оценкой времени выполнения заказа.

Поскольку в реальных условиях производства из-за сбоев в работе отдельных участков производственной системы сроки выполнения однородных работ по разным заказам на одном и том же оборудовании могут периодически совпадать, то возникает необходимость регулирования очередности исполнения заказов с учетом правил приоритета и ограниченной мощности «узких мест», перманентно образующихся в производственном процессе.

Суть регулирования / диспетчирования состоит в использовании правил приоритетов при определении очередности выполнения работ одним рабочим центром, взамен составления оптимальных расписаний. При условии максимизации пропускной способности производственной системы (минимизации среднего числа контролируемых работ) наилучшим, как показывают многочисленные исследования, является критерий кратчайшей продолжительности остаточных работ по заказу, в соответствии с которым приоритет отдается заказам с минимальной продолжительностью невыполненных работ, необходимых для завершения производства изделия (практическое применение правил приоритетов подробно рассмотрено в специальной литературе).

В таких ситуациях предпочтение, с позиций экономической эффективности, должно отдаваться заказам с наиболее высокой степенью готовности, так как это ускоряет оборот ресурсов предприятия и, соответственно, повышает рентабельность его хозяйственной деятельности. Планарная карта в этом отношении является наиболее эффективным инструментом визуальной оценки уровня завершенности того или иного заказа для определения приоритета (чередования) работ по различным заказам в сравнении с известными способами и средствами пространственно-временного распределения технологических операций по обработке изделий, которые применяются в системе оперативно-календарного планирования (линейные графики Ганта, матрицы загрузки оборудования и т.д.).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современных условиях конкурентного рынка наиболее остро встала проблема удовлетворения разнообразного и изменчивого спроса во всех сферах промышленного производства, снижающего эффективность / рентабельность основной деятельности промышленных предприятий. Выпуск продукции массового потребления был оправдан наличием соответствующего стабильного спроса на нее в индустриальном периоде развития экономики XX в. Сегодня в практике работы машиностроительных предприятий последнее встречается крайне редко. Этим объясняется ограниченность применения и незначительная доля массового непрерывно-поточного / крупносерийного производства в общем объеме выпуска продукции по сравнению с другими типами производства во всех отраслях промышленности. В поисках компромисса товаропроизводители вынуждены сосредоточивать усилия на решении проблемы повышения эффективности машиностроительного производства за счет унификации технологических процессов на базе блочно-модульной конструкции изделий и широкого использования групповых технологий обработки стандартизованных деталей на быстропереналаживаемом оборудовании. Комплексное решение данной задачи должно включать также и синхронизацию / динамическую балансировку производства на основе децентрализации управления и широкого применения информационных технологий групповой поддержки оперативных управленческих решений.

Основная сложность создания таких технологий состоит в разработке оригинальных когнитивных моделей представления знаний об управляемых объектах / процессах и специальных средств компьютерной графики. Это требует проведения междисциплинарных теоретических исследований в смежных областях естественных и гуманитарных наук, таких как теория организации и управления, системотехника, инженерная / когнитивная психология, информатика и др., а также создания на их основе концептуальной теоретической платформы оптимального (интеллектуального) управления, и его выделения в самостоятельную область прикладных знаний [14, 26, 28, 32]. В настоящее время интеллектуальные методы и информационные технологии поддержки принятия решений нашли широкое применение в сфере экономики и финансов [22, 27]. Разработки, направленные на их использование в области промышленного производства находятся на ранней стадии развития, что предполагает осуществление прикладных работ по созданию оригинального инструментария оптимального управления производственными процессами, инвариант которого предложен в настоящей статье.

Практическая реализация предлагаемой концепции / технологии интеллектуального управления осуществляется в настоящее время на базе опытного производства технологического оборудования и оснастки (ПТОО) ОАО «АВТОВАЗ, завода по производству силовых трансформаторов и ряда других предприятий, расположенных в городе Тольятти. Автором и его сотрудниками построены действующие компьютерные модели, на которых проведены различные проверки представленной ниже интеллектуальной технологии и со-

ставляющих ее алгоритмов управления. Часть этих алгоритмов, относящихся к оперативному регулированию производства, проходит апробацию / проверку в реальных заводских условиях в составе действующих систем оперативного управления машиностроительным производством. Излагаемые в работе алгоритмы, как правило, предусматривают построение соответствующего программного обеспечения в виде интерактивной среды моделирования производственных процессов, в которой пользователи получают возможность проверки предлагаемой технологии управления производством. Программная реализация представленных ниже информационных (экономико-математических) моделей оперативно-производственного планирования / регулирования может быть передана в распоряжение разработчиков АСУП.

## Литература

1. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем [Текст] / П.К. Анохин. – М. : АН СССР, 1971.
2. Антонов А.Н. Основы современной организации производства [Текст] / А.Н. Антонов, Л.С. Морозова. – М. : Дело и слово, 2004.
3. Берг А.И. Философские вопросы кибернетики [Текст] / А.И. Берг, Б.В. Бирюков // Энциклопедия кибернетики. т. 2. Киев, 1975.
4. Берж К. Теория графов и ее применение [Текст] / К. Берж. – М., 1962.
5. Винер Н. Кибернетика: или управление и связь в животном и машине [Текст] / Н. Винер. – М. : Наука, 1983.
6. Вумек Дж. Р. Бережливое производство : как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании [Текст] / Джеймс Р. Вумек, Дэниел Т. Джонс. – М : Альпина Бизнес Букс, 2004.
7. Гринберг Р.С. О промышленном развитии Российской Федерации / Р.С. Гринберг, Д.Е. Сорокин [Текст] // Экономика и управление. – СПб: Изд-во Академии экономики и управления, 2008. – №5. – С. 2-7.
8. Голдрат Э.М. Цель: процесс непрерывного совершенствования [Текст] / Э.М. Голдрат, Дж. Кокс. – Минск : Попурри, 2007. – 496 с.
9. Друкер П.Ф. Задачи менеджмента в XXI веке [Текст] / Питер Ф. Друкер; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2003.
10. Жукова И.С. Проблемы организации производства в условиях смены технологических укладов [Текст] / И.С. Жукова // Теоретические основы и практика организации производства: юбилейный сб. науч. трудов. – Воронеж : ВГТУ, 2010. – С. 13 – 20.
11. Ильин А.И. Планирование на предприятии : краткий курс [Текст] / А.И. Ильин. – Минск : Новое знание, 2007. – 237 с.
12. Клейнер Г.Б. Построение эконометрических зависимостей [Текст] / Г.Б. Клейнер // Методология преподавания статистики, эконометрики и экономических дисциплин в экономических вузах. – М. : МЭСИ, 1999.
13. Коголовский В. Системы планирования производства: отечественные компромиссы развития [Электронный ресурс] / В.Коголовский // Официальный сайт. URL: [http://www.big.spb.ru/publications/other/logistics/system\\_plan\\_pr\\_otech\\_kompr\\_razv.shtml](http://www.big.spb.ru/publications/other/logistics/system_plan_pr_otech_kompr_razv.shtml)
14. Кладов А.В. Аналитические информационные технологии, как альтернатива управления производственным процессом [Текст] / А.В. Кладов // Экономинфо. – Воронеж : ВГТУ, 2009. – №11. – С. 12-16.
15. Левин К. Динамическая психология [Текст] / К. Левин. – М. : Смысл, 2001.
16. Лайкер Д. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира [Текст] / Джеффри Лайкер ; пер. с англ. – 2-е изд. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2006. – 402 с.
17. Леньшин В.Н. Производственные исполнительные системы (MES) – путь к эффективному предприятию [Электронный ресурс] / В.Н. Леньшин, В.В. Куминов // Официальный сайт. URL: <http://www.asutp.ru/go/?id=600359&url=www.rtssoft.ru>.
18. Либерман Е.Г. и др. Организация и планирование производства на машиностроительных предприятиях / Е.Г. Либерман,

- Ю.Е. Звягинцев, А.Н. Золотарев, В.В. Кононенко, Г.М. Макарова, С.У. Олейник. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1967.
19. Макконнелл К.Р. Экономикс : принципы, проблемы и политика [Текст] : в 2 т. / Кэмпбелл Р. Макконнелл, Стэнли Л. Брю; пер. с англ. 11-го изд. – М.: Республика, 1995. – 800 с.: ил.
  20. Мескон М.Х. Основы менеджмента. [Текст] / Майкл Х. Мескон, Майкл Альберт, Франклин Хедоури; пер. с англ. – М.: Дело, 1999. – 800 с.
  21. Мильнер Б.З. Теория организации. – 6-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Б.З. Мильнер. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 797 с.
  22. Мизюн В.А. Экономическая кибернетика. Экономика региона: социальный и производственный аспект [Текст] / В.А. Мизюн, Е.М. Шевлякова // Сборник трудов Международной научно-практической конференции. – Тольятти: ТГУ, 2006. – С. 183 – 196.
  23. Мизюн В.А. Использование интеллектуальных систем человека в управлении экономикой / В.А. Мизюн // Экономика и управление. – 2007. – №4. – С. 193-199.
  24. Мизюн В.А. Организация гармоничного производства [Текст] / В.А. Мизюн, Е.М. Шевлякова // Экономика и управление. – 2008. – №5. – С. 106-112.
  25. Мизюн В.А. Интеллектуальные методы управления предприятием [Текст] / В.А. Мизюн. – СПб.: Академия управления и экономики, 2008. – 200 с.
  26. Мизюн В.А. Модель конкурентоспособного производства / В.А. Мизюн // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – №5. – С. 314-344.
  27. Мизюн В.А. Инновационный инструментальный финансовый менеджмента [Текст] / В.А. Мизюн, А.Г. Султанов // Аудит и финансовый анализ. – 2010. – №1. – С. 136-146.
  28. Мизюн В.А. Перспективы развития организационной науки [Текст] / В.А. Мизюн // Теоретические основы и практика организации производства : юбилейный сб. науч. трудов. – Воронеж: ВГТУ, 2010. – С. 29-37.
  29. Никаноров С.П. Совершенствование, создание и развитие организаций на основе теории систем [Текст] / С.П. Никаноров // Системное управление – проблемы и решения : сб. тр. – Вып. 12. – М.: Концепт, 2001. – С. 51-61.
  30. Организация производства [Текст] / под ред. О.Г. Туровца // Экономика и финансы. – 2002.
  31. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии [Текст] / Г.С. Поспелов. – М.: Наука, 1988. – 280 с., ил.
  32. Производственный менеджмент [Текст] : учеб. / под ред. В.А. Козловского. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 547 с.
  33. Рахман И.А. Основы современной методологии управления холдингом [Текст] / И.А. Рахман, А.Р. Терентьев // Финансы и кредит. – 2004. – №29. – С. 36-45.
  34. Рахман И.А. Корпоративное управление как фактор конкуренции [Текст] / И.А. Рахман, А.Р. Терентьев // Экономика строительства. – 2006. – №1. – С. 2-13.
  35. Рахман И.А. Корпоративное управление как фактор конкуренции [Текст] / И.А. Рахман, А.Р. Терентьев // Экономика строительства. – 2006. – №2. – С. 2-9.
  36. Рубинштейн М. Интеллектуальная организация [Текст] / М. Рубинштейн, А. Фирстенберг; пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2003.
  37. Ротер М. Учитесь видеть бизнес-процессы : практика построения карт потоков создания ценности [Текст] / Майкл Ротер, Джон Шук; пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 144 с.
  38. Сигео С. Быстрая переналадка: революционная технология оптимизации производства [Текст] / С. Сигео; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 334 с.
  39. Системный анализ и принятие решений [Текст] : словарь-справочник; учеб пособие для вузов / под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высшая школа, 2004 – 616 с.: ил.
  40. Станкевич Л.А. Интеллектуальные технологии и представление знаний [Текст] / Л.А. Станкевич // Интеллектуальные системы. – СПб.: СПбГТУ, 2000.
  41. Станкевич Л.А. Когнитивные системы [Текст] / Л.А. Станкевич // Информационные технологии в моделировании и управлении: Материалы междунар. науч.-техн. конфер. – СПб.: СПбГТУ, 2000.
  42. Теория систем и системный анализ в управлении организациями [Текст] : справочник : учеб. пособие / под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 848 с.: ил.
  43. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям [Текст] / В.Б. Тарасов. – М.: КомКнига, 2002. – 352 с. (Науки об искусственном).
  44. Туровец О.Г. Совершенствование организации производства как фактор модернизации промышленных предприятий [Текст] / О.Г. Туровец, В.Н. Родионова // Организатор производства. – 2010. – №1. – С. 21-24.
  45. Туровец О.Г. Организационные факторы посткризисного развития промышленных предприятий [Текст] / О.Г. Туровец, В.Н. Родионова // Организатор производства. – 2009. – №3. – С. 18-21.
  46. Удовкин А.В. Повышение результативности производственных процессов на основе изменения показателей синхронизации [Текст] / А.В. Удовкин // Экономинфо. – Воронеж: ВГТУ, 2009. – №11. – С. 9-12.
  47. Форд Л.Р. Потоки в сетях [Текст] / Л.Р. Форд, Д.Р. Фалкерсон. – М.: Мир, 1966.
  48. Харари Ф. Теория графов [Текст] / Ф. Харари; пер. с англ. и предисл. В.П. Козырева; под ред. Г.П. Гаврилова. – 3-е изд. – М.: КомКнига, 2006. – 296 с.
  49. Четвертаков И.М. Принципы эффективной организации систем [Текст] / И.М. Четвертаков, В.П. Четвертакова // Организатор производства. – 2009. – №3. – С. 9-11.
  50. Чейз Р.Б. Производственный и оперативный менеджмент [Текст] / Р.Б. Чейз, Н.Дж. Эквилайн, Р.Ф. Якобс; пер. с англ. – М.: Вильямс, 2007.
  51. Armand V. Feigenbaum and Donald S. Feigenbaum. What Quality Means Today. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 46, №2. P. 96.
  52. Berge C. Two theorems in graph theory, Proc.Nat.Acad. Sci.USA, 43(1957), p. 842-844.
  53. Berge C. Graphes et hypergraphes. Paris, 1970.
  54. Berge C., Ghoulia-Houri A. Programming, games and transportation networks. London, 1965.
  55. Cusumano M.A. The Japanese Automobile Industry: Technology an Management at Nissan and Toyota. Cambridge, MA: Council on East Asian Studies/Harvard University Press, 1985.
  56. Drexel A., Kimms E. (eds.). Beyond Manufacturing Resource Planning (MRP II): Advanced Models and Methods for Production Planning (New York: Springer, 1998).
  57. Dessler G. Human Resource Management. 6 ed. – New Jersey: Prentice Hall, 1994.
  58. Frank Furedi. Treat Employees like Adults. Harvard Business Review, May 2005, Article F0505E. – P. 1.
  59. Feitzinger E., Lee H. «Mass Customization at Hewlett-Packard: The Power of Postponement», Harvard Business Review, January-February 1997, p.116-121.
  60. Ford L.R., Fulkerson D.R. Maximal flow through a network, Canad. J. Math., 8 (1956), p.399-404.
  61. Jonathane Gosling, Henry Mintzberg. Reflect yourself: take time out of your busy day to reflect on yourself and where your team is headed. Business & Finance, HR Magazine, September 2004. P. 2.
  62. Jonathan Gosling, Henry Mintzberg. Managing Team. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 45, №4. P. 65-71.
  63. Jonathan Gosling and Henry Mintzberg (John Cleghorn). The Education of Practicing Managers. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Nol. 45, №4. P. 19-22.
  64. Julian Birkinshaw, Cristina Gibson. Building Ambidexterity Into an Organization. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 45, No. 4, P. 47-55.
  65. Jay W. Lorsch and Andy Zelleke. Should the CEO Be the Chairman? Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 46, №2. P. 71-74.
  66. Johan Roos. Sparking Strategic Imagination. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 46, №1. P. 96.

67. John Humphreys. The Vision Thing. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 45, №4. p. 96.
68. Ken Coghill. The fuzzy logic factor. Centre for Business Research. The Judge Institute of Management, University of Cambridge, UK, TOP FLOOR, Summer 2003, Issue 7. P. 5.
69. Lewin, K. Principles of topological psychology, New York, 1939.
70. Martin Lamonica, «Life after ERP», Info Word 21, no. 33 (August 16, 1999), p. 35.
71. Morten T. Hansen, Richard P. Chapman. How to Build Collaborative Advantage. Cambridge, Reprint 46105, MIT Sloan Management Review, Vol. 46, №1. P. 22-30.
72. Nathan Eagle. Can Serendipity Be Planned? Cambridge, MIT Sloan Management Review Vol. 46, №1. P. 10-14.
73. Peter M. Senge. The Leader's New Work: Building Learning Organizations. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Reprint 3211, Vol. 32, No. 1. P. 7-23.
74. Peter Weill and Jeanne Ross. A Matrixed Approach to Designing IT Governance. Cambridge, MIT Sloan Management Review, V 01. 46, №2. P. 26-34.
75. Pinchot G., Pinchot E. The Intelligent Organization / San Francisco Berrett-Koehler Publishers, 1996.
76. Orlicky J. Materials Requirements Planning (New York: McGraw-Hill, 1975).
77. Robert S. Kaplan, David P. Norton. The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance. Harvard Business Review, January – February 1992. P. 71-79.
78. Rachel Simpson. Access to finance no longer the big issue among small firms. News from the Centre for Business Research, the Judge Institute of Management. University of Cambridge. TOP FLOOR, Issue 7, Summer 2003. P. 3.
79. Sheikh K. Manufacturing Resource Planning (MRP II) with Introduction to ERP, SCM, and CRM (New York: McGraw-Hill, 2002).
80. Vanessa Urch Druskat and Jane V. Wheeler. How To Lead a Self-Managing Team. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 45, №4. P. 65-71.
81. Vajda S. Mathematical programming. Addison-Wesley, Reading, 1961.

**Ключевые слова**

Интеллектуальные производственные системы; оптимальное регулирование производства; информационная поддержка принятия решений; когнитивные модели представления знаний; когнитивная компьютерная графика.

*Мизюн Владимир Анатольевич*

**РЕЦЕНЗИЯ**

На современном постиндустриальном этапе развития мировой экономики эффективность производства является ключевым фактором устойчивого развития предприятий, расширения их присутствия на рынках товаров и услуг. Наиболее оптимальным направлением совершенствования производственной деятельности, не требующим массивных инвестиций в машины и оборудование, является снижение производственных затрат за счет ресурсосбережения и сокращения транзакций, повышение гибкости и производительности овеществленного и живого труда. Речь идет в первую очередь об уменьшении длительности производственного цикла изделий посредством сокращения времени ожидания запуска изделий в производство, времени межоперационного пролеживания, сокращения времени транспортных и контрольных операций, применения блочно-модульной конструкции изделий, организации процесса параллельного движения предметов труда на базе современного гибкого саморегулируемого производства.

Последнее предполагает переход отечественных машиностроительных предприятий на ячеистую структуру производственных подразделений, резервирование элементов производственного процесса, применение групповых методов производства, формирование самоуправляемых производственных подразделений, использование технологии быстрой переналадки оборудования, повышение квалификационной гибкости производственного персонала предприятий и участия рабочих в решении организационно-управленческих задач, имеющих непосредственное отношение к их производственной деятельности. В той или иной степени это связано с групповыми формами организации труда в виде условно-автономных участков/бригад, которым передается право принимать оперативные решения по регулированию хода производства, а именно: планировать и распределять производственные задания; выбирать и

регулировать свободный темп и ритм труда, менять производственные операции и расстановку производственных рабочих по местам, соединять труд операторов технологического оборудования со вспомогательными и обслуживающими операциями в зависимости от текущей производственной ситуации; участвовать в процессе принятия решений, относящихся к деятельности участка / бригады и (или) отдельного работника. В свою очередь это требует создания и применения новых методов и средств оперативного управления производством.

На решение данной актуальной научно-технической задачи производственного менеджмента направлен предлагаемый автором статьи интеллектуальный подход к организации управления высокотехнологичным производством, оперативное регулирование которого в современных рыночных условиях представляет собой методологически сложную и до конца нерешенную проблему. В статье дана развернутая характеристика перспективных направлений развития экономической и управленческой мысли на основе обобщения современных теоретических концепций, мирового опыта и результатов собственных исследований автора, направленных на совершенствование организации производства и управления. Практическая реализация предложенного подхода представлена оригинальным инструментарием децентрализованного управления производственными процессами, а именно – специальными методами и информационными технологиями поддержки принятия управляющих решений по регулированию / выравниванию хода производства и координации совместной деятельности персонала предприятия.

Новизна и научная значимость рассмотренных в статье авторских разработок заключается в принципиально новом интеллектуальном подходе к организации управления производственной деятельностью в условиях усиливающейся конкуренции и кризисных явлений в экономике.

Исходя из изложенного, рекомендую статью к публикации  
*Клевлин А.И., д.э.н., профессор, заслуженный машиностроитель РФ, вице-президент по научно-исследовательской деятельности Тольяттинской академии управления*

**9.3. MODERN APPROACHES TO MANAGEMENT ORGANISATION OF HIGH-TECH PRODUCTION**

V.A. Mizyun, Candidate of Science, Associate Professor of Organization Management Chair

*Togliatti State University*

The article deals with fundamentally new approaches to management organization of productive activity under increased competition and economic crisis conditions. The article also gives characteristics of long-term economic and management conceptualization as a result of present-day theoretical concepts, world experience and the author's researches results set on the production and management improving.

**Literature**

1. P.K. Anohin. The Principal questions of the general theory of functional systems. M.: AN USSR, 1971.
2. A.N. Antonov. Bases of the modern organization of production. / A.N. Antonov, L.S.Morozova. – M.: Publishing house «Business and word», 2004.
3. A.I. Berg. Philosophical Problems of Cybernetics [Text] / A.I. Berg, B.V. Biryukov // Encyclopedia of Cybernetics. v. 2. Kiev, 1975.
4. C. Berge. Graph Theory and its application. [Text] / C. Berge. – M., 1962.: III.
5. N. Viner. Cybernetics: or management and communication in an animal and the machine / N.Viner. – M.: the Science, 1983.
6. R. Vumek James, Jones Daniel T. Economical production: How to get rid of losses and to achieve prosperity of your company. – M.: Alpina Business Books, 2004.
7. Greenberg R.S. On the industrial development of Russian Federation / R.S. Greenberg, D. Sorokin [text] // Economics and Management. – St. Petersburg: Publishing House of Economics and Management Academy, 2008. – №5.2-7p.
8. E.M. Goldrat. The purpose: process of continuous perfection / E.M. Goldrat, J. Koks. – Minsk: Publishing house «Poppuri», 2007. – 496 p.

9. P.F. Druker. Tasks of management in XXI century: Translation from the English language. – M.: Vilyams, 2003.
10. I.S. Zhukova. Problems of production organization in changing technological structures [Text] / I.S. Zhukov // Theoretical Foundations and manufacturing practices: Anniversary Sat scientific. Proceedings. – Voronezh: Technical University Pub: 2010. – 13 – 20 p.
11. A.I. Iljin. Planning for the company. Short-course [Text] A.I. Iljin – Minsk: LLC new knowledge, 2007. – 237p.
12. Campbell R. McConnell, Economics: Principles, Problems and Policies. In 2 v.: [Text] / Campbell R. McConnell, Stanley L. Brue, Translation from the English language the 11th ed. – Moscow: Republic, 1995. – 800 pp.: Ill.
13. Kleiner G.B. Construction of econometric relationships [Text] / G.B. Koeyner // Methodology of Teaching Statistics, econometrics and economic disciplines in economic institutes. M.: MESI, 1999.
14. Kogalovskii. Production Systems Planning: domestic compromises development (Electronic resource) Access mode: [http://www.big.spb.ru/publications/other/logistics/system\\_plan\\_protech\\_kompr\\_razv.shtml](http://www.big.spb.ru/publications/other/logistics/system_plan_protech_kompr_razv.shtml)
15. A.V. Kladov. Analytical information technologies, as an alternative to the process control [Text] / AV Kladov // Ekonominfo. – Voronezh: GWT, 2009. – №11. 12-16pp.
16. K. Levin. Dynamic psychology. M.: Sense, 2001.
17. D. Lajker. Dao Toyota: 14 principles of management of the conducting company of the world / D. Lajker; Translation from the English language the second edition. – M.: Alpina Business Books, 2006. – 402 p.
18. V.N. Lenshin, V.V. Kuminov. Manufacturing execution system (MES) – the way to effective enterprise. – [Electronic resource] – Access mode: <http://www.asutp.ru/go/?id=600359&url=www.rsoft.ru>
19. M.H. Meskon. Management Principles. [Text] / Maykl.H. Meskon, Michael Albert, Franklin Hedouri; Tr. from English. – M.: Case, 1999. – 800 p.
20. B.Z. Milner. The theory of the organization. – the sixth edition., advanced and added / B.Z. Milner. – M.: INFRA-M, 2008. – 797p.
21. V.A. Mizun, E.M. Shevlyakova. Economic cybernetics. Economy of region: social and industrial aspect: the Collection of works of the International scientific – practical conference. – Togliatti: TSU, 2006. – 390p.
22. V.A. Mizyun. The use of intelligent human systems in economic management / V.A. Mizyun // Economics and Management. – St. Petersburg Publishing house of economy and management Academy, 2007. – №4. – 193 – 199 p.
23. V.A. Mizyun. The organization of harmonious production / V.A. Mizun, E.M. Shevlyakova // Economy and management. – Spb.: Publishing house of Academy of economy and management, 2008. – №5.
24. V.A. Mizyun. Intellectual methods of operation of business/ V.A. Mizun // – Spb.: Publishing house of Academy of economy and management, 2008. – 200p.
25. V.A. Mizyun. Model of competitive production / V.A. Mizyun // Audit and financial analysis. – M., 2009. – №5. – 314-344 p.
26. V.A. Mizyun. Financial management innovative tools [Text] / V.A. Mizyun, A.G. Sultanov / Audit and financial analysis. – M., 2010. – №1.
27. V.A. Mizyun. Organizational science development prospects [Text] / V.A. Mizyun // Theoretical Foundations and organizing production practice: Anniversary Sat scientific. Proceedings. – Voronezh: Publishing house Technical University: 2010. 29-37p.
28. S.P. Nikanorov. Perfection, creation and development of the organizations on the basis of the theory of systems / S.P. Nikanorov // System management – problems and decisions: the collection of works Release 12. – M.: Concept, 2001. – p. 51-61.
29. The organization of production / Under O.G.Turovtsa's edition // Economy and the finance, 2002.
30. G.S. Pospelov. Artificial Intelligence – a basis of new information technology / G.S. Pospelov – M.: the Science, 1988. – 280 with., illustrations
31. Production Management: A Textbook [text], Ed. V.A. Kozlovsky. – M.: INFRA-M, 2005. – 547 p.
32. I.A. Rahman. Fundamentals of Modern holding management Methodology [Text] I.A. Rahman, A.R. Terentyev // Finances and Credit. 2004. N 29 (167). 36-45 p.
33. M. Rubinshtein, A. Firstenberg. The intellectual organization: Translation from the English language. – M.: INFRA-M, 2003.
34. Roter M. Study to see business – processes: Practice of construction of maps of streams of creation of value: Translation from the English language, the second edition./ M. Roter, J. Shuk.-M.: Alpina Business Books, 2008. – 144p.
35. Singo Sigeo. Fast readjustment: revolutionary technology of optimization of production: Translation from the English language / S. Sigeo. – M.: Alpina Business Books, 2006. – 334 p.
36. Systems analysis and decision making: Dictionary Directory: Teaching aid for high schools [text], Ed. V.N. Volkova, V.N. Kozlov. – M.: Higher school, 2004 – 616 p.: Ill.
37. L.A. Stankevich. Intelligent technology and knowledge representation [Text] / L.A. Stankevich / Intelligent Systems – St. Petersburg.: SPbGTU Publishing house, 2000.
38. L.A. Stankevich. Kognitive system [Text] / L.A. Stankevich // Information technologies in modeling and management: Proceedings of Int. STC. St. Petersburg.: Publishing house SPbGTU, 2000.
39. Theory and systems analysis in the organizations management : Directory: Textbook [text], Ed. V.N. Volkova and A.A. Emelyanova. – Moscow: Finance and Statistics, 2006. – 848 p.: Ill.
40. V.B. Tarasov. From multi-agent systems to intelligent organizations. Artificial Sciences [Text] / V.B. Tarasov. – M.: KomKniga, 2002. – 352 p.
41. O.G. Turovets. Organization production improving as industrial enterprises modernization factor [Text] / O.G. Turovets, V.N. Rodionova / production manager. – M.: Economy and Finance, 2010. – №1. 21 – 24 p.
42. O.G. Turovets. Organizational factors of post-crisis industrial enterprises development [Text] / O.G. Turovets, V.N. Rodionova / production manager. – M.: Economy and Finance, 2009. – №3. – p. 18-21.
43. A.V. Udovkin. Production processes performance improving on the basis of synchronization indices changes [Text] / A.V. Udovkin / Ekonominfo. – Voronezh: VSU, 2009. – №11. 9-12 p.
44. L.R. Ford, D.R. Fulkerson. Flows in Networks [Text] / L.R. Ford, D.R. Fulkerson. – M.: Publishing house «Mir», 1966.
45. F. Harary. Graph theory [Text] / F. Harary, Per. from English. and foreword. V.P. Kozyrev. Ed. G.P. Gavrilova. Acad. Third, stereotypical. – M.: KomKniga, 2006. – 296 pp.
46. I.M. Chetvertakov. The efficient systems principles [Text] / I.M. Chetvertakov, V.P. Chetvertakova / production manager. – M.: Economy and Finance, 2009. – №3. 9-11 p.
47. R.B. Chejz. Industrial and operative management: Translation from the English language / R.B. Chejz, N.J. Ekvilajn, R.F. Jakobs. – M.: Williams, 2007.
48. V. Armand. Feigenbaum and Donald S. Feigenbaum. What Quality Means Today. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 46, №2. P. 96.
49. C. Berge. Two theorems in graph theory, Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 43(1957), p. 842-844.
50. C. Berge. Graphes and hypergraphes. Paris, 1970.
51. C. Berge, Ghouila-Houri A. Programming, games and transportation networks. London, 1965.
52. M.A. Cusumano. The Japanese Automobile Industry: Technology an Management at Nissan and Toyota. Cambridge, MA: Council on East Asian Studies / Harvard University Press, 1985.
53. A. Drexli, E. Kimms (eds.). Beyond Manufacturing Resource Planning (MRP II): Advanced Models and Methods for Production Planning (New York: Springer, 1998).
54. G. Dessler. Human Resource Management. 6 ed. – New Jersey: Prentice Hall, 1994.
55. Frank Furedi. Treat Employees like Adults. Harvard Business Review, May 2005, Article F0505E. – P. 1.
56. E. Feitzinger, H. Lee. «Mass Customization at Hewlett-Packard: The Power of Postponement», Harvard Business Review, January-February 1997, p. 116-121.
57. L.R. Ford, D.R. Fulkerson. Maximal flow through a network, Canad. J. Math., 8 (1956), p. 399-404.

58. Jonathane Gosling, Henry Mintzberg. Reflect yourself: take time out of your busy day to reflect on yourself and where your team is headed. *Business & Finance, HR Magazine*, September 2004. P. 2.
59. Jonathan Gosling, Henry Mintzberg. *Managing Team*. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 45, №4. P. 65-71.
60. Julian Birkinshaw, Cristina Gibson. *Building Ambidexterity Into an Organization*. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 45, No. 4, P. 47-55.
61. W. Jay. Lorsch and Andy Zelleke. *Should the CEO Be the Chairman?* Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 46, №2. P. 71-74.
62. Jonathan Gosling and Henry Mintzberg (John Cleghorn). *The Education of Practicing Managers*. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Nol. 45, № 4. P. 19-22.
63. Johan Roos. *Sparking Strategic Imagination*. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Yol. 46, №1. P. 96.
64. John Humphreys. *The Vision Thing*. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 45, №4. p. 96.
65. Ken Coghill. *The fuzzy logic factor*. Centre for Business Research. The Judge Institute of Management, University of Cambridge, UK, TOP FLOOR, Summer 2003, Issue 7. P. 5.
66. K. Lewin, *Principles of topological psychology*, New York, 1939.
67. Martin Lamonica, «Life after ERP», *Info Word* 21, no. 33 (August 16, 1999), p. 35.
68. T. Morten. Hansen, P. Richard. Chapman. *How to Build Collaborative Advantage*. Cambridge, Reprint 46105, MIT Sloan Management Review, Vol. 46, №1. P. 22-30.
69. Nathan Eagle. *Can Serendipity Be Planned?* Cambridge, MIT Sloan Management Review Vol. 46, №1. P. 10-14.
70. Peter M. Senge. *The Leader's New Work: Building Learning Organizations*. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Reprint 3211, Vol. 32, №1. P. 7-23.
71. Peter Weill and Jeanne Ross. *A Matrixed Approach to Designing IT Governance*. Cambridge, MIT Sloan Management Review, V 01. 46, №2. P. 26-34.
72. G. Pinchot, E. Pinchot. *The Intelligent Organization* / San Francisco Berrett-Koehler Publishers, 1996.
73. J. Orlicky. *Materials Requirements Planning* (New York: McGraw-Hill, 1975).
74. S. Robert Kaplan, P. David Norton. *The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance*. *Harvard Business Review*, January – February 1992. P. 71-79.
75. Rachel Simpson. *Access to finance no longer the big issue among small firms*. News from the Centre for Business Research, the Judge Institute of Management. University of Cambridge. TOP FLOOR, Issue 7, Summer 2003. P. 3.
76. Richard Tanner Pascale, Jerry Stermin. *Your Company's Secret Change Agents*. *Harvard Business Review*, May, 2005, Article R0505D. – 9 p.
77. K. Sheikh. *Manufacturing Resource Planning (MRP II) with Introduction to ERP, SCM, and CRM* (NewYork: McGraw-Hill, 2002).
78. Vanessa Urch Druskat and Jane V. Wheeler. *How To Lead a Self-Managing Team*. Cambridge, MIT Sloan Management Review, Vol. 45, №4. P. 65-71.
79. Vijay Govindarajan, Chris Trimble. *Building Breakthrough Businesses Within Established Organizations*. *Harvard Business Review*, May 2005, Article F0505C. – P. 1.
80. S. Vajda. *Mathematical programming*. Addison-Wesley, Reading, 1961.

### Keywords

Intelligent manufacturing systems; optimal production-monitoring system; decision-making infotainment; knowledge representation cognitive model; cognitive computer graphics.