

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

УДК 005.511: 667
10.17213/2075-2067-2019-2-4-14

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

© 2019 г. В. А. Сычев, Г. И. Сычева

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ),
г. Новочеркасск*

В работе рассмотрены современные подходы к организации автоматизированного машиностроительного производства в условиях индустриализации и цифровизации экономики. Показаны новые принципы построения реконфигурируемых машиностроительных производств и создания для них интеллектуальных технологий принятия решений в задачах производственного планирования и распределения ресурсов.

Ключевые слова: цифровизация экономики; организация производства; производственное планирование; имитационное моделирование; принятие решений; распределение ресурсов.

The paper considers modern approaches to the organization of automated machine-building production in the conditions of industrialization and digitalization of economy. New principles of construction of reconfigurable machine-building productions and creation for them of intellectual technologies of decision-making in problems of production planning and distribution of resources are shown.

Key words: digitalization of economy; organization of production; production planning; simulation modeling; decision-making; resource allocation.

В настоящее время в условиях требований по индустриализации и цифровизации экономики сфера материального производства претерпевает значительные перемены, связанные с поиском новых способов и технологий изготовления продукции? происходит смена фундаментальных понятий, обосновывающих методы организации производства и управления промышленными предприятиями. Громоздкое и расточительное индустриальное производство товаров массового потребления стремительно вытесняется новой концепцией поточного изготов-

ления продукции под заказ, получившей название «бережливое производство» и требующей реализации инновационной стратегии развития адаптивных/реконфигурируемых производственных систем с высоким уровнем приспособляемости (гибкости структуры и компоновки) систем машин к изменяющемуся рыночному спросу, позволяющих изготавливать широкую гамму сложной технической продукции с постоянно обновляемым модельным рядом [1]. Применение систем машин нового поколения с автоматически реконфигурируемой структурой позволяет

широко использовать параллельную организацию работ на различных этапах и стадиях производства, что существенно повышает эффективность работы машиностроительного предприятия, но при этом требует точной координации взаимодействия различных элементов производственной системы, поэтому особенно актуальной становится задача формирования принципиально новой теоретической и методологической базы производственного менеджмента, совершенствования существующих и разработки инновационных методов и технологий проектирования и управления производственными процессами. Актуальность этой проблемы подтверждается бурным развитием за рубежом систем поддержки жизненного цикла продукции (*Continuous Acquisition & Life cycle Support/CALS-технологии*), предполагающих непрерывное совершенствование изделий и технологий по их изготовлению, а также внедрение новых организационных методов управления и технологий информационной поддержки оперативно-управленческих решений. В связи с этим начиная с 1990-х гг. прошлого столетия доминирующее значение в научных разработках проблем организации производства и управления промышленными предприятиями занимают работы по созданию интегрированных адаптивных производственных систем и интеллектуальных технологий управления следующего поколения (*Reconfigurable/Intelligent Manufacturing Systems — RMS/IMS*). Это направление исследований сегодня выполняется крупными

международными консорциумами по инициативе правительств ведущих индустриально развитых стран: ЕС, США, Канады, Японии, Кореи — в целях обеспечения выживания и повышения конкурентоспособности промышленных предприятий на мировых рынках и, как следствие, устойчивого развития национальной экономики.

Примером относительно простой реализации адаптивных/реконфигурируемых производственных систем является сетевая топология производственного процесса [1], предусматривающая распределенные пространственно-временные схемы движения предметов труда между звеньями технологической цепочки (см. рис. 1).

В данной топологии при различных вариантах развития производственной ситуации (например, при необходимости перехода производства с одного вида продукции на другой при изменении спроса, в случае простоя оборудования по причине ремонта, отсутствия сырья и комплектующих изделий) выполняется перенастройка/реконфигурация производственно-технологической цепочки/линии, связанная с перенесением потоков от одних звеньев к другим.

В целях увеличения технических возможностей реконфигурации (перестройки) технологического процесса, рабочие места/оборудование в цехах механической обработки деталей стали объединять в функциональные группы без определенных связей по типам выполняемых деталяеопераций в виде однородных технологических участ-

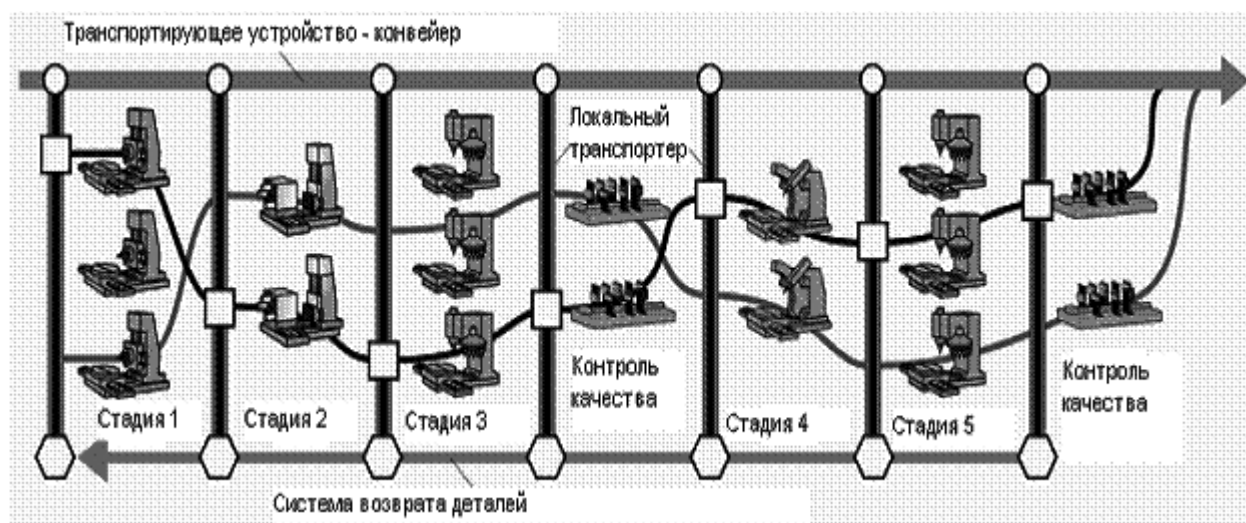


Рис. 1. Сетевая топология поточного реконфигурируемого производства

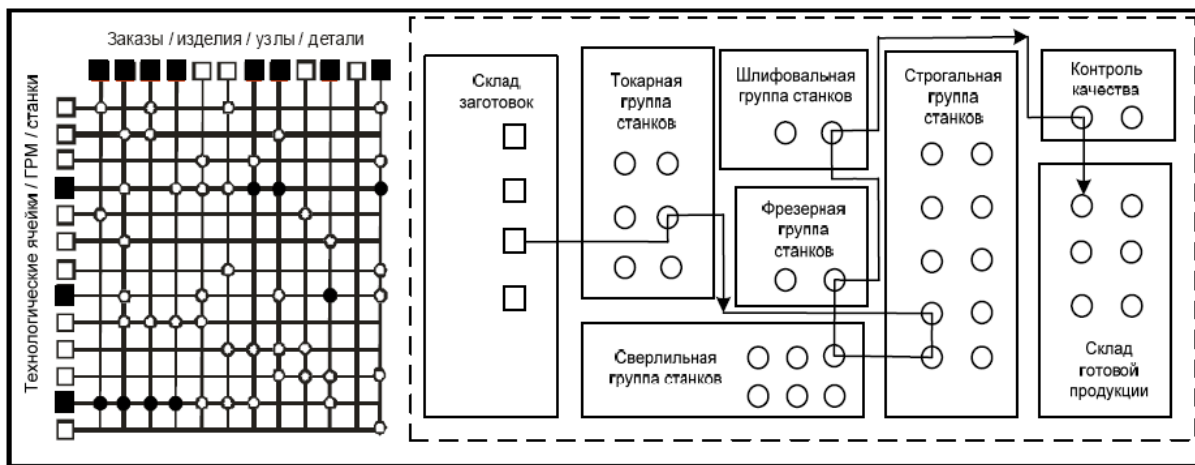


Рис. 2. Матричная топология реконфигурируемого производства

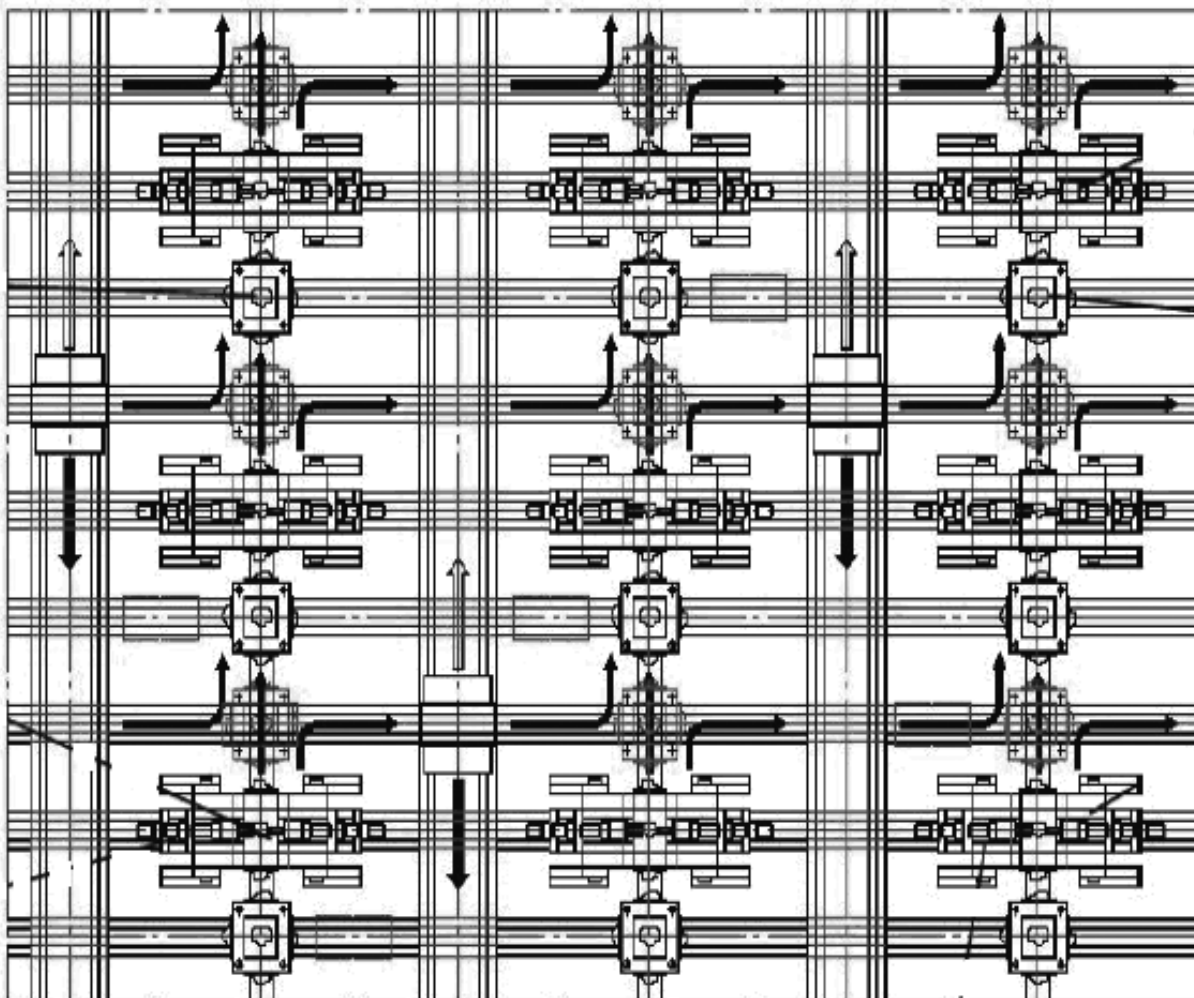


Рис. 3. Пример компоновочной схемы участка реконфигурируемого производства

ков (например, группы токарных, фрезерных, сверлильных и др. станков), которые позволяли создавать на основе их многофункциональной матричной структуры виртуальные технологические цепочки с неограниченным числом и разнообразной последовательностью соединения (комбинацией) неоднородных звеньев (см. рис. 2, 3). При такой организации производственного процесса переход на выпуск новых и/или модернизированных изделий может осуществляться без трудоемкой перестановки специализированного оборудования, ограничиваясь его переналадкой. При этом последовательность, режимы обработки деталей и алгоритм их перемещения от операции к операции задаются специально разрабатываемыми технологическими маршрутами. Преимуществом данного подхода к пространственно-временной организации технологического процесса в сравнении с поточным методом является повышение его гибкости [1].

Отметим, что отличительной чертой рассматриваемого вида производства является интегрированная форма его организации, которая предполагает объединение основных и вспомогательных операций в единый производственный процесс с линейной и/или матричной структурой при параллельно-последовательной передаче предметов труда в производстве. В отличие от существующей практики раздельного проектирования операций складирования, транспортировки, управления и обработки на участках с интегрированной формой организации эти частичные процессы увязываются в единый производственный процесс. Это достигается путем объединения всех рабочих мест с помощью автоматизированного транспортно-складского комплекса, который представляет собой совокупность взаимосвязанных, автоматических и складских устройств, средств вычислительной техники, предназначенных для организации хранения и перемещения предметов труда между отдельными рабочими местами. При этом управление ходом производственного процесса здесь осуществляется с помощью ЭВМ, что обеспечивает функционирование всех элементов/участков производственной системы по следующей схеме: поиск необходимой заготовки на складе — транспортировка заготовки к станку —

обработка — возвращение детали на склад. Для компенсации отклонений во времени при транспортировке и обработке деталей на отдельных рабочих местах создаются буферные склады межоперационного и страхового заделов.

Автоматизированные транспортно-накопительные системы (АТНС), выполняющие роль организатора и регулятора производства, реализуются в различных вариантах [2]. Наибольшее распространение получили АТНС, выполненные в так называемом комбинированном варианте и включающие в себя самостоятельные автоматизированные транспортную и складскую системы (см. рис. 4). На приведенной на рис. 4 схеме высокостеллажный склад имеет один проход, в нем хранятся заготовки, детали на разных этапах обработки, приспособления и инструменты в складских поддонах. К машинным центрам (МСЦ-Н) транспортируются инструменты в складском поддоне с помощью робокарной системы 3 и детали, установленные на спутнике-поддоне с помощью робокарной системы 4. АТНС связана с тремя зонами для ручных манипуляций: 1 — вход/выход АТНС; 2 — измерение, контроль и подготовка инструментов; 5 — базирование и дебазирование деталей.

Как отмечается в [2], интеграция оборудования позволяет увеличить выпуск продукции с единицы оборудования и площади на 20÷50% за счет сокращения простоев из-за необеспеченности заготовками, инструментами, комплектующими изделиями; совмещения транспортных операций с обрабатываемыми; установки заготовок на спутники и пакеты вне станка; координации производственного оборудования через целенаправленную организацию потоков заготовок, деталей, материалов и инструмента, т.е. их подачи в точно определенное место и время, в необходимых количестве и номенклатуре. Последнее обуславливает следующие особенности организации технологического процесса в автоматизированном производственном комплексе (АПК): последовательно-параллельный вид движения деталей в материальном потоке; возможность при выходе из строя любой из единиц оборудования выполнять обработку на аналогичном свободном оборудо-

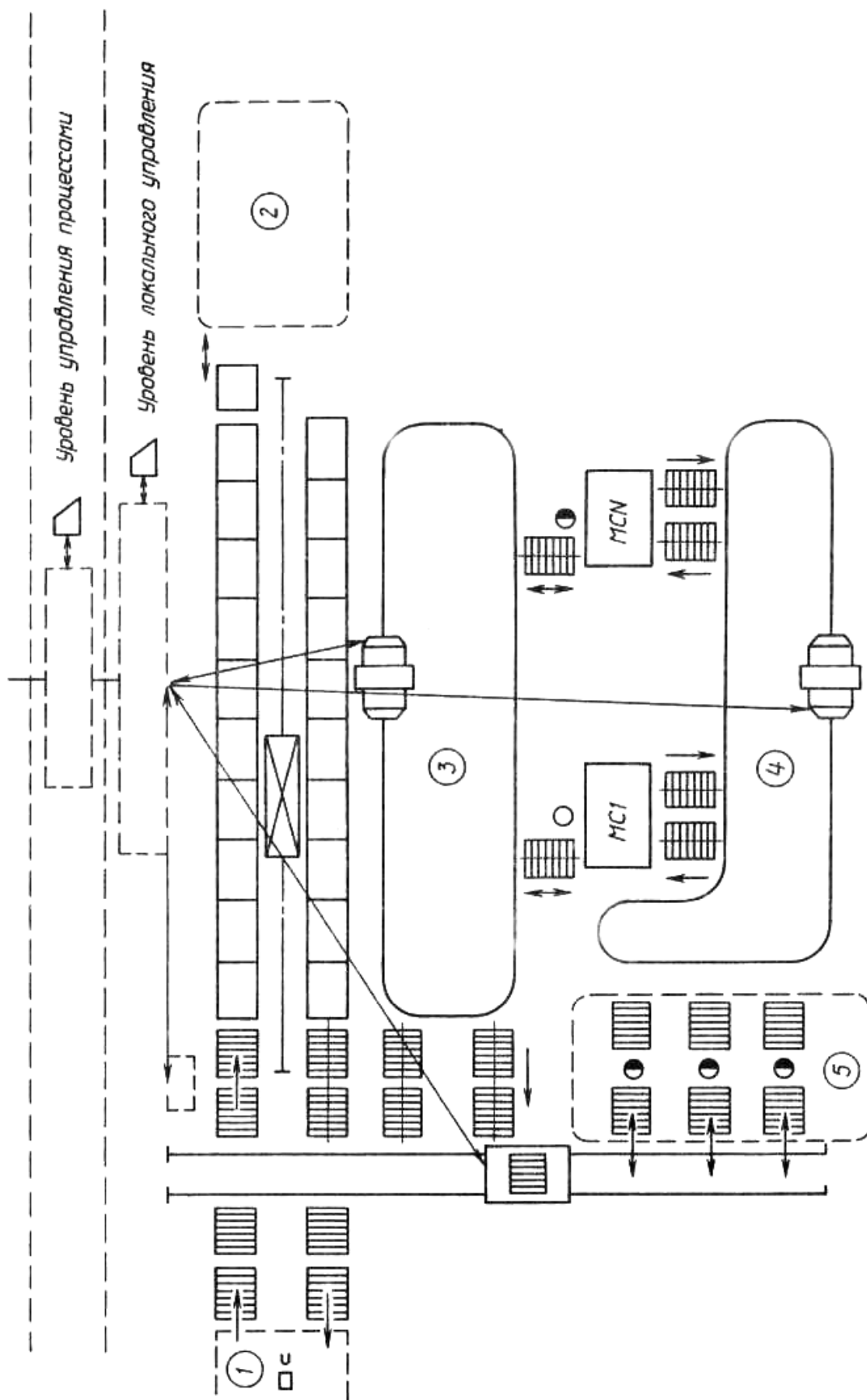


Рис. 4. Комбинированный вариант компонентного решения АГНС

ваний; возможность выполнения на группах станков альтернативных технологий.

Указанное обеспечивает структурную и технологическую гибкость производственных комплексов, наиболее эффективное использование оборудования, сокращение производственного цикла. Далее отметим, что эффективная работа производственных модулей, входящих в АПК, во многом зависит от своевременной смены инструментальных наладок в магазинах станков, поэтому одним из важных вопросов построения современных АПК также является создание АТНС инструментов, предназначенной для автоматического транспортирования и распределения инструментов по станкам АПК, загрузки и выгрузки инструментов из магазинов станков, хранения их в центральных накопителях, вывода из автоматизированных станочных комплексов инструментов на переналадку и заточку, ввода в АПК новых комплектов инструментов и т.п.

Наряду с изложенным следует отметить, что многочисленные технические и организационные особенности АТНС деталей и инструментов должны учитываться при координации и регулировании материальных потоков в АПК. Эта важная функция, как правило, возлагается на систему оперативного управления данными комплексами, рассчитывающую производственные расписания работы всех элементов АПК и обеспечивающую поддержание определенных временных соотношений между процессами обработки заданного объема деталей на каждом отдельном станке, а также процессами транспортирования деталей, оснастки, инструмента в целях выполнения производственного плана в установленные сроки с минимальными затратами.

Анализ известных методов решения задач производственного планирования показывает, что последние при всем своем разнообразии можно разделить на два класса: методы сетевого планирования и методы, относящиеся к общей теории расписаний [3, 4]. При этом к достоинствам методов сетевого планирования относятся их относительная простота, естественное восприятие управляющим персоналом сетевых графиков и привязки входящих в них работ (технологических операций) ко времени и т.п. К недостаткам данных методов относят то, что планирование выполнения производственных операций в них осуществ-

ляется с использованием упрощенных схем распределения производственных мощностей технологических участков без учета состояния незавершенного производства и т.п.

К достоинствам методов теории расписаний относят формирование производственных заданий с точностью до каждой единицы производственного оборудования АПК. Недостатками методов теории расписаний являются невысокая размерность решаемых задач планирования, отсутствие четкого управления сроками окончания выполнения производственной программы, учета состояния незавершенного производства и т.п.

С точки зрения авторов, для практического решения задач производственного планирования целесообразно использовать двухуровневую схему, где на верхнем уровне выполняется моделирование технологического порядка реализации работ в сети и общая оценка объема выделяемого ресурса для каждой работы, а на нижнем уровне осуществляется имитационное моделирование процесса выполнения производственными модулями, составляющими данный ресурс, работ сети с привязкой процесса их выполнения ко времени, отражением всех имеющихся мест технологических нормативов и организационных ограничений, а также соответствующим изменением состояния незавершенного производства и т.п.

Рассмотрим данное предложение несколько подробнее. Будем считать, что в производственной системе задано множество единиц планирования $\{z\}, z = 1, \dots, Z$ из портфеля заказов, представленных технологическими процессами из множества операций $\{o_{zir}\}, z = 1, \dots, Z; i = 1, \dots, I, r = 1, \dots, R$. Множество операций $\{o_{zir}\}, z = 1, \dots, Z; i = 1, \dots, I, r = 1, \dots, R$ определяет множество работ на сети $S = \{s\}$, где $s = o_{zir}$ соответствует i -й операции выполнения z -го заказа с использованием ресурса r -го типа. Также будем считать, что производственная система располагает множеством типов ресурсов $R = \{r\}, r = 1, \dots, R$, в качестве которых могут выступать производственные участки, рабочие центры и т.п. Множество R рассматривается как система обслуживания по выполнению $\{o_{zir}\}$.

Установлен технологический порядок реализации работ в сети, который может быть

представлен в виде сетевого графика, т.е. в виде бесконтурного орграфа $S = \langle I, *, **, V \rangle$ с одной начальной вершиной «*», конечной вершиной «**», множеством работ I и множеством дуг V , определяющих технологический порядок выполнения работ.

Согласно технологии каждая работа i выполняется с использованием определенного вида ресурса r -го типа, т.е. выполняется на оборудовании r -го производственного участка, что позволяет идентифицировать любую из работ тройкой $\langle z i r \rangle$. При этом исходными характеристиками работы $\langle z i r \rangle$ служат ее объем w_{zir} (трудоемкость выполнения) и интенсивность выполнения N_{zir} . Здесь под интенсивностью работы $\langle z i \rangle$ понимается количество единиц r -го ресурса, выделяемого для ее выполнения. С учетом введенных характеристик работы ее продолжительность t_{zir} определяется как некоторая функция вида $t_{zir} = f(w_{zir}, N_{zir})$, в частности, $t_{zir} = w_{zir} / N_{zir}$. Тогда, определяя u_{zir}^n как момент времени начала выполнения работы iz , а u_{zir}^{ok} — как момент времени ее завершения, формально производственное расписание процесса выполнения того или иного заказа можно представить как множество пар вида $\langle u_{zir}^n, u_{zir}^{ok} \rangle, z = 1, \dots, Z, i = 1, \dots, I, r = 1, \dots, R$.

Введенные обозначения позволяют определить общую схему формирования производственного расписания по выполнению заказов как процедуру, состоящую из следующих циклически повторяющихся шагов:

1) выбрать из списка нерассмотренных заказов Z очередной заказ $\{z\}$ для включения его в расписание и установить временную точку отсчета, равную номеру дня исполнения заказа;

2) выделить из сетевого графика заказа $\{z\}$ максимальный фронт работ, претендующих на включение в расписание, т.е. таких, у которых все предыдущие по технологии работы уже включены в расписание;

3) выделить из сформированного фронта работ операцию с наибольшей трудоемкостью w_{zir} (данная эвристика из множества возможных [3] обеспечивает первоочередное включение в расписание работ критического пути);

4) включить в расписание выделенную работу и назначить для ее выполнения «минимально достаточное» число единиц освобождающегося после выполнения очередной

операции производственного ресурса с учетом соблюдения условий наличия для выполнения работы всех комплектующих, необходимых материалов, технологических и вспомогательных ресурсов, оснастки, инструмента, документации, а также требований выполнения по срокам рассматриваемой работы сети, недопущения увеличения длительности критического пути заказа и обеспечения равномерности хода технологического процесса. После чего, перейдя к имитационной модели, определить моменты времени начала и завершения выделенной работы задействованными в операции производственными модулями и транспортными средствами АПК.

На каждом цикле данной процедуры в расписание встраивается одна работа выделенного заказа, следовательно, после конечного числа повторов шагов $2 \div 4$, равного мощности множества операций $\{o_{zir}\}$, процесс построения расписания для выделенного заказа завершится. При этом в случае выявления нехватки ресурса на том или ином участке для выполнения какой-либо работы из множества $\{o_{zir}\}$ все работы данного множества исключаются из сформированного расписания, и выполнение заказа рассматривается повторно при условии выделения на последнюю работу большей (например, на единицу) величины ресурса.

Отметим, что предложенная схема построения расписаний позволяет, с одной стороны, осуществлять производственное планирование с учетом действующих на предприятии технологических и организационных ограничений, а с другой — осуществлять построение производственных расписаний с проверкой соблюдения таких интегральных критериев их эффективности, как критерий минимальной календарной длительности выполнения расписания, критерий минимума стоимости его выполнения и др.

Охарактеризуем подробнее процедуру имитационного моделирования АПК. При этом важно отметить, что сущность имитационного моделирования АПК как метода решения задач производственного планирования заключается в программной имитации процессов движения в АПК заготовок и полуфабрикатов, комплектов инструментов и оснастки, каждый из которых во времени можно представить себе чередующейся последовательностью периодов проле-

живания, включения в технологический процесс и перемещения. При этом существенным с точки зрения имитационного моделирования здесь является элемент временной задержки материальных потоков на каждой из вышеперечисленных фаз его реализации.

В настоящее время построение имитационных моделей осуществляется, как правило, с использованием специализированных языков и систем моделирования [5], снижающих трудоемкость реализации имитационных моделей сложных систем. Запись моделирующего алгоритма при помощи таких инструментальных программных средств опирается на представление процесса функционирования моделируемой системы в некотором специальном виде, например, в виде последовательности событий, упорядоченных в соответствии с характерными для данной системы закономерностями изменений состояний производственных элементов АПК во времени. Здесь под событием понимается мгновенное изменение состояния производственного элемента АПК в некоторый момент времени. В указанной последовательности событий, в частности, можно выделить такие дискретные моменты времени, как начало и окончание выполнения технологических переходов в производственном модуле АПК, начало и окончание перемещения или пролеживания заготовок, полуфабрикатов, комплектов инструментов и оснастки и т.п. С завершением события в системе связывается инициализация некоторой активности, указывающей на совершение определенного действия в системе (доставку в производственный модуль или увоз технологического поддона с заготовками, обработанными деталями, оснасткой, установку инструмента или обработку детали и т.п.). Логически связанный набор активностей образует процесс. Например, процесс обработки детали в производственном модуле включает в себя такие активности, как установка инструмента в магазин станка, установка оснастки и детали на стол-спутник, обработка детали, снятие обработанной детали со стола-спутника и др. Отсюда функционирование АПК следует рассматривать под углом происходящих в нем процессов и соответствующим образом производить построение моделирующего алгоритма. При этом все моделируемые техно-

логические переходы операций обработки, перемещения и транспортировки полагаем конечными и непрерывными.

Далее отметим, что имитация процесса функционирования АПК включает в себя имитацию функционирования во времени (изменение состояний) активных элементов системы (производственные модули, транспортные средства, участки настройки инструментов, контроля, загрузки-разгрузки склада и др.), имитацию изменения состояний пассивных элементов АПК (межоперационные накопители, позиции загрузки-разгрузки и ячейки АГНС и т.п.), имитацию взаимодействий указанных элементов и управления очередностью системных событий [5]. При этом с учетом дискретного характера изменения состояний элементов АПК в качестве формальной алгоритмической схемы имитации работы элементов АПК целесообразно использовать автоматную концепцию моделирования, представляя процессы изменения состояний элементов АПК в виде такой математической схемы, как асинхронный конечный автомат. Примеры таких автоматных моделей процессов изменения состояний элементов АПК в машиностроительных производствах приведены, в частности, в [5].

Имитация взаимодействия автоматных моделей элементов АПК в формальном виде также может быть представлена в виде конечного автомата (управляющий автомат), поведение которого зависит от его внутреннего состояния и внешних входных сигналов. При этом связи между автоматами реализуются через обмен сигналами, причем компоненты входного сигнала принимающего автомата и компоненты выходного сигнала посылающего автомата должны быть согласованы. В частности, при приходе робокары к производственному модулю и ее разгрузке параметры, характеризующие доставленный технологический поддон, должны быть переданы автомату производственного модуля и т.п.

Для практической реализации указанного подхода к имитационному моделированию АПК можно использовать, предложенную в [5] систему имитационного моделирования параллельных структур (СИМПС), структурная схема которой представлена на рис. 5. В состав СИМПС входят монитор, процессные структуры данных, библиотека

подпрограмм операторов (БПО) и подсистема диалога (ПД). Монитор осуществляет формирование множества активных процессов, а также осуществляет управление очередностью системных событий, происходящих в процессе имитации, иначе в каждый момент времени в системе только один процесс может являться активным, то есть таким, в ходе которого выполняются какие-то действия в программной модели. Для данного процесса активные фазы события перемежаются с периодами неактивности, во время которых активными будут другие процессы. Вывод процессов в неактивную или активную фазу осуществляется монитором, который ведет упорядочение (синхронизацию) событий в модельном времени. Монитором используются два основных типа управления: императивное и интеррогативное (пла-

нирование процессов по времени и по условию). Механизм императивного управления включает процессы во временной список, в котором они могут быть упорядочены согласно значению модельного времени T (времени активизация событий, в качестве которых выступают окончание технологических переходов, перемещения робокар и др.). При этом, если все события, назначенные к исполнению на данный момент T , исчерпались, то из списка выбирается процесс с наименьшим значением времени активизации, и цикл имитации повторяется.

Обобщая вышеизложенное, следует сказать, что рассмотренный подход к решению задач оперативного планирования имеет также большой потенциал развития, в частности, обеспечивает возможность перехода к использованию мультиагентных технологий в зада-

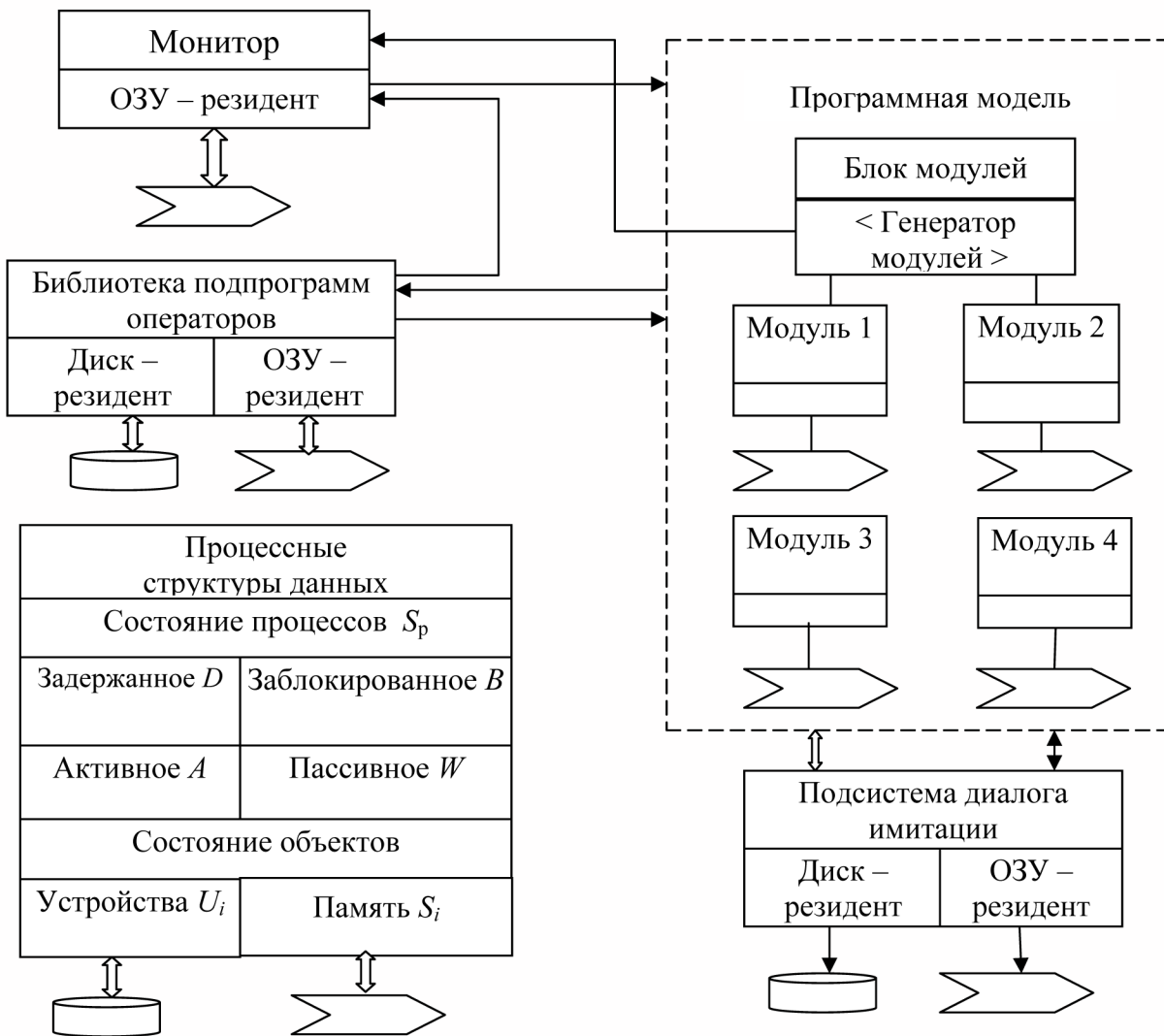


Рис. 5. Структурная схема СИМПС

чах управления машиностроительным производством [6], когда становится очевидным тот факт, что современные требования по обеспечению оперативности в принятии решений по распределению ресурсов, сложность применения единых критериев планирования для разных заказов и ресурсов приводят к необходимости поиска новых методов и средств принятия решений в реальном времени.

В основе мультиагентных технологий лежат принципы распределенного принятия решений, где решение сложной задачи разделяется на подзадачи, которые по возможности решаются автономно, после чего разбираются конфликты между полученными решениями и строится общее решение исходной задачи. Такой подход можно рассматривать как развитие методов динамического адаптивного планирования для оперативного управления ресурсами цехов машиностроительных предприятий. При этом в основе данных методов лежат следующие принципиальные положения [6]:

1) каждый заказ и связанный с ним технологический процесс получают своего программного агента (агент заказа), который считывает описание схемы выполнения заказа из базы данных техпроцессов и создает агенты задач под каждую операцию, а также осуществляет ведение расписания выполнения операций заказа в соответствии с техпроцессом;

2) агент задачи получает требования и ограничения на планирование от агента заказа технологического процесса, после чего агент задачи начинает планирование путем поиска необходимых ему ресурсов в сцене (сцена — объектная модель текущей ситуации в подразделении, определяющая, какой сотрудник, на каком оборудовании, какие работы и в какое время планирует исполнять);

3) если подходящие ресурсы (исполнители) заняты, то фиксируется конфликт и начинается поиск его решения, в частности, путем перемещения технологических операций на другое время или назначения для выполнения операции менее подходящего ресурса (исполнителя). Решающим правилом для изменения плана является условие, по которому сумма всех улучшений должна пре-

восходить сумму всех ухудшений, вызванных конфликтом.

Очевидно, что приведенные базовые положения мультиагентных технологий вполне могут быть реализованы в рамках вышеизложенного подхода к решению задач производственного планирования. При этом то обстоятельство, что обработка протоколов имитационного моделирования, отражающих реальную работу всех производственных элементов АПК, обеспечивает возможность расчета затрат [7] в задачах управления промышленным предприятием, также повышает практическую значимость изложенного материала.

Литература

1. Мизюн В. А. Интеллектуальное управление производственными системами и процессами: принципы организации и инструменты / В. А. Мизюн. — Тольятти: СЦ РАН, 2012.
2. Технологические основы ГПС: Учебник для машиностроительных вузов. / В. А. Медведев, В. Н. Брюханов и др.; Под ред. Ю. М. Соломенцева — М.: Машиностроение, 1991.
3. Васильева Л. Н. Моделирование микроэкономических процессов и систем: учебник / Л. Н. Васильева, Е. А. Деева. — М.: КНОРУС, 2011.
4. Зак Ю. А. Прикладные задачи теории расписаний и маршрутизации перевозок. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
5. Сычев В. А., Шель И. Я. Методы проектирования автоматизированных систем оперативного управления в гибких производственных комплексах: учебное пособие. — Новочеркасск: Изд. НПИ, 1986.
6. Аксенов К. А. Моделирование и принятие решений в организационно-технических системах: учебное пособие в 2 ч. Ч. 1 / К. А. Аксенов, Н. В. Гончарова. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015.
7. Сычева Г. И. Методы учета затрат в задачах управления промышленным предприятием. — Вестник Южно-Российского Государственного Технического университета (НПИ). Серия «Социально-экономические науки». — 2011. — №3. — С. 32–36.



Сычев Василий Анатольевич — доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры «Производственный и инновационный менеджмент» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М. И. Платова.

Sychev Vasliy Anatolievch — doctor of Economics, associate Professor, Professor of the Department «Production and innovation management» of South-Russian state Polytechnic University (NPI).

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
132 Prosveshcheniya st., 346428, Novocherkassk, Russia
Тел.: +7 (8635) 24-31-73; e-mail: sitchev@mail.ru



Сычева Галина Ивановна — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Производственный и инновационный менеджмент» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М. И. Платова.

Sycheva Galina Ivanovna — candidate of economic Sciences, associate Professor, associate Professor of the Department «Production and innovation management» of South-Russian state Polytechnic University (NPI).

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
132 Prosveshcheniya st., 346428, Novocherkassk, Russia
Тел.: +7 (8635) 24-31-73; e-mail: sitchev@mail.ru