

УДК 004.75, 681.5

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА «SMART FACTORY» ДЛЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО И ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ «ТОЧНО В СРОК» И «ПОД ЗАДАННУЮ СТОИМОСТЬ»

© 2014 В.И. Баклашов¹, Д.Н. Казанская¹, П.О. Скобелев², В.Ф. Шпилевой¹, Я.Ю. Шепилов¹

¹ НПК «Разумные решения»

² Самарский государственный аэрокосмический университет

Поступила в редакцию 01.09.2014

Рассматривается новый подход к созданию сетевых интеллектуальных систем управления производством, реализованный на основе мультиагентных технологий. Подобные системы обеспечивают адаптивное управление цехами производства «точно в срок» и «под заданную стоимость» по событиям в реальном времени. Описываются архитектура и основные функции мультиагентной системы Smart Factory. Представлены результаты внедрения системы.

Ключевые слова: *адаптивное управление, мультиагентная система, сетевая архитектура, планирование в реальном времени*

Задача повышения результативности и эффективности управления сложными машиностроительными производствами формирует новые требования к ИТ-системам. В то время как «боевая» обстановка в цехах определяется постоянным потоком новых событий и «вводных» о ходе работ, возможности традиционных MES-систем, рассчитанные на стабильные массовые производства типовых изделий с распределенным на месяц вперед планом операций, оказываются крайне ограниченными в оперативном решении насущных задач. Оценки эффективности применения автоматизированных систем планирования для ряда машиностроительных предприятий показывают ряд негативных последствий:

- перерасход трудозатрат на 30-40% на создание «неактуальных» заделов и скрытые простои ввиду несвоевременного перепланирования с ростом затрат на материалы, ФОТ и др.;
- постоянный дефицит материалов и компонент по «горящим» позициям;

Баклашов Виктор Иванович, эксперт. E-mail: baklashov@mail.ru

Казанская Дарья Николаевна, аналитик. E-mail: kazanskaya@smartsolutions-123.ru

Скобелев Петр Олегович, доктор технических наук, профессор кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов. E-mail: petr.skobelev@gmail.com

Шпилевой Виктор Филиппович, эксперт. E-mail: vshpilevoy@yandex.ru

Шепилов Ярослав Юрьевич, ведущий программист. E-mail: shepilov@smartsolutions-123.ru

- в 80% подразделений-цехах текущее пооперационное планирование «лежит» на «плечах» мастеров и цеховых диспетчеров и определяется полностью ими, а не руководством завода, и др.

В результате на практике для обеспечения выполнения заказов «точно в срок» приходится создавать дополнительный запас заготовок на складе на «время опережения» и фактическая стоимость оказывается выше запланированной, или же выполняют план «точно в срок», но тогда по любой цене, теряя финансовую эффективность из-за изменяющихся факторов производства, колебаний спроса и предложения на рынке и низкой точности самих исходных данных.

В настоящей работе рассматривается новый подход к созданию интеллектуальных систем управления производством, реализованный на основе мультиагентных технологий. В этом подходе для каждого цеха создается собственная система управления производством, которые далее объединяются в сетевую систему (систему систем), и делается переход от методологии каскадного пакетного планирования в одном центре «для всех» подразделений к непрерывному адаптивному планированию каждого с учетом текущего факта. Предлагаемые системы предназначены для адаптивного управления цехами производства «точно в срок» и «под заданную стоимость» по событиям в реальном времени, с переходом «от сборки по складу» к сборке «по сроку установки» с пооперационным планированием, реализуя методологию «бережливого производства». Адаптивность

системы означает, что планирование никогда не останавливается (концепция «живого расписания»), позволяя в непрерывном режиме проводить перепланирование выбранных заказов и ресурсов, на которые оказывают влияние происходящие события (событийная диспетчеризация). План строится динамически и лишь уточняется и корректируется по событиям без остановки в группах агентов, необходимых для обеспечения заданных сроков, без полного пересмотра плана в случае изменений в реальном времени.

Система представляет собой двухуровневую адаптивную p2p сеть (от англ. выражения «peer-to-peer» – «каждый с каждым» и «равный с равным») автономно работающих планировщиков, но способных взаимодействовать для согласования решений:

- уровень стратегического планировщика завода в целом на большой горизонт планирования;
- уровень оперативных планировщиков цехов (обычно до 3-6 месяцев вперед).

В системе создан набор специализированных агентов для машиностроительных предприятий, которые представляют интересы заказов, рабочих, оборудования, операций, инструментов и материалов, учитывая отношения следования между операциями. На входе системы – описания

ресурсов цеха, структуры изделий и технологических процессов, а на выходе – поток сменно-суточных заданий в разрезе сотрудников, оборудования, заказов, потоков создания ценности в непрерывном режиме. Грануляция целевых функций до уровня отдельных агентов позволяет гибко строить планы производства, добиваясь баланса по заданным критериям. Система автоматически в реальном времени осуществляет корректировку производственной программы и планов операций по отдельным сотрудникам по фактам событий. Например, при выявлении брака система автоматически отменяет оставшуюся цепочку операций и создает заказ на предыдущую операцию (реализуя систему «канбан»), а при необходимости перенаправляет потоки создания ценности.

Предлагаемая p2p-сеть построена на базе сервисной архитектуры, в которой каждый планировщик может работать автономно в своем цехе, реагируя на возникающие события, а при необходимости может взаимодействовать с планировщиками других цехов через общую шину данных предприятия или Стратегическим планировщиком при «критических» невыполнениях заданий (рис. 1).

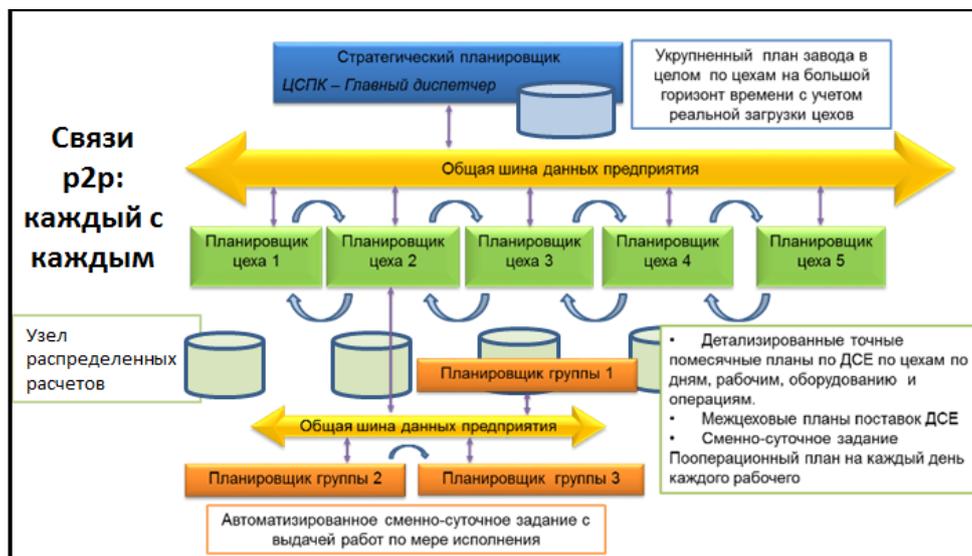


Рис. 1. Архитектура мультиагентной системы «Smart Factory»

Основные функциональные возможности:

- стратегическое объемно-календарное планирование завода в целом с учетом объемов заказов и пропускной способности цехов предприятия; формирование текущего состояния производства «План /Факт / Перепланированный План» в режиме реального времени;
- согласованное оперативное планирование сменно-суточных заданий цехов заготовительного, инструментального, механосборочного, испытательного, ремонтных цехов

- машиностроительного предприятия, автоматическая координация работы между цехами;
- возможность интерактивного включения пользователя в режиме «Перепланирования заданий»;
- прогнозное формирование стоимости операционных затрат и формирование фактических операционных затрат по заказам, цехам, операциям в режиме «реального времени»;
- развитые функции мониторинга планов, подготовка отчетов, интеграция и т.д.

Внедрения системы. Представлены результаты внедрения в ОАО «Ижевский мотозавод», ОАО «АвиаАгрегат», ОАО «Кузнецов» и других предприятиях (рис. 2, 3).

Дата э...	Заказчик	Тип зак...	Дата с...	Состоян...	Номер СТО	Фактически...	Планов...	Трудо...	Предва...	Смена	Наимен...	Номер д...	К...	Вид...	Техно...	Приори...	Ц...
18.11...	Холдинг	внутрен...	31.12...	сдан	БИ1886-5671	30.01.2012	110,37	101,8	52,9	N8012 ...	ПРЕССФ...	ЦТЕА78...	1	12.1...	Закир...	Цеховой	N935
06.05...	Холдинг	ремонт ...	31.05...	заплани...	БИ1836-3661	13.03.2012	35,2301	0	-	N8012 ...	ПРЕССФ...	-	1	-	Закир...	Отсутс...	N935
02.11...	Холдинг	внутрен...	30.11...	сдан	БИ0604-7556	31.01.2012	275,6356	65,9056	160	N8012 ...	ПРЕССФ...	ЦТЕА82...	1	28.1...	Закир...	Цеховой	N935
03.11...	Концер...	внутрен...	28.02...	сдан	БИ0611-3029	31.01.2012	431,4644	383,2604	322	N8012 ...	прессф...	ОБЩ.ПР...	1	17.1...	Голуб...	Заводс...	N965
03.11...	Концер...	внутрен...	29.02...	заплани...	БИ0611-3029/80	13.02.2012	134,43	107,72	17,4	N8012 ...	прессф...	общ.прим.	4	24.1...	Голуб...	Заводс...	N965

Рис. 2. Список событий и заказов

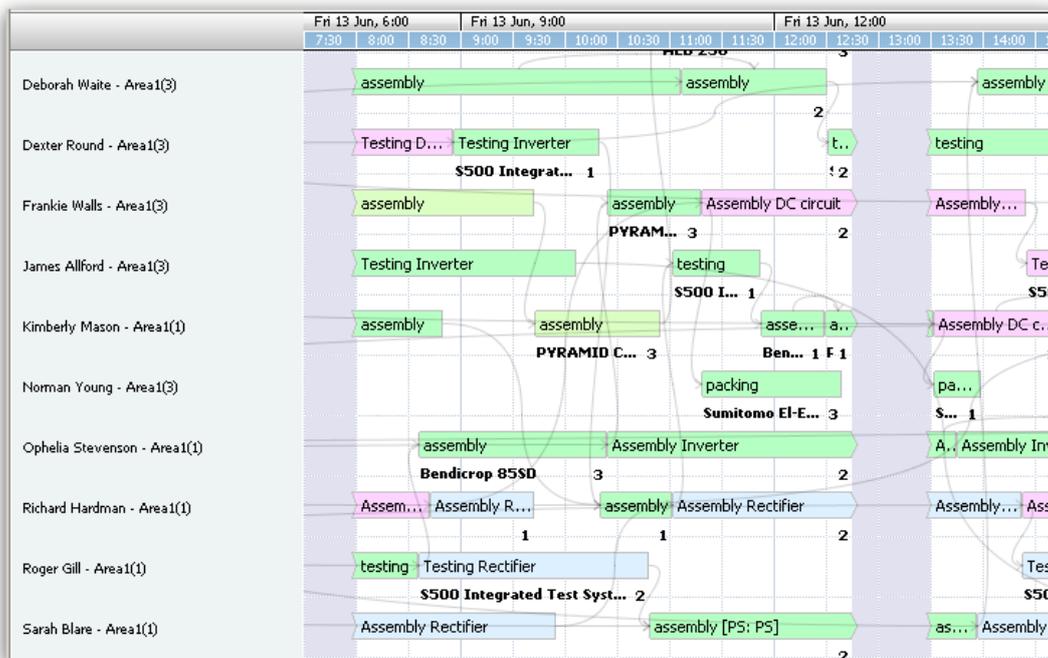


Рис. 3. Очередь событий и график рабочих

Результаты внедрения:

- обеспечивается полная прозрачность работы цехов и существенный прирост выпуска:
 - замеренный и доказанный прирост производства 20-30%;
 - доступность реальной текущей информации: от рабочего до директора;
- обеспечивается возможность выполнения заказов в срок и под заданную стоимость с учетом особенностей текущей загрузки цехов,

- зависимостей технологических операций, возможностей рабочих и оборудования и др.;
- обеспечивается оперативная реакция системы на изменения задач, заказов и перепланирование в реальном времени с формированием прогноза Стратегического плана;
- создается платформа для принципиального изменения качества управления производством, прямого включения сотрудников в реализацию плана и роста эффективности бизнеса.

MULTIAGENT SYSTEM "SMART FACTORY" FOR STRATEGIC AND OPERATIONAL MANAGEMENT OF MECHANICAL ENGINEERING PRODUCTION "JUST IN TIME" AND "UNDER THE SET COST"

© 2014 V.I. Baklashov¹, D.N. Kazanskaya¹, P.O. Skobelev², V.F. Shpilevoy¹,
Ya.Yu. Shepilov¹

¹ SPC "Smart Solutions"

² Samara State Aerospace University

New approach to creation the network-centric intellectual control systems of production management, realized on the basis of multiagent technologies is considered. Similar systems provide the adaptive management of production shops "just in time" and "under the set cost" on events in real time. The architecture and the main functions of multiagent Smart Factory system are described. Results of introduction the system are presented.

Key words: *adaptive management, multiagent system, network-centric architecture, real time planning*

Viktor Balashov, Expert. E-mail: baklashov@mail.ru

Dariya Kazanskaya, Analyst. E-mail:

kazanskaya@smartsolutions-123.ru

Petr Skobelev, Doctor of Technical Sciences, Professor

at the Department of Construction and Design of

Aircrafts. E-mail: petr.skobelev@gmail.com

Viktor Shpilevoy, Expert. E-mail: vshpilevoy@yandex.ru

Yaroslav Shepilov, Leading Programmer. E-mail:

shepilov@smartsolutions-123.ru