Жарков Р.В., Марьин Б.Н., Фролов Д.Н., Быченко В.Н., Волков К.В., Хохлов С.А.
R.V. Zharkov, B.N. Maryin, D.N. Frolov, V.N. Bychenko, K.V. Volkov, S.A. Hohlov

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КРУПНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ НА ЦЕХОВОМ УРОВНЕ

A CONCEPTUAL MODEL OF AN INFORMATION SYSTEM FOR LARGESCALE UNDISTRIAL OPERATIONS MANAGEMENT AT SHOPFLOOR CONTROL LEVEL

Жарков Р.В. – аспирант кафедры «Информационные системы» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета
Mr. R.V. Zharkov — PhD Candidate, Komsomolsk-on-Amur State Technical University.

Марьин Б.Н. – доктор технических наук, профессор кафедры «Машины и технология литейного производства» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета.
Mr. B.N. Maryin — Doctor in Engineering, Professor, Komsomolsk-on-Amur State Technical University

Фролов Д.Н. – доцент кафедры «Информационные системы» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. E–mail: frolov fdn @ rambler.ru
Mr. Vladimir V.Frolov – PhD in Engineering, Associate Professor at the доцент Department of Aviation Technologies, Komsomolsk-on-Amur State Technical University. E–mail: frolov fdn @ rambler.ru

Быченко В.Н. – первый заместитель министра по промышленности транспорту и связи Хабаровского края.
Mr. V.N. Bychenko — First Deputy Minister for Industry, Transport and Communications of the Khabarovsk Krai.

Волков К.В. – директор по производству ОАО «Амурметалл»
Mr. K.V. Volkov — Production director JSC “Amurmetal”

Хохлов С.А. – Генеральный директор управляющей компании ОАО «Амурметалл»
Mr. S.A. Hohlov — Director General of the Management Company JSC “Amurmetal”

Аннотация: В работе дается обоснование концептуального подхода к выбору модели управления крупносерийным производством с учетом особенностей его структурной иерархии в соответствии с уровнями управления на предприятии. Авторами предлагается передавать самостоятельность в реализации функций составления точного расписания работ, диспетчеризации и контроля текущего состояния производства в режиме реального времени цеховой подсистемы. Это – MES-системы (Manufacturing Execution Systems).

Summary: The paper provides a substantiation for a conceptual approach to the choice of a model for mass production management, with regard to its structural hierarchy reflecting management levels in a company. The authors suggest that the independent function of work scheduling, dispatching and real time production monitoring should be delegated to a shopfloor control subsystem. This is a MES-type system (Manufacturing Execution Systems).

Ключевые слова: информационная система, оперативное управление, MES-системы.

Keywords: information system, operational management, MES-system.

УДК 65.011.56

В условиях рыночной экономики одной из важнейших задач отечественной промышленности, особенно на крупных наукоемких предприятиях, является оперативное управление производством. Совершенствование методов управления производством продукции основывается на повышении эффективности и оперативности системы управления, широком использовании современных средств вычислительной техники и автоматизированных информационных систем (ИС) для анализа состояния производства, принимаемых при управлении производством решений и прогнозирования развития производства, использовании научного подхода и мирового опыта к решению проблем управления. С развитием вычислительной техники появились различные классы компьютерных информационных систем [4], одни применяются для управления финансово-хозяйственной деятельностью и выполнения планирования производства для всего предприятия, другие отражают оперативные процессы в производстве и нацелены на управление производственными процессами, составление точных расписаний работы оборудования и оперативное регулирование расписаний из-за возникающих отклонений в ходе производства. Существует класс ИС, целью которых является управление технологическими процессам на автоматизированном оборудовании с числовым программным управлением (ЧПУ).

Для выработки общей концепции информационной системы оперативного управления и планирования производства на крупном предприятии необходимо из всего многообразия классов информационных систем рассмотреть те системы, которые применяются при управлении производством, построить иерархию этих систем в соответствии с уровнями управления на предприятии (см. рис. 1), определить границы их действий и полномочий, функции и взаимосвязь друг с другом.

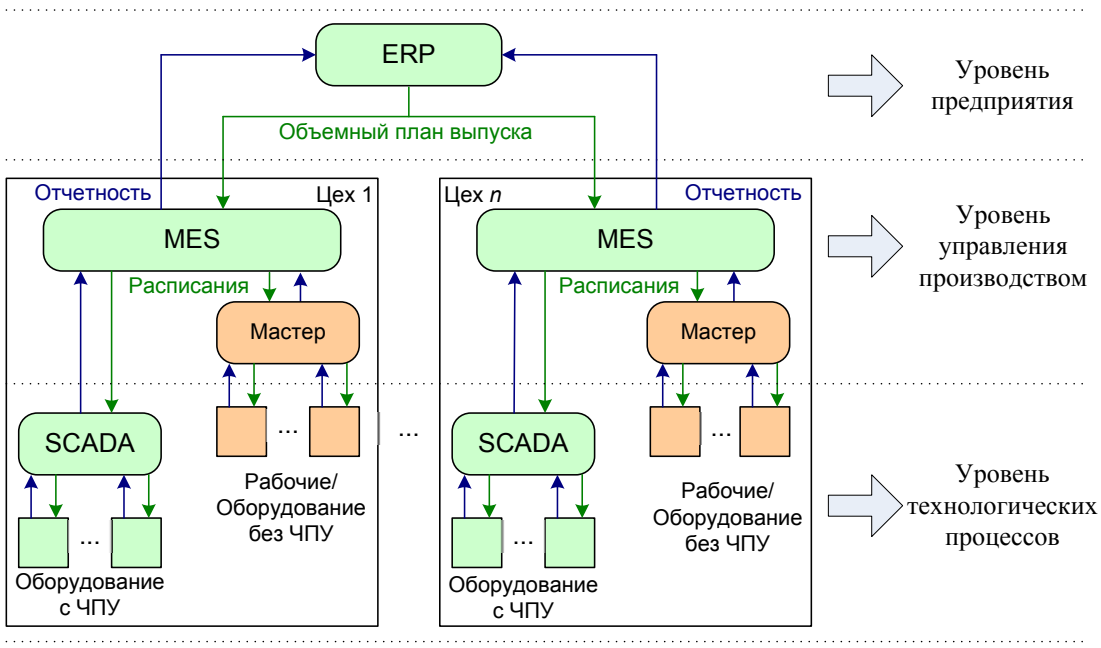

Рис. 1. Трехуровневая система управления на предприятии

Структуру современных автоматизированных систем управления производством на крупном промышленном предприятии можно представить в виде трех уровней информационных систем [3]. На верхнем уровне – уровне управления предприятием – функционирует ERP-система (Enterprise Resource Planning, Планирование ресурсов предприятия). С помощью систем данного класса решаются задачи стратегического характера – управление ресурсами предприятия, укрупненное или объемное планирование. В этой системе для каждого цеха, на основе расцеховки заказов, определяется – сколько и каких машин, узлов и деталей необходимо сделать к определенному сроку. Планирование на верхнем уровне реализовано

по методологии MRP II (Manufactory Resource Planning, Планирование производственных ресурсов) без учета текущего состояния производства, т.е. без учета наличия уже принятых к производству заказов и текущей загрузки производственных мощностей [1]. Время расчета плана на этом уровне достигает нескольких часов, а на крупном предприятии может длиться до суток.

Основными этапами планирования в ERP-системах являются:

1) получение основного производственного план-графика для всего предприятия;

2) планирование потребностей в материалах, мощностях и финансовых ресурсах на основе полученного план-графика производства;

3) контроль выполнения производственной программы производственными подразделениями.

Как только заказы из ERP поступают в цех, то фактически производство становится похожим на «черный ящик» со скрытыми производственными процессами, при этом нельзя точно сказать, к какому сроку будет выполнен тот или иной производственный заказ. Для сложных производств с многоуровневым составом и многотысячной номенклатурой изготавливаемых изделий точность и оптимальность получаемых планов не позволяет говорить об оперативном управлении производством, а выполнение заказов производственными подразделениями становится невозможным в запланированные ERP-системой сроки. Увеличение точности планирования, выполняемого с учетом состояния производства, могло бы привести к невозможности получения плана в разумные сроки. Поэтому лица, принимающие решения на предприятии, не могут использовать данные, получаемые из этих систем в целях оперативного управления, и работа в данных системах носит только учетно-отчетный характер. Следовательно, функции оперативного управления производством должна выполнять отдельная информационная система управления производством, менее нагруженная объемом номенклатуры планирования и находящаяся в самом производстве, т.е. работающая непосредственно в производственных подразделениях. Основными функциями такой системы должны быть составление точного расписания работ в цехе, его диспетчеризация и контроль текущего состояния производства в режиме реального времени.

Объемы работ, распределенные ERP-системой между цехами, в дальнейшем необходимо выполнить на конкретных единицах оборудования, с учетом их переналадок, ремонтов, отказов, транспортных и складских операций, кадрового состава операторов и станочников, других производственных факторов конкретного цеха и возмущений производственной среды. При выполнении объемов работ надо стремиться к тому, чтобы максимально плотно загрузить оборудование и, в то же время, стремиться к высвобождению лишних станков, необходимо так составить расписание работы цеха, чтобы минимизировать незавершенное производство (НЗП). За выполнение этих задач на втором уровне в структуре АСУП отвечает такой класс систем управления производством, как MES-системы (Manufacturing Execution Systems, Производственные исполнительные системы).

Обобщенная структурно-функциональная модель MES-системы, представляющая принцип работы MES-системы, изображена на рис. 2. Основными функциями, составляющими ядро этих систем, являются оперативно-календарное планирование и диспетчеризация производственных процессов в цехах – 5-й и 6-й функциональные блоки соответственно. Именно эти две функции определяют MES как систему оперативного характера, нацеленную на формирование выполнимых расписаний и оперативное управление производственными процессами в цехе. Полученное расписание работ в цехе является информацией, на которой основывается производственная деятельность в цехе.

Оперативность управления определяется быстротой реагирования на возникающие возмущения как во внутренней (отказы оборудования, отсутствие рабочих на рабочем месте, отсутствие технологии или материалов/заготовок в требуемый срок и пр.), так и во внешней (поступление новых заказов, изменение приоритета поступивших ранее заказов и пр.) среде. Показателем оперативности является выполнение цеховых заказов в требуемые сроки в условиях нестабильности как

внешней, так и внутренней производственной среды. Постоянные возмущения во внутренней производственной среде $\vec{W}$ делают невозможным выполнение составленных графиков выполнения работ в цехе, а частое неавтоматизированное перепланирование работ, если такое существует, просто невозможно из-за высокой частоты возникновения этих возмущений. Поступление срочных заказов, представляющих внешние возмущения производственной среды и изображенных пунктирной линией от функционального блока «Получение заказов цехом», требует оперативного изменения в графике работ цеха, что также влечет за собой перепланирование работ. Следовательно, любое составленное расписание работ оказывается невыполнимым без быстрой оперативной корректировки. Поскольку системы MES относятся к классу систем оперативного управления производством и в них имеется модуль диспетчеризации производства, то это снимает ряд проблем, связанных с возмущениями производственной среды. Система с заданным интервалом времени проверяет текущее состояние производства и при обнаружении отклонений $\Delta\vec{S}$ может перепланировать составленное ранее производственное расписание. Следует отметить, что автоматическое перепланирование расписания целесообразно осуществлять только при возникновении критических отклонений, влекущих срыв сроков выполнения заказов цехом, в остальных ситуациях решение о перепланировании принимает диспетчер или плановик цеха, но в любом случае лицо, принимающее решение, получит уведомление от системы о возникшем отклонении. По сравнению с ERP-системами, работающими по принципу выталкивающего планирования и выдающими жесткие директивные планы, MES-системы работают по принципу вытягивающего планирования, т.е. оперативно корректируют планы в процессе их исполнения.

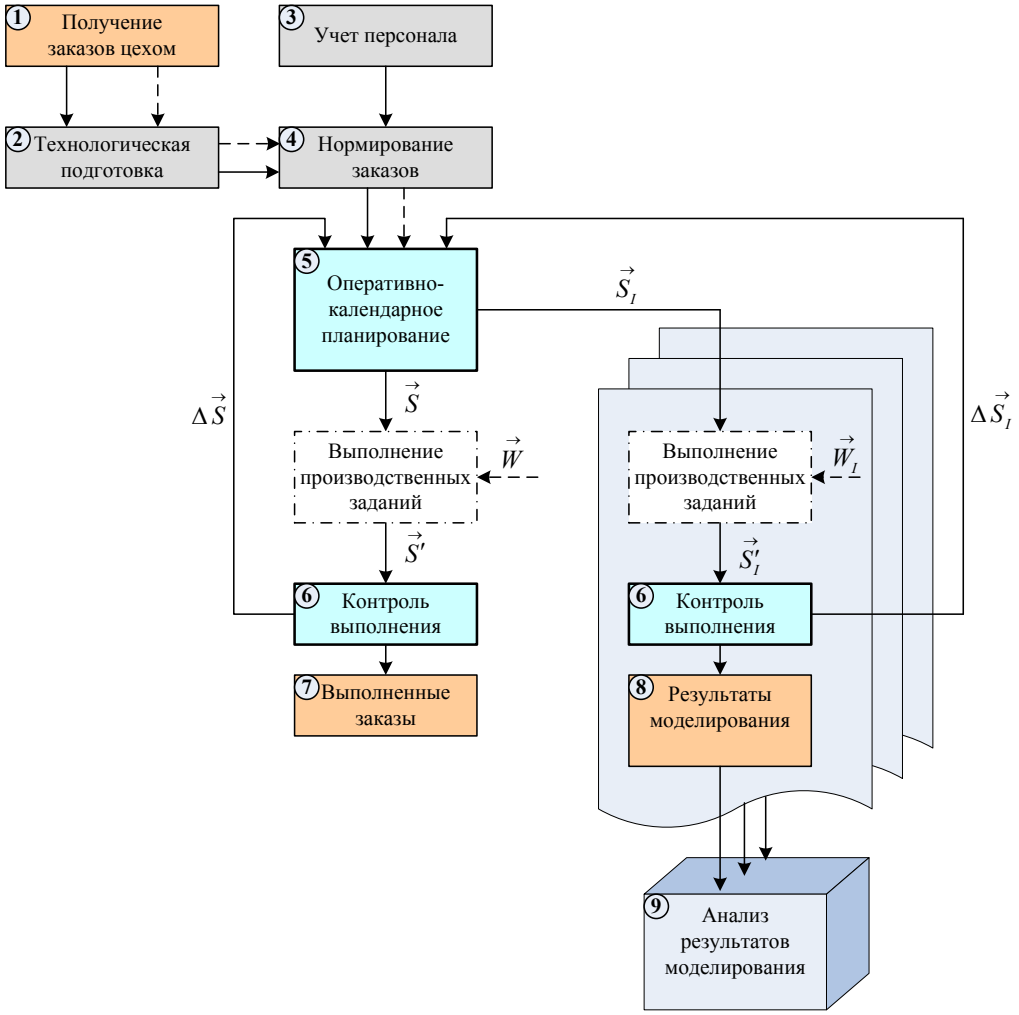

Рис. 2. Обобщенная структурно-функциональная модель MES-системы

На выполнимость составленного в MES-системе расписания работ, кроме возникающих внутренних и внешних возмущений, в значительной степени влияет подготовка производства. Если рабочие места к началу выполнения операций не будут обеспечены требуемым материалом, необходимыми приспособлениями, технологией, чертежами, то перепланирование будет только сдвигать вперед время выполнения таких операций, пока все требования к началу производства не будут удовлетворены. Но в ситуациях, когда эти требования невозможно удовлетворить в разумные сроки, MES-система не несет ответственности за возможный срыв сроков выполнения заказов. Система лишь может уведомить лицо, принимающее решение, о причине невыполнения операции и срыва сроков по заказу, что позволяет оперативно отреагировать и принять определенные управленческие решения для разрешения сложившейся ситуации.

Таким образом, производство становится более прозрачным, выявляются истинные причины невыполнения производственных заказов в сроки, появляется возможность руководству осуществлять непосредственный контроль хода выполнения производственной программы цехом и принимать заранее различные организационные и управленческие решения.

Управление производством в MES-системе носит оперативный характер, поэтому к пользователям системы предъявляются повышенные требования к оперативности внесения информации о событиях, происходящих в реальной производственной системе. Данное требование обусловлено необходимостью постоянного поддержания текущего состояния производства в информационной модели реальной производственной системы. Поскольку система работает всегда с реальными оперативными данными, то внесение в работающую модель системы любых изменений сказывается на дальнейшем ходе реального производства. В производстве может возникнуть ситуация, когда переданный цеху объем заказов не может быть выполнен в установленные сроки из-за ограниченности мощностей или цех внезапно получает срочный заказ, что также невозможно выполнить в требуемый срок на имеющихся мощностях. Тогда для выполнения такой задачи лицу, ответственному за выполнение плана производства цехом, необходимо искать пути выхода из сложившейся ситуации, например, привлекать рабочих на сверхурочную работу, увеличивать установленную сменность в цехе или на отдельном участке с одной смены до двух или трех, вводить дополнительные единицы оборудования. Причем не всегда с полной уверенностью можно сказать, что принимаемые меры окажутся достаточными. При принятии таких решений есть риск принять как недостаточные меры, вследствие которых все равно невозможно будет выполнить план, так и избыточные, которые приведут к лишним издержкам. Но определенно точно можно сказать, что результат будет виден только по итогам производства, а цена ошибки будет дорого стоить.

Принять правильное управленческое решение можно только при наличии оперативной достоверной информации и если человек, принимающий решения, будет знать о последствиях принятого решения. Выполнение первого условия обеспечивают модули MES-системы оперативно-календарное планирование и диспетчеризация. Удовлетворение второго условия возможно при использовании имитационного моделирования. С помощью этого научно-обоснованного метода оценок характеристик сложных систем можно получить прогноз состояния производственной системы с заданными начальными условиями [2]. Здесь речь идет о модуле MES-системы, который расширяет функциональные возможности этой системы и является источником знаний для принятия правильных и научно-обоснованных управленческих решений. Данный модуль позволит пользователю создавать несколько копий конфигурации и данных реальной производственной системы и экспериментировать с этими копиями, изменяя параметры конфигурации, например, добавляя смены, увеличивая продолжительность рабочего дня, вводя в эксплуатацию дополнительные единицы оборудования, изменяя критерии оптимизации построения расписания работ, вводя или убирая какие-либо ограничения в модель производственной системы и т.д. Под конфигурацией реальной производственной системы понимается совокупность параметров, определяющих функционирование системы, и характеристик, отражающих реальное состояние производственной

системы. После выполнения необходимых настроек проводится эксперимент над сконфигурированной копией в имитационной модели системы указанное количество раз. Целью эксперимента является оценка основных характеристик производственной системы, одними из которых являются выполнимость плана, загруженность оборудования и персонала, затраты производства и др., а также выявление причин возможного невыполнения плана. После этого анализ результатов эксперимента в виде рассчитанных параметров производственной системы, которые дают представление последствий принятия управленческих решений, предъявляется лицу, принимающему эти решения, для уверенного и научно-обоснованного их принятия применительно к реальной производственной системе. Возможность проводить эксперименты с копиями конфигурации и данных реальной системы с другой стороны определяет MES-систему как систему поддержки принятия решений при управлении производством.

Особенностью MES-систем является то, что они являются предметно-ориентированными для металлургии, машиностроения, деревообработки, полиграфии и пр., поэтому они тесно связаны с производственными процессами, которыми управляют, и для получения наибольшего эффекта от работы этих систем в их моделях должны быть максимально отражены особенности производства и технологий производственных процессов. Поиск оптимального расписания должен учитывать выбранные критерии оптимизации, соответствующие особенностям производства, в котором работает или должна работать MES-система. Использование модуля имитационного моделирования предъявляет еще более жесткие требования к адекватности модели производственной системы реальному объекту производства. В противном случае использование результатов имитационного моделирования неадекватной реальному объекту модели приведет лицо, принимающее решения, к заблуждению и принятию неправильного решения.

MES-системы играют важнейшую роль в повышении эффективности и оперативности управления производством, принятии правильных управленческих решений на основе своевременной и достоверной информации. Эти системы являются наиболее сложной частью общей системы управления предприятием, недостающим звеном оперативного управления и завершающим этапом планирования производства на предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методология планирования MRP II и MRP II-системы. http://www.e-commerce.ru/biz_tech/implementation/management/metod_mrpII.html
2. Советов, Б.Я. Моделирование систем : учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.
3. Фролов, Е.Б. Оперативно-календарное планирование и диспетчирование в MES-системах. Часть I / Е.Б. Фролов, Р.Р. Загидуллин. http://erpnews.ru/doc2937.html.
4. Фролов Е.Б. MES-системы, как они есть или эволюция систем планирования производства. Часть II. / Е.Б. Фролов, Р.Р. Загидуллин. http://erpnews.ru/doc2593.html.