

УДК 658.5

ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В УСЛОВИЯХ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ЕДИНИЧНОГО И МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Балясов Ю.А.

*Конструкторское Бюро «Арматура» — филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева,
ул. Социалистическая, 22, Ковров, Владимирская обл., 601909, Россия
e-mail: ubalyasov@mail.ru*

Предметом данной работы являются организация, анализ и представление данных о состоянии производственных процессов машиностроительного предприятия в условиях мелкосерийного и единичного производства с целью их мониторинга и принятия управленческих решений со стороны руководства. В статье намечен подход к созданию системы информационного сопровождения такого рода процессов; выявлены этапы формирования информации, характеризующей подготовку производственного заказа к запуску; обозначены контрольные точки, в которых целесообразно проводить замеры состояния изготовления; предложены показатели, на базе которых может быть построена система мониторинга за выполнением заказа. Отдельное внимание уделено методике оперативно-производственного планирования на основе сетевых графиков, а также преимуществам аналитической обработки в режиме реального времени (OLAP-технологий) для предоставления руководству предприятия точной и объемной картины хода производства.

Ключевые слова: информационные технологии, мелкосерийное производство, ключевые показатели эффективности, сетевые графики, мониторинг, OLAP.

Постановка задачи

Налаженная система управления производством составляет основу эффективной работы любого современного промышленного предприятия. Особую значимость такая система приобретает в случае предприятий с единичным и мелкосерийным производством, для которых характерны разнообразие номенклатуры выпускаемой продукции, ее частая сменяемость, сжатые сроки изготовления. В подобных условиях отсутствие оперативной информации о ходе производства ведет к затягиванию производственного цикла и срыву сроков выполнения заказа. Представленные на рынке программные средства, предназначенные для промышленного мониторинга, как правило, не учитывают специфику единичного и мелкосерийного производства и имеют ограниченную функциональность, не позволяющую решать более широкий круг производственных задач.

Настоящая работа имеет целью наметить основные подходы к созданию системы мониторинга за

состоянием изготовления изделий, адаптированной к условиям многономенклатурного мелкосерийного производства и позволяющей на единой методологической и информационной основе предоставлять данные о ходе производства, способствовать принятию управленческих решений и сокращению длительности производственного цикла.

Для достижения поставленной цели предполагается:

- разработать систему показателей состояния изготовления заказа в установленных контрольных точках;
- определить ключевые показатели эффективности, используемые для оценки производственной деятельности;
- предложить метод организации, анализа и представления данных о состоянии изготовления для оперативного мониторинга производственных процессов.

Организация информационного сопровождения хода производства

Общие положения

Реализация мониторинга за состоянием изготовления продукции предполагает организацию на предприятии информационного сопровождения хода производства, которое представляет собой сбор и визуализацию в режиме реального времени данных, появляющихся на всех стадиях жизненного цикла продукции [1]. В общем виде эти информационные потоки изображены на рисунке.

На начальном этапе в систему поступает исходная (плановая) информация о заказе, которая впоследствии составит основу оперативно-производственного планирования. Фактическая информация о состоянии изготовления фиксируется в течение жизненного цикла изделия и, соотнесенная с плановой, служит целям мониторинга, по результатам которого, в свою очередь, производится корректировка производственного плана.

При разработке информационного сопровождения хода производства следует стремиться к тому, чтобы вся необходимая для мониторинга информация попадала в систему по факту исполнения стандартных рабочих функций. Для ее появления не должны быть задействованы специальные усилия и дополнительные кадровые ресурсы; она должна возникать именно в той точке, где имел место факт производства, и силами того исполнителя, который фиксировал этот факт согласно внутренним стандартам предприятия до внедрения информационной системы.

Формирование информации на основных стадиях жизненного цикла

Подготовку заказа к запуску в производство можно разбить на четыре этапа.

1. *Разработка и ввод в систему конструкторско-технологической документации (КТД).* Разработанная в конструкторском отделе документация дополняется информацией о составе заказа, маршрутах прохождения деталейсборочных единиц (ДСЕ), размерах единичной заготовки, материалах, материальных нормативах, дополнительных технологических требованиях и количестве технологических образцов-свидетелей; производится расчет размера и количества групповых заготовок, а также количества материальных ресурсов. Данная информация определяет потребность заказа в материальных ресурсах.

2. *Постановка нового изделия в производственный план.* Назначается плановый срок выполнения заказа, становящийся точкой отсчета для вычисления сроков прохождения изделием промежуточных этапов жизненного цикла.

3. *Разработка и ввод в систему пооперационно-трудовых нормативов (ПТН).* Разрабатываются маршрутные технологические процессы (МТП), для которых на основе анализа опытно-статистических данных назначаются ПТН. На данном шаге появляется информация о трудоемкости выполнения заказа.

4. *Поддержка базы данных, отражающей структуру предприятия и кадровый состав.* Данная информация позволяет оценивать загрузку производственных подразделений.

Оперативно-производственное планирование на основе сетевых графиков

Информация, появляющаяся на описанных выше стадиях подготовки заказа к запуску, позволяет рассчитать сроки изготовления позиций заказа с учетом вхождения в сборки и построить на их основе сетевой график, который ляжет в основу оперативно-производственного планирования. В

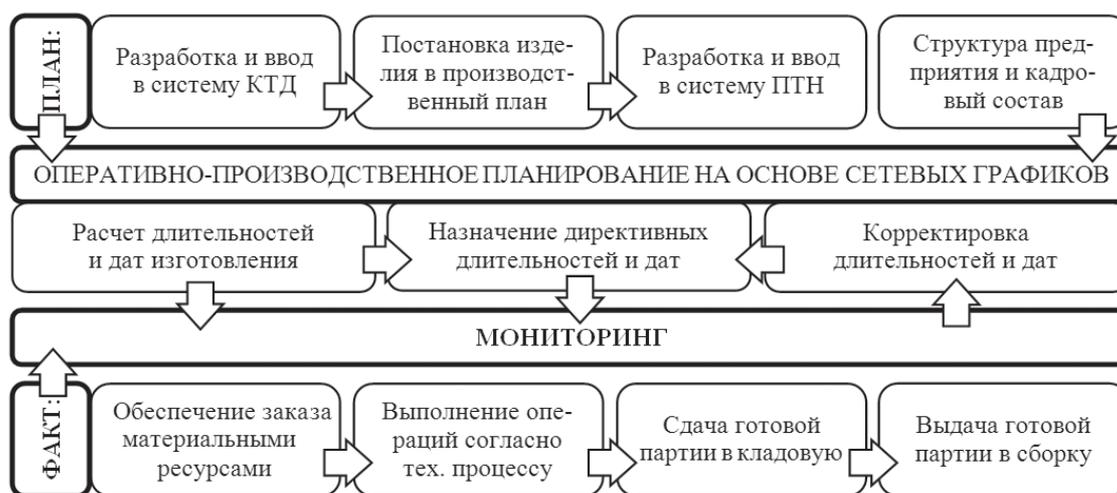


Схема информационного сопровождения хода производства

данном процессе можно выделить несколько основных этапов.

1. *Расчет календарной длительности изготовления партии*, которая складывается из машинного времени изготовления, длительности ненормируемых операций МТП и времени межоперационного пролеживания. Длительность ненормируемых операций определяется по итогам анализа затрат, исходя из процентного отношения согласно калькуляции себестоимости продукции. В основе вычисления межоперационного пролеживания также лежит анализ статистики.

2. *Корректировка длительности при условии сжатых сроков изготовления*. Получившаяся в результате расчета календарная длительность партии анализируется в ракурсе схемы сборки. В зависимости от того, какие детали должны быть изготовлены к началу определенных операций сборочного процесса, по согласованию с руководством сборочного цеха и испытательной станции производится корректировка расчетной длительности. Для того чтобы сделать возможным сокращение сроков изготовления, привлекаются такие дополнительные ресурсы, как увеличение числа рабочих мест, многосменный режим работы, работа в сверхурочное время. Информация о каждой корректировке сроков изготовления, имеющей место на этом или последующем этапах, сохраняется в электронном виде.

3. *Определение расчетных дат изготовления*. На основании рассчитанных длительностей определяются расчетные даты основных этапов производственного цикла: обметалливания, комплектации, начала сборочных работ, начала испытаний. Существуют две методики определения сроков: прямая (соответствует «выталкивающему» механизму управления производством), при которой даты откладываются от предполагаемого начала изготовления, и обратная («вытягивающая»), при которой даты рассчитываются исходя из сроков его окончания [2]. Прямая методика задействуется на этапе составления договора и обоснования сроков поставки заказа; обратная применяется для расчета сроков запуска в производство. В результате применения второй методики расчетная дата начала изготовления может оказаться меньше текущей. В этом случае длительность изготовления корректируется в сторону сжатия согласно принципам, изложенным в п. 2.

4. *Корректировка дат в процессе изготовления*. В процессе изготовления руководство предприятия готовится к оперативно-производственным совещаниям, анализируя с помощью системы отчетов информацию об отставании хода производства от-

дельных позиций заказа от расчетных сроков. На основании этой информации принимаются управленческие решения по «расшивке» узких мест. Если проблемные позиции не лежат на критическом пути, то сроки по ним переносятся вправо, в противном случае происходит корректировка длительности за счет привлечения дополнительных ресурсов. Эта корректировка оформляется в виде предложений со стороны линейных руководителей, которые назначают даты для отстающих позиций. Руководители высшего ранга анализируют эти предложения и подтверждают их или назначают собственные директивные даты. При этом руководству доступна информация о ходе изготовления проблемной позиции на протяжении всего производственного цикла, от ее обеспечения материальными ресурсами до выполнения основных операций МТП. Данная информация позволяет сделать вывод о причинах отставания.

Этапы производственного цикла

Фактическая информация, отражающая ход изготовления, появляется в процессе производства и также может быть разделена на отдельные этапы. Факт прохождения очередного этапа будет использоваться в процессе мониторинга.

1. *Обеспечение позиций заказа материальными ресурсами* [3, 4].

Ключевыми точками на данном этапе являются:

- адресные электронные оповещения о готовности изделия к запуску в производство и необходимости подбора материальных ресурсов;
- подбор наличного материала под позиции заказа и оформление электронного документа, служащего основанием для выдачи материала со склада;
- подтверждение ответственными службами соответствия требуемого и предложенного материала или допустимости замены;
- формирование электронных запросов на выдачу подобранного материала со склада и подтверждение со стороны кладовщика готовности произвести эту выдачу;
- печать сопроводительной документации;
- получение материала и его выдача в работу;
- передача заготовок на участки (термический, гальванический) при каждом цехозаходе, осуществляемая на основании электронного рапорта-накладной.

2. *Выполнение механообрабатывающих операций МТП*.

На стадии механообработки можно выделить следующие ключевые точки:

— распределение операций поступившего на участок МТП между рабочими с электронной фиксацией времени начала и окончания каждой работы [5];

— предъявление изготовленной партии на контроль (в т.ч. входной контроль при сдаче готовых деталей в комплектовочную кладовую (КК)) и электронная регистрация результатов контроля;

— в случае выявленных несоответствий — сканирование листа замечаний, ввод в систему информации о причинах возврата и виновниках.

3. Сдача готовой продукции в КК.

4. Выдача ДСЕ для комплектации сборки.

Процесс прохождения изделием производственного цикла с детализацией ключевых точек на каждом из этапов и с указанием служб, ответственных за появление информации, подробно рассмотрен в работе [6].

Ключевые показатели эффективности

Мониторинг процесса изготовления предлагается построить на основе системы ключевых показателей эффективности, используя в их качестве две группы критериев оценки производственной деятельности, характеризующих:

1. Соответствие хода изготовления изделия контрольным срокам, среди которых можно выделить:

— плановые сроки выполнения заказа, назначенные планово-экономическим отделом;

— расчетные сроки промежуточных этапов изготовления изделия, вычисленные на основе плановых сроков и трудоемкости операций МТП;

— директивные сроки, назначенные руководством для отдельных ДСЕ.

2. Объем производства, выраженный в количестве партий и нормо-часах:

— остаточный объем — количество партий (нормо-часов), оставшихся до завершения группы заказов, включенных в план анализируемого периода; используется для оценки объема предстоящих работ;

— остаточный необметалленный объем — количество партий (нормо-часов) по группе заказов, включенных в план периода и не обеспеченных на текущий момент материалом; используется для выявления партий, не достигших основного производственного участка;

— фактический объем за период — количество партий (нормо-часов), изготовленных в текущем плановом периоде; используется для анализа объемов текущего планового периода, а также ритмичности выполнения работ.

Мониторинг

В результате описанных выше процессов в информационной системе аккумулируются, с одной стороны, плановые сроки основных промежуточных этапов изготовления позиций заказа, а с другой — факт прохождения изделия через эти этапы в процессе производства. Аналитическое сопоставление данных из этих массивов служит базой для принятия управленческих решений о «расшивке» узких мест, а также может быть использовано при составлении производственного плана.

В современной практике для решения задачи анализа параметрической информации с целью поддержки процессов принятия решений хорошо зарекомендовала себя концепция аналитической обработки в режиме реального времени (OLAP), в основу которой положен принцип представления данных в виде многомерной матрицы (гиперкуба) [7]. Применение этой концепции целесообразно и в тех случаях, когда анализируемой предметной областью является промышленное производство. В соответствии с изложенной выше моделью в качестве осей гиперкуба использованы следующие параметры:

— *Время*. Интерес для анализа могут представлять агрегированные данные за отдельные периоды — неделю, месяц, квартал, год. Будущие сроки используются с целью планирования работ, текущие — для оценки отставания.

— *Уровни управления*. Мониторинг за ходом производства — задача руководителей разного ранга, в ведении которых находятся участки производства, производственные подразделения или всё предприятие. Руководитель, выбрав соответствующий уровень управления, получает сводку показателей, характеризующих состояние работ в подведомственной ему структурной единице.

— *Позиции заказа*. Мониторингу подлежат как отдельные позиции заказа, так и сами заказы, в том числе объединенные по темам.

— *Оборудование*. Загрузка оборудования по операциям МТП позволяет определить пропускную способность структурной единицы предприятия за выбранный период в разрезе позиций заказа. Основанием для оценки служит показатель «мощности», представляющий собой производственные возможности структурных единиц (с учетом индивидуальной выработки ПТН), пересчитываемые ежедневно на срок, оставшийся до конца отчетного периода.

На пересечении этих измерений расположены описанные выше ключевые показатели эффективности, характеризующие объем производства: нормо-часы или выраженные в количественном отношении объемы партий.

Кроме того, в процессе мониторинга используются режимы фильтрации данных, позволяющие сужать номенклатуру и оценивать объем, например, только позиций заказа, не обеспеченных металлом или не сданных в КК. Особый интерес представляет трудоемкость позиций, отстающих от плановых сроков изготовления; их выбор также должен быть доступен в отдельном режиме. Другая актуальная подзадача мониторинга — анализ позиций заказа «под сборку», т.е. либо готовых к сдаче в КК (в таких позициях отсутствуют остаточные нормочасы), либо близких к завершению (остаточная трудоемкость составляет меньше 1% от плановой).

Инструменты OLAP предоставляют пользователю широкие возможности для конструирования отчетов на основе различных сочетаний параметров и фильтров. Между тем, целесообразно закрепить наиболее востребованные стратегии анализа в серии готовых отчетов, имеющих более сложную структуру, чем просто факты и агрегаты данных на пересечении осей измерений. Дополненные подробной информацией о состоянии обметалливания, механообработки, о результатах технического контроля, такие отчеты предоставляют руководству более точную и объемную картину хода производства — гибко организованный аналитический материал для принятия решений в режиме реального времени.

Выводы

Предложен метод информационного сопровождения и мониторинга производственных процессов, адаптированный к условиям многономенклатурного мелкосерийного производства и позволяющий:

- систематизировать и анализировать информацию о состоянии выполнения заказов;
- в режиме реального времени замерять в контрольных точках значения показателей выполнения заказа;
- управлять производственным процессом на любом уровне, от мастера смены до директора предприятия;
- оценивать плановую загрузку производственных мощностей.

Описанные в данной работе алгоритмы организации производственных процессов внедрены в КБ «Арматура» — филиале ФГУП ГКНПЦ им. М.В. Хруничева (г. Ковров); процедуры оперативно-производственного планирования и мониторинга в настоящее время проходят опытную апробацию. В результате частичного внедрения методики удалось за счет снижения межоперационного пролеживания достичь сокращения длительности про-

изводственного цикла; наблюдается тенденция к дальнейшему снижению этого показателя.

Результаты работы могут быть использованы на предприятиях с высокой долей заказов опытно-конструкторского назначения, в составе которых ведется изготовление опытных образцов продукции (по типу конструкторского бюро с опытным заводом).

Библиографический список

1. Баронов В.В., Калянов Г.Н., Попов Ю.И., Рыбников А.И., Титовский И.Н. Автоматизация управления предприятием. — М.: Инфра-М, 2000. — 239 с.
2. Михайлова Э.А., Сбитнев С.Н. Вытягивающий механизм управления производством на предприятии авиадвигателестроения // Вестник Московского авиационного института. 2012. Т. 19. № 5. С. 233-242.
3. Балясов Ю.А. Организация работ по обеспечению механосборочного цеха материальными ресурсами при позаказной системе планирования // XL Академические чтения памяти академика С.П. Королева: Сборник тезисов. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. С. 209.
4. Рассолов Т.В., Фаткин А.А., Рулева Т.В., Балясов Ю.А. Организация бизнес-процесса и переход к электронному документообороту на этапе обеспечения заказа материальными ресурсами // Труды XXXVI академических чтений по космонавтике «Актуальные проблемы российской космонавтики» (Москва, 24-27 января 2012). — М.: Комиссия РАН по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства, 2012. С. 410.
5. Милаев В.А., Фаткин А.А., Рулева Т.В., Балясов Ю.А. Электронный лицевой счет в системе управления производством // Технологии интегрированных автоматизированных систем в науке, производстве, образовании: Сборник статей. / Под ред. проф. А.В. Цыrkова. — М.: Издательско-типографский центр МАТИ, 2010. № 4. — 44 с.
6. Балясов Ю.А. Информационное сопровождение производственных процессов как база для мониторинга за ходом изготовления в условиях единичного и мелкосерийного производства // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2016. № 1(161). С. 69-73.
7. Дли М.И., Стоянова О.В. Технология динамического контроллинга в промышленности // Прикладная информатика. 2006. № 1. С. 59-64.

PRODUCTION MANAGEMENT IN CONDITIONS OF MULTIPRODUCT SINGLE-PART AND SHORT-RUN PRODUCTION

Balyasov Yu.A.

*Design Bureau "Armatura" - branch GKNPTs im. M.V. Khrunichev,
22, Sotsialisticheskaya str., Kovrov, Vladimir region, 601909, Russia
e-mail: ubalyasov@mail.ru*

Abstract

The scope of the article is production monitoring system developing at the machine-building enterprise in conditions of single-part and short-run production, allowing data provision of production progress, contribution to managerial decisions effectiveness increase and production lead-time reduction.

This goal implies organization of a production processes information system at the enterprise that accumulates initial order information, such as engineering and design documentation, route technological processes, operational labor standards. This data allows calculate a period of execution of works (with account for product structure) and draw an activity network as the basis for the day-to-day production planning. Actual production data is fixed in the strategic points relating to such production stages as resource supply, mechanical processing, finished items transfer to the picking store and to further assembly process. Analytical comparison of the initial and actual data serves as the basis for the management decision-making concerning de-bottlenecking and can be used in production scheduling.

It is supposed to use two groups of Key Performance Indicators (KPI) of production activity that characterize:

- the conformity of production progress with planned, estimated and directive periods of execution of entire work as well as intermediate production stages;
- production volume expressed in terms of production lots quantity or standard hours of work that makes it possible to estimate the current and coming labor content as well as production continuousness.

The key feature of the procedure is that all the data necessary for the monitoring is formed automatically with execution of standard working functions of a person responsible for their execution, disposing of the difficulty to obtain additional manpower resources.

This system serves as the basis for the production processes operative monitoring adapted to the single-part and short-run environment. It allows:

- systematize and analyze the real-time data on the basis of measurement of the strategic points that specify the execution of order;

- control the process on every level, from foreman to general manager;

- estimate the planned machine utilization.

This technology of production data organization is implemented at the DB "Armatura"-branch of FSUE "Khrunichev SRPSC"; the day-to-day production planning and monitoring algorithms are being tested. As a result of the partial implementation of the procedure there is a tendency to reducing of the throughput time. The suggested technology can be used at manufacturing enterprises with a high level of experimental development, such as engineering departments with a pilot plant.

Keywords: information technologies, small-scale production, KPI, network diagram, monitoring, OLAP.

References

1. Baronov V.V., Kalyanov G.N., Popov Yu.I., Rybnikov A.I., Titovskii I.N. *Avtomatizatsiya upravleniya predpriyatiem* (Automation of enterprise management), Moscow, Infra-M, 2000, 239 p.
2. Mikhailova E.A., Sbitnev S. N. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*, 2012, vol. 19, no. 5, pp. 233-242.
3. Balyasov Yu.A. *XL Akademicheskie chteniya pamyati akademika S.P. Koroleva. Sbornik tezisev*, Moscow, MGTU im. N.E. Baubana, 2015, p. 209.
4. Rassolov T.V., Fatkin A.A., Ruleva T.V., Balyasov Yu.A. *Trudy XXXVI akademicheskikh chtenii po kosmonavtike "Aktual"nye problemy rossiiskoi kosmonavtiki" (24-27 January 2012)*, Moscow, 2012, p. 410.
5. Milaev V.A., Fatkin A.A., Ruleva T.V., Balyasov Yu.A. *Tekhnologii integrirovannykh avtomatizirovannykh sistem v nauke, proizvodstve, obrazovanii, Sbornik statei*, Moscow, 2010, no. 4, 44 p.
6. Balyasov Yu.A. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve*, 2016, no. № 1(161), pp. 69-73.
7. Dli M.I., Stoyanova O.V. *Prikladnaya informatika*, 2006, no. 1, pp. 59-64.