

УПРАВЛЕНИЕ РАСПИСАНИЕМ МНОГОСВЯЗНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

**В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, А. А. Терехова,
М. В. Лемкина, С. Н. А. Аль Кифер, М. А. Д. Аль Амиди**

*Кафедра «Информационные процессы и управление»,
terehova.aa@mail.tstu.ru; ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия*

Ключевые слова: информационные потоки; многосвязное производство; программный комплекс; расписание; управление; цифровизация.

Аннотация: Рассмотрена разработка цифровой системы управления, позволяющей формировать расписание многосвязного производства на внутрицеховом уровне, оперативно отслеживать изменения производственной среды и вносить своевременные коррективы в производственное расписание. Приведены требования к разрабатываемой системе, раскрыты выполняемые ею функции, для реализации которых исследовали информационные потоки между подразделениями предприятия, участвующими в формировании производственного расписания. Дано описание входной и выходной информации системы управления расписанием многосвязного производства. Показаны структура программного комплекса в виде DFD-диаграммы, внешние сущности, главные процессы и подпроцессы. Дано описание основных особенностей и возможностей системы управления расписанием многосвязного производства.

Введение

Объектом управления в работе является многосвязная производственная система [1 – 7]. Цель работы – цифровизация процесса составления производственного расписания, оптимального с учетом ряда критериев, обеспечение мониторинга и диспетчеризации производства, сбор и хранение данных о ходе производства и состоянии производственных ресурсов.

Сущность задачи составления производственного расписания на предприятии заключается в следующем. Задано несколько типов различных изделий, которые должны быть изготовлены на предприятии. Для каждого изделия либо детали описана технология обработки, отражающая совокупность всех операций и взаимосвязь между ними, которую можно представить в виде сети для изделия, агрегата или узла, либо линейной структуры для детали. По каждой операции указано время ее выполнения, вид и количество трудовых и материальных ресурсов. В качестве таких ресурсов могут рассматриваться группы и отдельные единицы оборудования, бригады, рабочие, специальная оснастка, производственные площадки и т.п. Ресурсы, используемые для изготовления продукции, объединены в группы, включающие полностью либо частично взаимозаменяемые единицы. Каждая единица характеризуется собственным коэффициентом производительности.

Сформулирован ряд производственных ограничений, отражающих характер и тип производства, форму специализации, специфику технологических процессов, организационную структуру. Заданы правила, позволяющие сопоставлять различные варианты составления производственного расписания.

Требуется определить оптимальное производственное расписание: какие работы, из принятых заказов, будут выполняться, на каком оборудовании, в каких цехах и сколько времени, с тем чтобы сроки завершения выполнения заказов были выполнены.

Решение задачи цифровизации составления расписания на внутрицеховом уровне позволит рассчитать реальную себестоимость в соответствии с фактическими затратами, заработную плату согласно выполненной работе.

Задачи системы управления расписанием многосвязного производства

Функции, задачи и представление данных по составлению расписания производства во многом зависят от типа производства. Задачи составления производственного расписания можно представить в виде двух взаимосвязанных блоков: объемно-календарного и оперативно-календарного производственных расписаний.

К началу планируемого периода известна следующая информация:

- об оставшихся мощностях цехов по каждому виду оборудования по месяцам в объемных показателях;
- заказах, поступивших к началу периода планирования;
- характеристиках каждого заказа: ресурсоемкости заказов по каждому виду работ, директивных и контрольных сроках завершения выполнения работ.

При составлении объемно-календарного производственного расписания оценивается возможность выполнения планов выпуска готовой продукции, формируются предварительное расписание производственного процесса и плановые документы на основе решения данных задач.

В оперативно-календарном производственном расписании указываются сроки выполнения отдельных планируемых работ, операций по каждой бригаде, оператору, рабочему месту, что дает возможность использовать его в оперативном управлении производством. Календарно-плановые расчеты включают разработку цикловых графиков узловой и общей сборки, определение календарных опережений подачи деталей и покупных комплектующих, расчет длительности производственного цикла.

Наличие производственного расписания облегчает задачи служб поставок необходимого сырья и полуфабрикатов, так как заранее становится известным к какому моменту времени и в каком количестве требуется поставить их для каждого производственного участка и каждого рабочего места.

Основное назначение системы управления расписанием – повышение производительности основного технологического оборудования и обеспечение прозрачности реализуемых в производстве технологических процессов, определение последовательности запуска заданий в производство, позволяющей обеспечить максимально возможную производительность и отгрузку в срок, минимизация влияния незапланированных работ или простоев на эффективность производства [8 – 11].

Основные цели цифровизации составления производственного расписания заключаются в следующем: повышать ритмичность работы, снижать вероятность аварийных ситуаций, более оперативно и качественно отслеживать появление различных возмущений, сказывающихся на ходе производства, поднять экономическую эффективность системы управления производством, помочь диспетчеру в принятии правильных решений при различных ситуациях, возникающих в процессе производства. Реализация данных целей должна быть заложена в цифровой системе управления производственным расписанием. Следовательно, необходимо создать систему с возможностями структурной оптимизации технологического процесса, адаптацией и оценкой точности моделей планирования загрузки оборудования в зависимости от конкретных производственных условий, а также минимальными издержками при внедрении в производство.

Система управления производственным расписанием составляет ядро системы управления современными производственными цехами, интегрируя в единое целое автоматизированную технологическую подготовку производства, календарное планирование, диспетчерский контроль состояния обрабатываемых изделий.

Система должна отвечать следующим требованиям:

- генерировать оптимальные расписания для любых типов технологических регламентов в пределах рассматриваемого типа производства;
- учитывать экономические факторы при составлении расписаний и использовать соответствующие критерии оптимальности;
- создавать расписания, обладающие высокой надежностью и помехоустойчивостью;
- поддерживать стратегию реактивного составления расписаний, то есть реализовывать динамический режим;
- обеспечивать возможность поэтапной разработки и подключения задач и подсистем на всем протяжении ее эксплуатации;
- обеспечивать способность изменения и наращивания функциональных возможностей системы, не выходя за рамки принятой изначально концепции развития технологической базы, в соответствии со специфическими потребностями пользователей, изменениями нормативов;
- обеспечивать возможность выбора произвольной конфигурации из набора имеющихся модулей, в зависимости от потребностей.

Разрабатываемая цифровая система управления выполняет следующие функции:

1. Возможность достаточно быстро и точно оценить, способно ли предприятие выполнить поступающие заказы в заданные сроки, причем получить данную информацию до запуска заказов в производство.

2. Поиск допустимых расписаний за приемлемое время. Кроме того, получаемое расписание должно удовлетворять не одному, а целому ряду ограничений, и по возможности минимизировать затраты на производство по нескольким задаваемым пользователем критериям.

3. Коррекция расписания работы, как всего цеха, так и конкретных единиц оборудования (рабочих мест) в оперативном порядке.

4. Контроль прохождения заказов.

5. Внесение актуальной информации о ходе выполнения конкретных технологических операций.

6. Обеспечение производственного процесса оперативными данными, создания таких условий, когда информационные потребности будут наиболее полно удовлетворены.

7. Простота эксплуатации и поддержки системы; понятный пользователю интерфейс.

Выполнение указанных функций позволит увеличить оперативность действий персонала, снизить долю материальных запасов и текущие издержки производства.

Описание информационных потоков

Для реализации функций разрабатываемой системы управления необходимо исследовать информационные потоки между участвующими в составлении и реализации производственного расписания подразделениями предприятия: производственно-техническим отделом, технологической и ремонтной службами, конструкторским отделом, отделом материально-технического снабжения (МТС), плано-экономическим, складом, взаимодействие которых представлено в табл. 1.

Документооборот

Наименование подразделения	Информация	
	выходная	входная
Производственно-технический отдел	Информация о персонале	План производства; месячная программа производства
Технологическая служба	Информация об оборудовании	–
Ремонтная служба	График ППР	
Конструкторский отдел	Технологическая карта изделий Спецификации изделий	
Отдел МТС	График поставок сырья и материалов	План закупок; отчет о потребностях в ресурсах
Планово-экономический отдел	–	Отчет об отклонениях от плановых нормативов; календарный план производства; отчет о загрузке производственных мощностей; отчет о возможности выполнения плана
Склад	Данные о сырье и материалах на складе	–

Входными данными для системы управления расписанием многосвязного производства являются:

- данные о заказах;
- спецификации изделий (представляют собой информацию обо всех узлах и сборочных единицах во всех вариантах исполнения);
- технологические карты изделий – информация об изделиях и операциях, которые необходимо совершить для его изготовления. Также здесь указывается информация об оборудовании, которое будет использоваться в ходе выполнения операции, критерии качества, нормы времени и другие параметры;
- информация об оборудовании – перечень всего оборудования, используемого в производстве. Для каждой единицы оборудования задается необходимый набор атрибутов: наименование, график работы, марка производителя, тип оборудования, допустимые виды производства, продукции (то есть изделия, в производстве которого данное оборудование может принимать участие), рабочий центр, в который включена данная единица оборудования;
- информация о персонале – представляет собой информацию о штатном расписании, графиках работы персонала, кадровых отпусках, больничных;
- данные о материалах и комплектующих на складе;
- график планово-профилактических ремонтов оборудования.

Система управления функционирует с использованием следующих справочников:

- единиц измерения, с указанием их кода и наименования;
- сырья и материалов, содержащий перечень материалов и комплектующих с указанием наименования, кода и единицы измерения;
- групп оборудования, с перечнем наименований;

– моделей оборудования, включающий перечень моделей оборудования с указанием наименования оборудования, кода или обозначения и группы оборудования, к которой оно относится;

– распределения оборудования, информирующий о количественном составе моделей оборудования в каждом цехе;

– технологических операций, с перечнем технологических операций;

– технологии производства, отражающий информацию по технологии производства для каждого вида продукции, а именно: номер операции, код технологической операции, код модели оборудования, на котором проводится данная операция, нормы времени и разряд работ;

– цехов, с информацией по каждому цеху предприятия: код цеха, наименование, тип производства и потери времени на переналадку оборудования;

– складских запасов, содержащий все номенклатурные единицы, используемые на предприятии. Для номенклатурных единиц, используемых в процессе производства, предусмотрена возможность указания аналогов и заменителей. Для заменителей можно указать коэффициент соотношения в том случае, если одну номенклатурную единицу можно заменить иным количеством номенклатурных единиц;

– показателей (для расчета эффективности модернизации предприятия);

– группы показателей, на которые разбивается весь перечень показателей;

– серийных объектов, с информацией об узлах оборудования и его местонахождении;

– выполняемых оборудованием функций, предназначенный для хранения информации о выполняемых функциях оборудования;

– режимов проверки, информирующий о сроке, через который нужно проводить проверку;

– работ для устранения отказа, имеющий в своем составе список работ, выполняемых для устранения отказа;

– материалов для работ производственно-технического отдела, содержащий информацию о материалах, используемых для проведения работ.

Выходной информацией системы управления расписанием многосвязного производства являются:

– план производства, где указываются изделия, которые требуется изготовить, их количество и желаемые даты изготовления. План производства разрабатывается на год, в течение которого, по мере необходимости, корректируется в соответствии с поступающими заказами;

– план закупок, включающий список сырья и материалов, требуемых для производства изделий, с указанием дат, к которым данные материалы должны быть закуплены;

– отчет о возможности выполнения плана производства – представляет собой оценку возможности выполнения данного плана с имеющимися производственными мощностями. Также в нем указаны «узкие места» (отсутствие достаточного для выполнения плана производства количества материалов, оборудования);

– отчет об отклонении от плановых нормативов;

– календарный план производства, представляющий собой сводный объемно-календарный график выполнения всех заказов;

– месячная программа производства работ, в которой указаны объемы работ по каждому заказу и сроки их выполнения;

– сетевая модель;

– диаграмма Ганта;

– справочник учета сырья, в котором ведется учет сырья на складе на начало каждого месяца;

– справочник незавершенного производства, отражающий величину незавершенного производства в нормо-часах и единицах измерения продукции.

Основными выходными документами разрабатываемой системы управления расписанием являются объемно-календарный план производства и программа производства на месяц для каждого цеха. Расчет выходной информации осуществляется один раз в конце каждого месяца.

Потребителем конечной информации является планово-экономический отдел, который получает календарный план производства, отчеты о загрузке производственных мощностей и потребности в ресурсах. На основании данных документов в планово-экономическом отделе осуществляется планирование графика поставок сырья и материалов.

Программный комплекс управления расписанием многосвязного производства

Рассмотрим структуру программного комплекса, представленную в виде DFD-диаграммы (рис. 1).

На представленной диаграмме внешними сущностями являются:

- производственно-технический отдел. В систему управления производственным расписанием из подсистемы производственно-технического отдела поступает информация о персонале, а в подсистему производственно-технического отдела – план производства, месячная программа производства;
- технологическая служба: из подсистемы технологической службы поступает информация об оборудовании;
- ремонтная служба: из подсистемы ремонтной службы – график планово-предупредительного ремонта (ППР);
- конструкторский отдел, из подсистемы которого поступают технологические карты изделий, спецификации изделий;
- отдел материально-технической службы (МТС): из информационной системы в подсистему отдела МТС – план закупок, отчет о потребностях в ресурсах;
- планово-экономический отдел: из информационной системы в подсистему планово-экономического отдела поступают отчеты об отклонениях от плановых нормативов, загрузке производственных мощностей, возможности выполнения плана производства, а из подсистемы планово-экономического отдела – портфель заказов.

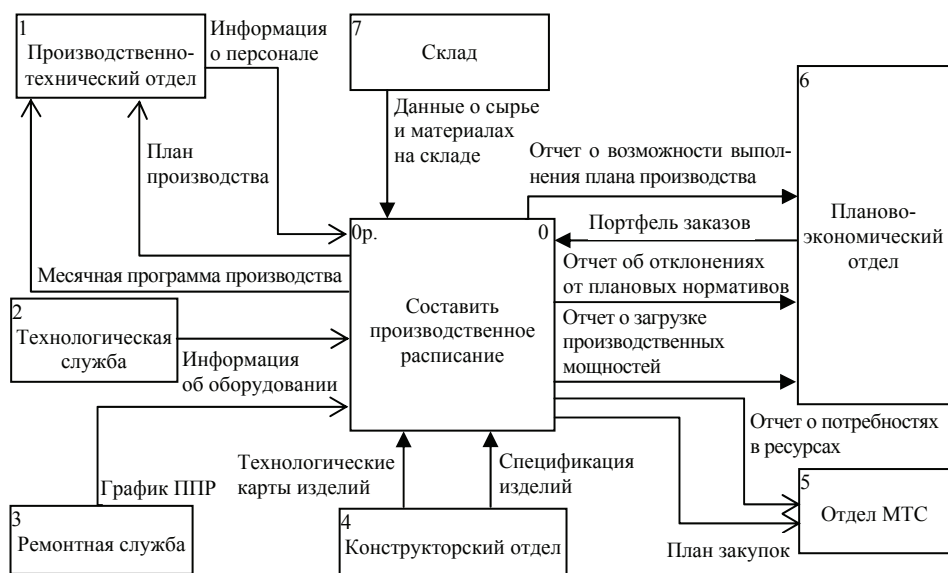


Рис. 1. Структура программного комплекса (контекстная диаграмма)

Составление производственного расписания включает в себя (рис. 2):

- планирование портфеля заказов и построение структуры декомпозиции работ (*англ.* Work Breakdown Structure (**WBS**));
- определение последовательности работ и построение сетевой график;
- планирование сроков, длительности и логических связей работ и построение диаграммы Ганта;
- определение потребности в ресурсах (люди, машины и механизмы, материалы и т.д.) и составление ресурсного плана портфеля заказов;
- расчет затрат и трудозатрат по портфелю заказов.

Процесс «Планирование сроков, длительности и логических связей работ и построение диаграммы Ганта» (рис. 3) состоит из подпроцессов (определения):

- перечня работ и сроков их выполнения, а также длительности работ;
- логических связей работ;
- построения диаграммы Ганта.

Основные особенности системы управления расписанием многосвязного производства:

1. Автоматическое вычисление времени выполнения операций.

В ходе производственного процесса возникают ситуации, когда время выполнения изначально указать невозможно. Например, в производственном подразделении могут существовать две единицы взаимозаменяемого оборудования,

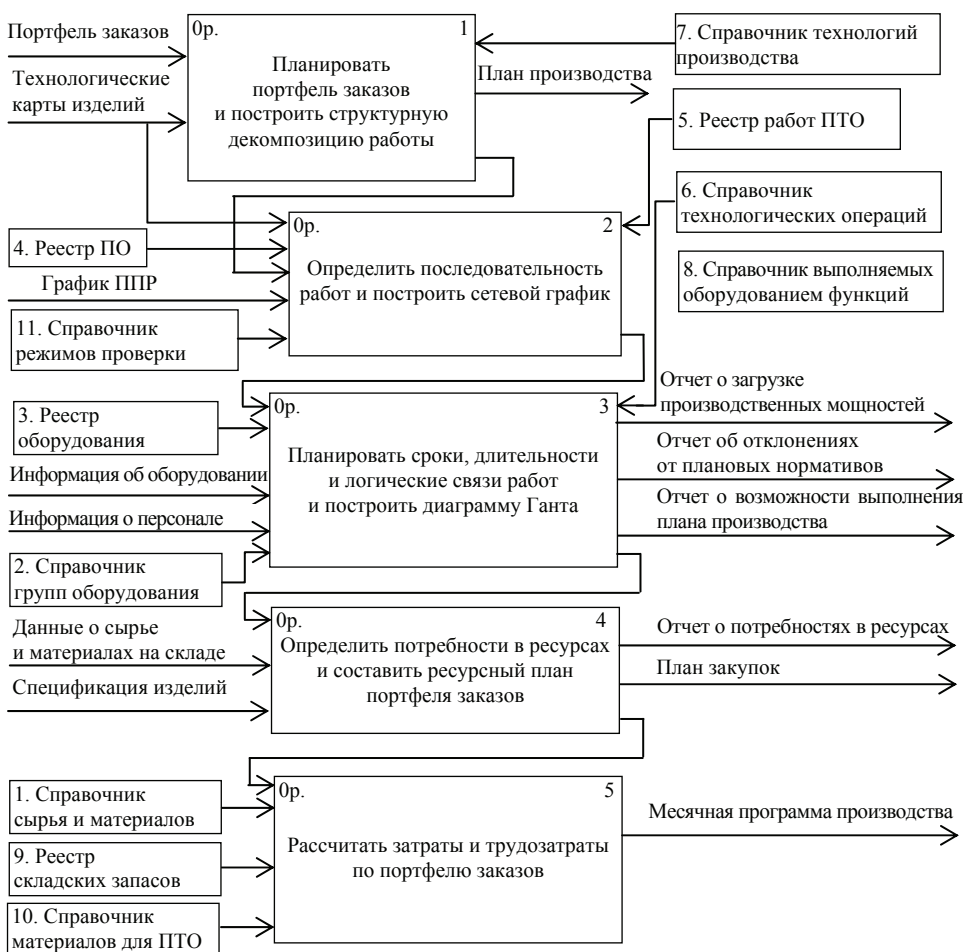


Рис. 2. Детализация контекстной диаграммы

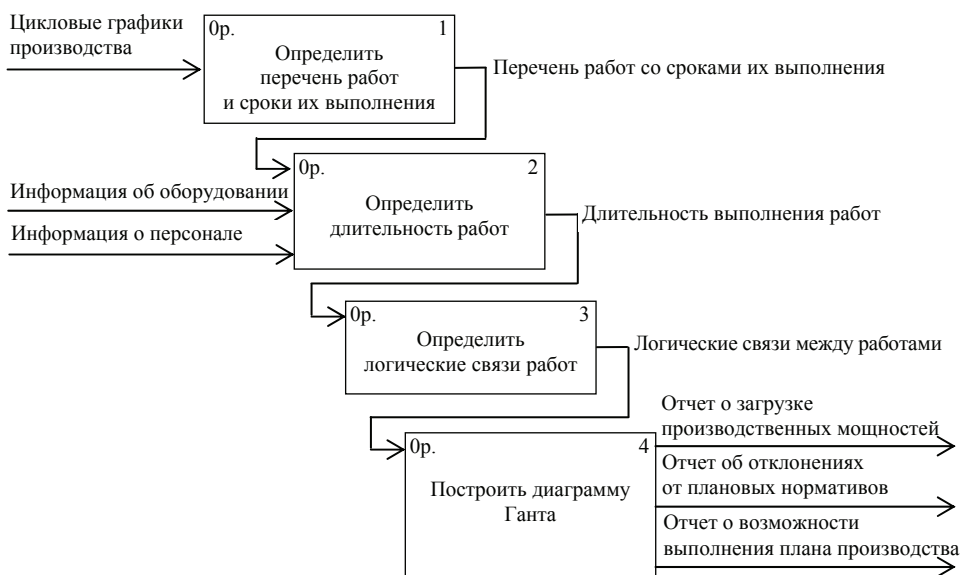


Рис. 3. Детализация процесса «Планирование сроков, длительности и логических связей работ и построение диаграммы Ганта»

имеющие разную производительность. Выбор конкретной единицы оборудования, а, следовательно, и продолжительность технологической операции в данном случае зависят от предшествующей загрузки оборудования.

В системе управления можно определять подготовительное время и время выполнения операции автоматически в ходе расчета расписания. С этой целью для каждого вида работ, выполняемых на рабочем месте, требуется ввести данные о производительности и объеме операции в учетных единицах.

В случае, когда объем указан, подсистема расчета расписания самостоятельно вычисляет время выполнения операции на альтернативных рабочих местах, после чего выбирает оптимальное из них.

2. Усиленная поддержка сборов.

В системе управления реализованы функции, ориентированные на поддержку сборочных операций и операций обработки в сборе.

Система управления расписанием многосвязного производства поддерживает «горячее» формирование сборов в рассчитанном расписании: отдельную позицию (деталь, партию деталей) можно выводить из сбора, добавлять в него, а также переносить из одного в другой. При этом полностью учитываются существовавшие ранее правила взаимодействия операций.

Доступны также следующие действия, связанные со сборами:

- ввод способа вычисления подготовительного времени и времени обработки сбора (максимальное время либо сумма периодов выполнения операции для отдельных позиций);
- автоматическое вычисление продолжительности выполнения операции над сбором;
- возможность ввода для каждого сбора названия и текстового комментария;
- объединение в сбор позиций из разных заказов.

3. Контроль межоперационных запасов.

Система управления расписанием многосвязного производства позволяет контролировать наличие полуфабрикатов и готовых изделий того или иного заказа.

Как правило, также бывает необходимо обеспечить контроль над ресурсами, которые лишь временно связываются с заказом, а затем либо становятся полуфабрикатом (например, исходное сырье), либо возвращаются назад (технологическая оснастка), либо переносят свою стоимость на полуфабрикат (расходные материалы). Новый ресурс может возникнуть и в результате выполнения операции (восстановимый брак или отход, пригодный в качестве полуфабриката для другой операции).

В системе управления расписанием многосвязного производства для каждой операции можно указать, какие ресурсы, помимо полуфабрикатов, выдаются для выполнения операции и какие возвращаются после операции. В начале операции ресурсы исключаются из общего списка запасов и привязываются к операции. После завершения операции, возвращенные материальные ценности включаются в общий список запасов. Факты выдачи/приемки фиксируются.

При необходимости межоперационные запасы могут быть введены, а их состояние проконтролировано и изменено посредством специально предназначенной таблицы.

Для удобства поиска и редактирования список запасов разбит на отдельные группы. Состав и названия групп можно изменять при помощи подсистемы настройки.

4. Новые средства взаимодействия с другими программами и автоматизированными системами.

Система управления расписанием многосвязного производства также позволяет создать пользовательскую динамически подключаемую библиотеку, обеспечивающую импорт данных из файлов различных форматов.

5. Встроенная поддержка диаграмм в отчетах.

Интегрированный в систему управления расписанием многосвязного производства универсальный генератор отчетов позволяет проектировать и использовать в отчетах диаграммы и графики.

В систему управления встроено вычислительное ядро, генерирующее на основе текущих данных двух- и трехмерные гистограммы, круговые диаграммы и линейные графики. Ядро способно автоматически оптимизировать исходные данные для наилучшего отображения диаграмм, рисовать несколько графиков в одной системе координат.

Поддерживается прорисовка плавных линий (на основе кубических сплайнов) и линий трендов (аппроксимация по методу наименьших квадратов). Диаграммы создаются и настраиваются при помощи макрокоманд редактора отчета. Для быстрого создания простого документа с диаграммой можно воспользоваться мастером отчетов.

Заключение

Разработана система управления расписанием многосвязного производства, которая является инструментом, позволяющим плановикам и диспетчерам быстрее и качественнее выполнять свою работу, принимать решения на основе более оперативной, полной и точной информации. Она служит средством для оценки выполнимости производственного плана при условии добавления новых заказов, проста в использовании и не требует слишком сложной предварительной подготовки. Алгоритм, реализованный в системе управления, предоставляет возможность быстро оценить, каким образом повлияет на расписание добавление новых заказов в план производства (с учетом требуемых сроков изготовления), и увидеть, возможно ли в принципе изготовить все запланированные заказы в данные сроки.

Таким образом, система управления расписанием многосвязного производства позволяет моделировать производственное расписание и получать в итоге оптимальный вариант календарного плана-графика выполнения портфеля заказов с оптимальными сроками.

Внедрение автоматизированного подхода дает возможность перенести значительную часть решения задач управления отделом на современный вычислительный комплекс, освобождая сотрудников предприятия от рутинных и трудоемких операций, а также оперативно получать необходимую полную и достоверную информацию, при этом исключить ошибки, неизбежные при ручном ведении данных операций.

Список литературы

1. Метод моделирования многосвязной цифровой системы управления процессом синтеза аммиака / В. С. Кудряшов, С. Г. Тихомиров, С. В. Рязанцев [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 572 – 580. doi: 10.17277/vestnik.2017.04.pp.572-580
2. Джамбеков, А. М. Оптимальное управление процессом каталитического риформинга бензиновых фракций / А. М. Джамбеков, И. А. Щербатов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 557 – 571. doi: 10.17277/vestnik.2017.04.pp.557-571
3. Конкина, В. В. Постановка задачи оптимального управления реверсивным режимом нанесения гальванического покрытия в ванне со многими анодами / В. В. Конкина, Д. С. Соловьев, Ю. В. Литовка // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 248 – 256. doi: 10.17277/vestnik.2015.02.pp.248-256
4. Чернышов, Н. Г. Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 1. – С. 7 – 15. doi: 10.17277/vestnik.2015.01.pp.007-015
5. Математические модели многосвязных объектов управления / М. Н. М. Саиф, В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 53 – 62. doi: 10.17277/vestnik.2019.01.pp.053-062
6. Управление объектами с взаимосвязанными величинами / М. Н. М. Саиф, В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 206 – 218. doi: 10.17277/vestnik.2019.02.pp.206-218
7. Технические средства автоматизации: программно-технические комплексы и контроллеры : учебн. пособие / И. А. Елизаров, Ю. Ф. Мартемьянов, А. Г. Схиртладзе, С. В. Фролов. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 180 с.
8. Системы диспетчеризации и управления : учебное пособие / В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, И. С. Панченко, М. В. Кокорева. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 96 с.
9. Дмитриевский, Б. С. Автоматизированные информационные системы управления инновационным наукоемким предприятием / Б. С. Дмитриевский. – М. : Машиностроение-1, 2006. – 156 с.
10. Матвейкин, В. Г. Проектирование системы управления инновационно-производственной системой / В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, И. С. Панченко // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 289 – 296.
11. Панченко, И. С. Математическое моделирование и алгоритмизация организационно-технологических систем, производящих инновационную продукцию : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / И. С. Панченко. – Тамбов, 2012. – 16 с.

Schedule Management of a Multi-Connected Production System

V. G. Matveikin, B. S. Dmitrievsky, A. A. Terekhova,
M. V. Lemkina, S. N. A. Al Knfer, M. A. D. Al Amidi

*Department of Information Processes and Management,
terekhova.aa@mail.tstu.ru; TSTU, Tambov, Russia*

Keywords: information flows; multi-connected production; software package; schedule; control; digitalization.

Abstract: The development of a digital control system is considered, which makes it possible to form a multi-connected production schedule at the intrashop level, to quickly track changes in the production environment and make timely adjustments to the production schedule. The requirements for the system being developed are given; the functions performed by it are disclosed, for the implementation of which the study of information flows between the divisions of the enterprise participating in the formation of the production schedule is carried out. A description of the input and output information of the multi-connected production schedule management system is given. The structure of the software package in the form of DFD diagrams, external entities, main processes and subprocesses is presented. The description of the main features and capabilities of the multi-connected production schedule management system is given.

References

1. Kudryashov V.S., Tikhomirov S.G., Ryazantsev S.V., Ivanov A.V., Kozenko I.A. [Simulation method of a multiply-connected digital system for controlling ammonia synthesis], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2017, vol. 23, no. 4, pp. 572-580, doi: 10.17277/vestnik.2017.04.pp.572-580 (In Russ., abstract in Eng.)
2. Dzhambekov A.M., Shcherbatov I.A. [Optimal control of the catalytic reforming process of gasoline fractions], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2017, vol. 23, no. 4, pp. 557-571, doi: 10.17277/vestnik.2017.04.pp.557-571 (In Russ., abstract in Eng.)
3. Konkina V.V., Solov'yev D.S., Litovka Yu.V. [Statement of the problem of optimal control of the reversible mode of electroplating in a bath with many anodes], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2015, vol. 21, no. 2, pp. 248-256, doi: 10.17277/vestnik.2015.02.pp.248-256 (In Russ., abstract in Eng.)
4. Chernyshov N.G., Dvoretzkiy S.I. [Synthesis of energy-saving control], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2015, vol. 21, no. 1, pp. 7-15, doi: 10.17277/vestnik.2015.01.pp.007-015 (In Russ., abstract in Eng.)
5. Saif M.N.M., Matveykin V.G., Dmitrievsky B.S., Bashkatova A.V., Mamontov A.A. [Mathematical models of multiply-connected control objects], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2019, vol. 25, no. 1, pp. 53-62, doi: 10.17277/vestnik.2019.01.pp.053-062 (In Russ., abstract in Eng.)
6. Saif M.H.M., Matveykin V.G., Dmitrievsky B.S., Bashkatova A.V., Mamontov A.A. [Control of objects with interrelated values], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2019, vol. 25, no. 2, pp. 206-218, doi: 10.17277/vestnik.2019.02.pp.206-218 (In Russ., abstract in Eng.)
7. Yelizarov I.A., Martem'yanov Yu.F., Skhirtladze A.G., Frolov S.V. *Tekhnicheskkiye sredstva avtomatizatsii: programmno-tekhnicheskkiye kompleksey i kontrollery: uchebnoe posobiye* [Technical means of automation: software and hardware systems and controllers: training manual], Moscow: Mashinostroyeniye-1, 2004, 180 p. (In Russ.)
8. Matveykin V.G., Dmitrievsky B.S., Panchenko I.S., Kokoreva M.V. *Sistemy dispatcherizatsii i upravleniya: uchebnoye posobiye* [Dispatching and control systems: textbook], Tambov: Izdatel'stvo of TSTU, 2013, 96 p. (In Russ.)

9. Dmitrievsky B.S. *Avtomatizirovannyye informatsionnyye sistemy upravleniya innovatsionnym naukoymkim predpriyatiyem* [Automated information management systems for an innovative science-intensive enterprise], Moscow: Mashinostroyeniye-1, 2006, 156 p. (In Russ.)

10. Matveykin V.G., Dmitrievsky B.S., Panchenko I.S. [Designing a management system for an innovation-production system], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2011, vol. 17, no. 2, pp. 289-296. (In Russ., abstract in Eng.)

11. Panchenko I.S. *Extended abstract of candidate's of technical thesis*, Tambov, 2012, 16 p. (In Russ.)

Zeitplanverwaltung des Multi-Connected-Produktionssystems

Zusammenfassung: Es ist die Entwicklung eines digitalen Steuerungssystems in Betracht gezogen, das es ermöglicht, einen mehrfachen Produktionsplan auf innerbetrieblicher Ebene zu erstellen, Änderungen in der Produktionsumgebung schnell zu verfolgen und den Produktionsplan rechtzeitig zu korrigieren. Es sind die Anforderungen an das zu entwickelnde System angegeben. Offengelegt sind die von ihm ausgeführten Funktionen, für deren Realisierung die Untersuchung des Informationsflusses zwischen den an der Erstellung des Produktionsplans beteiligten Unternehmensbereichen durchgeführt ist. Die Beschreibung der Eingabe- und Ausgabeinformationen des mehrfach verbundenen Produktionsplan-Managementsystems ist gegeben. Die Struktur des Softwarepakets in Form von DFD-Diagrammen, externe Besonderheiten, Hauptprozesse und Unterprozesse sind gezeigt. Es ist die Beschreibung der Hauptmerkmale und Hauptfähigkeiten des Multi-Connected-Produktionsplan-Managementsystems gegeben.

Gestion de la planification d'un système de la production multi-liens

Résumé: Est examinée l'élaboration d'un système de gestion numérique permettant de créer un calendrier de production multi-liens au niveau intra-tech, de suivre rapidement les changements dans l'environnement de la production et d'apporter des ajustements en temps opportun au calendrier de la production. Sont indiquées les exigences du système en cours de développement, sont révélées les fonctions qu'il remplit pour la mise en œuvre desquelles une étude des flux d'informations entre les unités de l'entreprise impliquées dans la formation du calendrier de production. Est donnée une description des informations d'entrée et de sortie du système de gestion du calendrier de la production multi-liens. Sont montrés la structure du logiciel sous la forme des diagrammes, les entités externes, le processus principaux et les sous-processus. Est donnée la description des principales caractéristiques et des capacités du système de gestion du calendrier de la production multi-liens.

Авторы: *Матвейкин Валерий Григорьевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные процессы и управление»; *Дмитриевский Борис Сергеевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные процессы и управление»; *Терехова Анастасия Андреевна* – аспирант кафедры «Информационные процессы и управление»; *Лемкина Мария Владимировна* – аспирант кафедры «Информационные процессы и управление»; *Аль Кнфер Самер Нахи Альван* – аспирант кафедры «Информационные процессы и управление»; *Аль Амиди Мустафа Абдулкадим Дхаир* – аспирант кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: *Литовка Юрий Владимирович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.