

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ**

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

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

Ключевые слова: алгоритм управления; информационная база; модуль системы управления; производственный процесс; расписание; управление.

Аннотация: Разработан алгоритмический аппарат для управления расписанием сложных производственных процессов. Приведена математическая постановка задачи. Подробно проанализированы процессы, связанные с функционированием программного комплекса системы управления: ведение информационной базы, расчет производственного расписания, диспетчеризация производства, изменение расписания и составление отчетной документации. Приведена блок-схема алгоритма управления. Система управления учитывает сложность производственных процессов, генерирует оптимальное расписание работы оборудования, удовлетворяющее ограничениям на загрузку оборудования. Представлено описание входной и выходной информации системы управления.

Введение

Основное назначение цифровых информационных технологий состоит в определении путей и методов построения, а также развития всей автоматизированной системы управления предприятия как единого информационного пространства [1 – 4].

Цели управления сложными производственными процессами – обеспечение организационного и научно-технического процессов оперативными данными, создание таких условий, когда информационные потребности будут наиболее полно удовлетворены [5 – 8]. Все это предполагается осуществлять путем совместного решения следующих задач: разработки и внедрения прикладного и системного программного обеспечения, формирования и использования информационных ресурсов, внедрения цифровой вычислительной техники и телекоммуникационных связей.

В настоящее время внедрение цифровых систем обработки и передачи информации и управления приобретает универсальный и всеобщий характер охвата всех направлений деятельности промышленного предприятия. Современные циф-

ровые информационные технологии позволяют координировать деятельность всех структурных подразделений организации, осуществляя взаимосвязь и оперативный обмен обязательной информацией.

Математическая постановка задачи

Необходимо обработать m деталей на n станках. Пусть i – номер детали ($i = 1, 2, \dots, m$); k – номер станка ($k = 1, 2, \dots, n$); $a_i^k (\leq 0)$ – продолжительность обработки i -й детали на k -м станке; для каждой i -й детали указано упорядоченное множество M_i номеров станков, выражающее технологический маршрут (будем в данном случае считать единственным). Для удобства последующего описания введем также множество L^k номеров деталей, подвергающихся обработке на k -м станке; $c_{ij}^k (\geq 0)$ – временной лаг k -го станка, например продолжительность переналадки, при переходе от обработки i -й детали к j -й ($i, j \in L^k$); d_i^{kl} – временной лаг передачи i -й детали с k -го станка на l -й (передаточное время), показывающий, спустя какое время по окончании обработки i -й детали на k -м станке можно приступить к ее обработке на l -м станке (k, l – два последовательных элемента M_i). При этом d_i^{kl} может быть числом положительным, нулевым и отрицательным (если «деталь» представляет собой партию предметов, которая частично может передаваться на следующую операцию (l -й станок), несмотря на то что не вся партия прошла обработку на предшествующем, k -м станке); d_i^{0l} , d_i^{k0} соответственно показывают минимальные сроки запуска i -й детали на первую операцию с момента начала всех работ и готовности i -й детали с момента выхода ее с последней операции (время, необходимое для перевозки на склад или следующий производственный участок). Помимо того, предполагается выполнение следующих условий: а) каждый станок одновременно может выполнять лишь одну детальеоперацию; б) выполнение любой детальеоперации не прерывается до ее окончания.

При указанных условиях следует составить расписание выполнения всех работ (указать для каждого станка последовательность обработки деталей с тем, чтобы добиться окончания всех работ за минимальное время, то есть составить календарный план обработки группы деталей с минимальным групповым производственным циклом).

Предполагается $a_i^k > 0$, то есть каждая деталь проходит через все станки; все детали имеют одинаковые технологические маршруты (в этих условиях нумерация станков соответствует последовательности обработки деталей); $c_{ij}^k = 0$ – временные лаги станков не учитываются или включаются, если это возможно, в a_i^k , $a_i^{kl} = 0$ – обработка детали на последующей операции возможна не ранее чем по окончании предыдущей, причем без задержек.

Система ограничений:

$$t \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$\sum_{j \in L^k} x_{ij}^k \leq 1, \quad i \in L^k; \quad (2)$$

$$\sum_{i \in L^k} x_{ij}^k \leq 1, \quad j \in L^k; \quad (3)$$

$$\sum_{i,j \in L^k} x_{ij}^k = l^k - 1; \quad (4)$$

$$t_0 + d_i^{0l} \leq t_i^l; \quad (5)$$

$$t_i^k + d_i^{kl} + a_i \leq t_i^l; \quad (6)$$

$$t_i^k + d_i^{k0} + a_i \leq t \quad (k, l \in M_i; i = 1, 2, \dots, m); \quad (7)$$

$$t_i^k + a_i^k + c_{ij}^k \leq t_j^k + (1 - x_{ij}^k)N^k \quad (i, j \in L^k; k = 1, 2, \dots, n). \quad (8)$$

1. Логические условия: каждая деталь предшествует или следует не более чем за одной деталью – (2), (3); все детали, закрепленные за k -м станком, должны быть на нем обработаны (l^k – число деталей, обрабатываемых на k -м станке, то есть число элементов множества L^k) – (4).

2. Условия прохождения деталей по станкам в соответствии с технологическим маршрутом и с учетом лага – (5), (6), (7) (в (6) k, l – два соседних элемента в M_i , в (5), (7) k, l – соответственно первый и последний элементы в M_i).

3. Условия перехода станков от обработки данной детали к обработке следующей – (8).

Процессы, определяющие работу программного комплекса системы управления

Основным процессом, представляющим всю систему в целом, является процесс функционирования системы управления расписанием сложных производственных процессов, который связан со следующими внешними сущностями: сотрудником производственно-технического отдела, диспетчером, оператором.

В системе происходит ведение информационной базы, расчет производственного расписания, диспетчеризация производства и изменение производственного расписания, а также составление отчетов. Для функционирования системы необходимы данные о производственном оборудовании, в том числе с распределением по цехам и участкам; производственном персонале с распределением по подразделениям и с указанием информации о профессиях и разрядах; расписание работы оборудования и персонала; технологические процессы производства по каждому из компонентов собственного изготовления; планы производства.

Поскольку ведение информационной базы не входит в обязанности сотрудников производственно-технического отдела или диспетчера, рассматривается внешняя сущность «оператор». Функции оператора могут выполнять как вышеуказанные лица, так и специальный сотрудник. В случае если на предприятии присутствует необходимая информационная база, потребность в операторе отпадает, система будет получать информацию из данного источника.

Процесс «Ведение информационной базы» представлен процессами «Запись расписания работы предприятия», «Учет данных о персонале» и «Учет данных об оборудовании». Процесс «Запись расписания работы предприятия» осуществляет фиксирование данных о праздничных и выходных днях в расписании производственных смен.

В процессе «Учет данных о персонале» фиксируется информация о принятых на работу и увольняемых сотрудниках. Данная информация необходима для составления сменно-суточных заданий. Также в этом процессе учитываются все перерывы в работе сотрудника, связанные с отпусками, больничными, прогулами

и пр. С точки зрения системы управления причина перерыва в работе не рассматривается, так как для составления сменно-суточных заданий необходима только информация о доступности персонала.

В процессе «Учет данных об оборудовании» фиксируется информация о вводимом и выводимом из производства оборудовании и сотрудниках. Данная информация необходима для расчета производственного расписания. Также в этом процессе учитываются все перерывы в работе единиц оборудования, связанные как с плановыми ремонтными работами, так и внеплановыми поломками. С точки зрения системы управления причина перерыва в работе не рассматривается, так как для составления производственного расписания необходима только информация о доступности оборудования. В случае изменения расписания работы оборудования или вывода оборудования из производства происходит проверка производственного расписания. Из базы данных считывается информация обо всех запланированных операциях для данной единицы оборудования, в случае если запланированные операции не соответствуют обновленному расписанию работы оборудования, происходит пересчет производственного расписания, начиная с даты запуска конфликтующей операции.

Основой для составления производственной программы является подетальный план производства, который определяет объемы партий деталей, необходимых для выполнения каждого заказа. Данный процесс запускается автоматически при обращении к соответствующему диалогу. Расчет выполняется для всех недегализированных пунктов месячного плана. Расчет объемов партий деталей происходит в соответствии с описанием технических процессов и данных о партиях изделий. Эта информация хранится в единой базе данных, но заносится подсистемами «составления портфеля заказов» и «ведения технологических процессов». Для каждой партии деталей пользователь может указать приоритет, характеризующий важность данной партии. Также для каждой партии пользователь задает минимальный и максимальный размеры партии. Приоритет и размеры партий используются при составлении производственного расписания. После внесения соответствующих данных происходит сохранение поддетального плана.

Для расчета производственного расписания загружаются данные о партиях деталей, которые необходимо выпустить в плановый период и данные о графике работы оборудования. Пользователь устанавливает параметры расчета, то есть выбирает, какие эвристические правила будут использоваться при распределении партий по обрабатывающим центрам, а также весовой коэффициент, учитывающий важность каждого эвристического правила. После расчета полученная производственная программа передается пользователю, который определяет, насколько данная программа соответствует производственной среде и особенностям предприятия. В случае неудовлетворительного результата, пользователь может изменить параметры расчета и рассчитать расписание заново. При удовлетворении расписания всем требованиям оно сохраняется в базе данных.

Диспетчеризация производства представлена двумя процессами – «открытие сменного задания» и «закрытие сменного задания». Сменно-суточное задание основной инструмент управления производством. С его помощью запланированные производственные задания распределяются по фактическим производственным участкам и отслеживается реализация данных заданий.

Для текущего производственного интервала (смены, суток), в соответствии с рассчитанным производственным расписанием, формируется список запланированных производственных заданий. Диспетчер определяет производственное задание, на основе которого будет формироваться сменное задание. Производство каждой партии деталей характеризуется перечнем операций, необходимых для изготовления данной детали. Для каждой операции система выдает список доступных в настоящий момент работников на производственном участке, где изготавливается данная деталь. Список работников выдается с учетом профессии

и квалификации, необходимой для выполнения операции. Диспетчер может поставить на выполнение операции исполнителя с несоответствующей квалификацией, но это делается в исключительных ситуациях, поскольку несоответствие квалификации выполняемой операции связано с дополнительными расходами на оплату труда работника, а также может отразиться на качестве изготавливаемой детали и времени выполнения, что вызовет отклонения от запланированных объемов производства. После определения исполнителя для каждой операции составленное сменно-суточное задание передается пользователю, а данные о задании заносятся в базу данных. Диспетчер передает задания на производственные участки.

После завершения текущей смены сменно-суточные задания возвращаются диспетчеру, который заносит данные о произведенных деталях в систему и закрывает текущее сменное задание. После получения данных об объемах произведенных партий, соответствующая информация заносится в базу данных сменных заданий и расписания. При этом происходит проверка соответствия фактически выполненного объема работ запланированному. Если обнаружены отклонения от расписания, то происходит процесс пересчета расписания для соответствующей коррекции.

Процесс изменения расписания не зависит от других факторов. Отчеты могут быть сформированы в любой момент времени на основе данных, хранящихся в информационной базе. «Отчет о состоянии календарного плана» формируется на основе плановых и фактических объемов партий, определенных в производственном расписании; «Планово-учетный график» – на основе данных о реализации поддетального плана производства. Отчеты создаются для заданного пользователем планового периода (в основном текущего).

Описание алгоритма управления производственным расписанием

Основным модулем системы управления является модуль расчета производственного расписания, детальная блок-схема которого представлена на рис. 1. Вначале происходит загрузка необходимых для расчета данных: партий изделий, информации об оборудовании и активированных пользователем эвристических правилах. Устанавливается начальный момент времени, чаще всего – текущий. Затем создается цикл, который будет завершен только при окончании расчета.

Открывается цикл для анализа всех единиц оборудования. Если на текущей единице оборудования не выполняется обработка и текущий момент не попадает в нерабочий интервал, данная единица оборудования добавляется в список активного оборудования.

Анализируется сформированный список активного оборудования, на котором на текущий момент можно запустить в обработку партию деталей. В этом цикле происходит проверка всех партий деталей и изделий на соответствие двум условиям: рабочий временной интервал текущей единицы оборудования позволяет выпустить партию минимального объема; на предыдущих стадиях создан достаточный задел материалов для изготовления минимального объема партии. Все партии, удовлетворяющие данным требованиям, добавляются в список рассматриваемых партий деталей.

Проводится анализ выбранных партий на соответствие эвристическим правилам. Сначала рассчитывается количественное значение критерия, который учитывает данная эвристика. Например, если эвристика работает с длиной обработки, то берется это значение. Затем определяется максимальное значение и рассчитывается оценка критерия для каждой партии. Вычисленные оценки для каждой эвристики образуют суммарную оценку партии. Из всех партий выбирается та, у которой суммарная оценка будет максимальной. Данная партия назначается на обработку единицы оборудования, для которой происходит анализ.

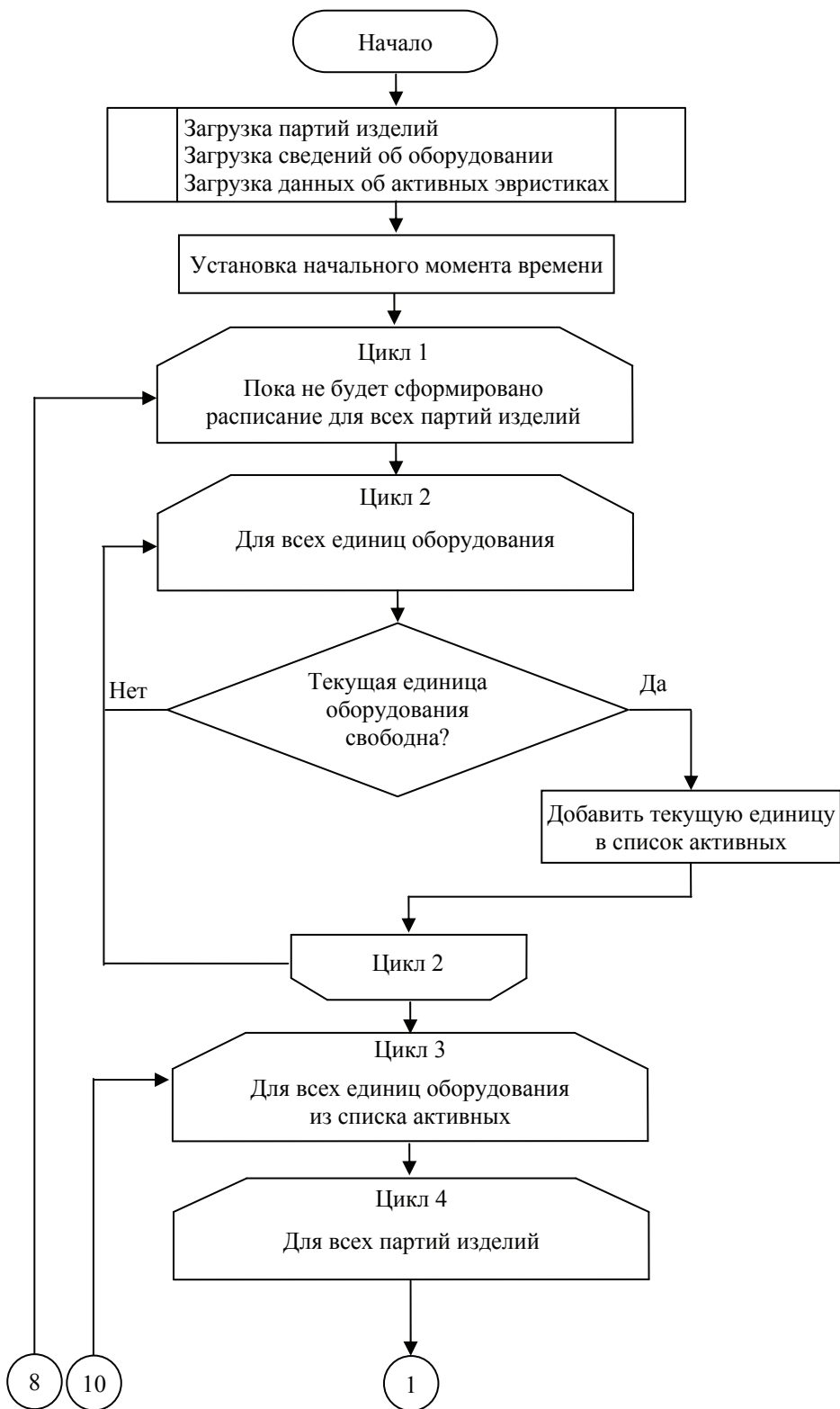


Рис. 1. Блок-схема модуля расчета производственного расписания (начало)

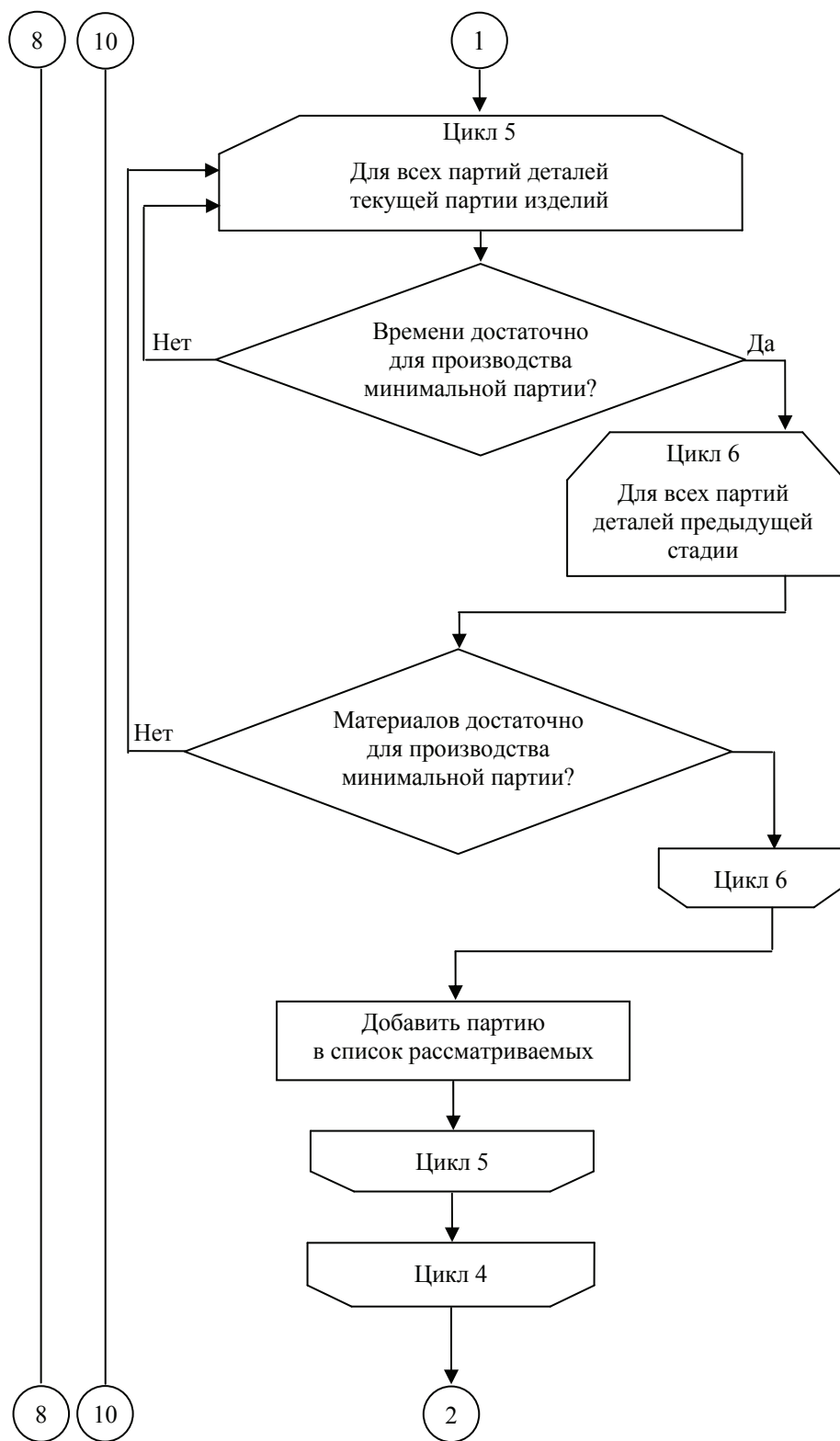


Рис. 1. Продолжение

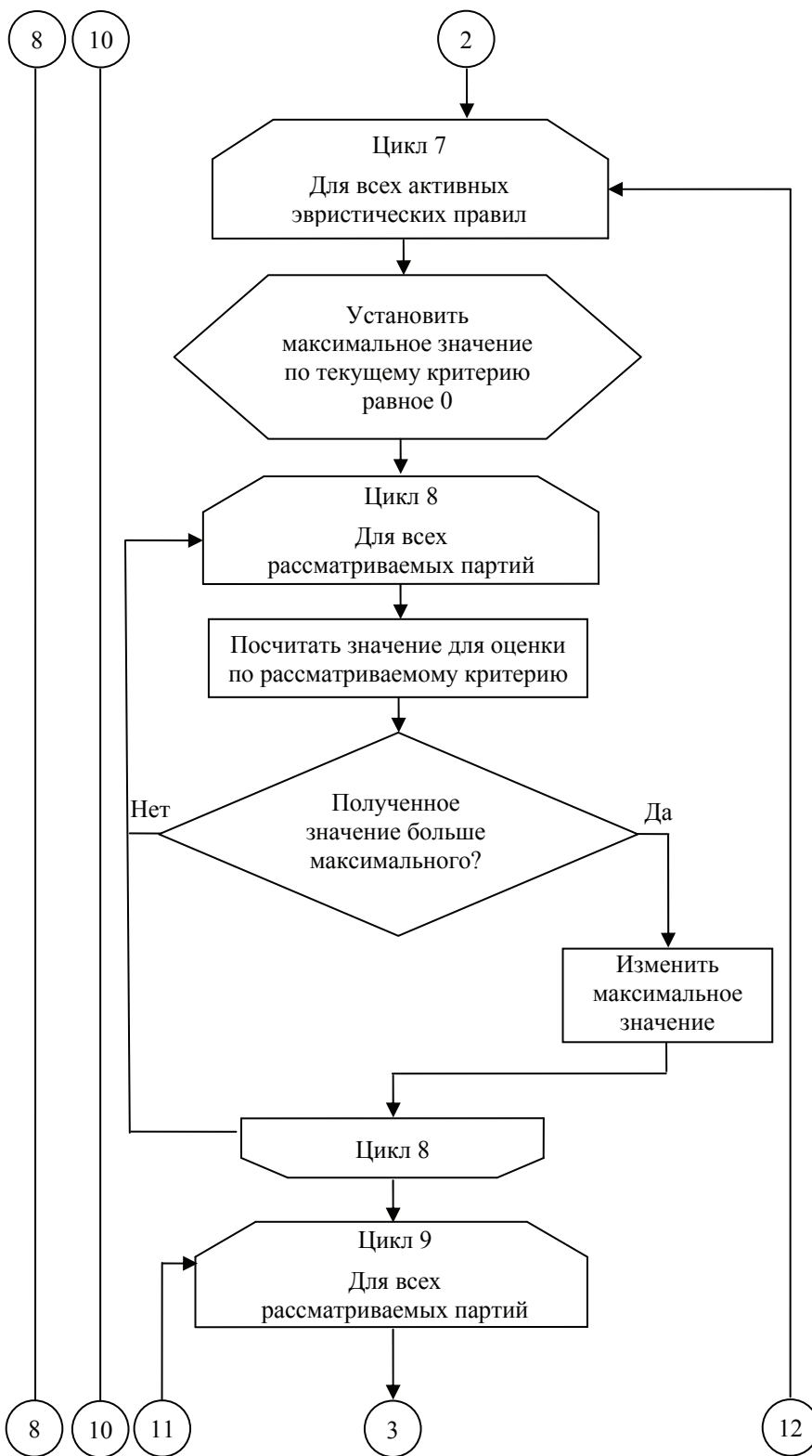


Рис. 1. Продолжение

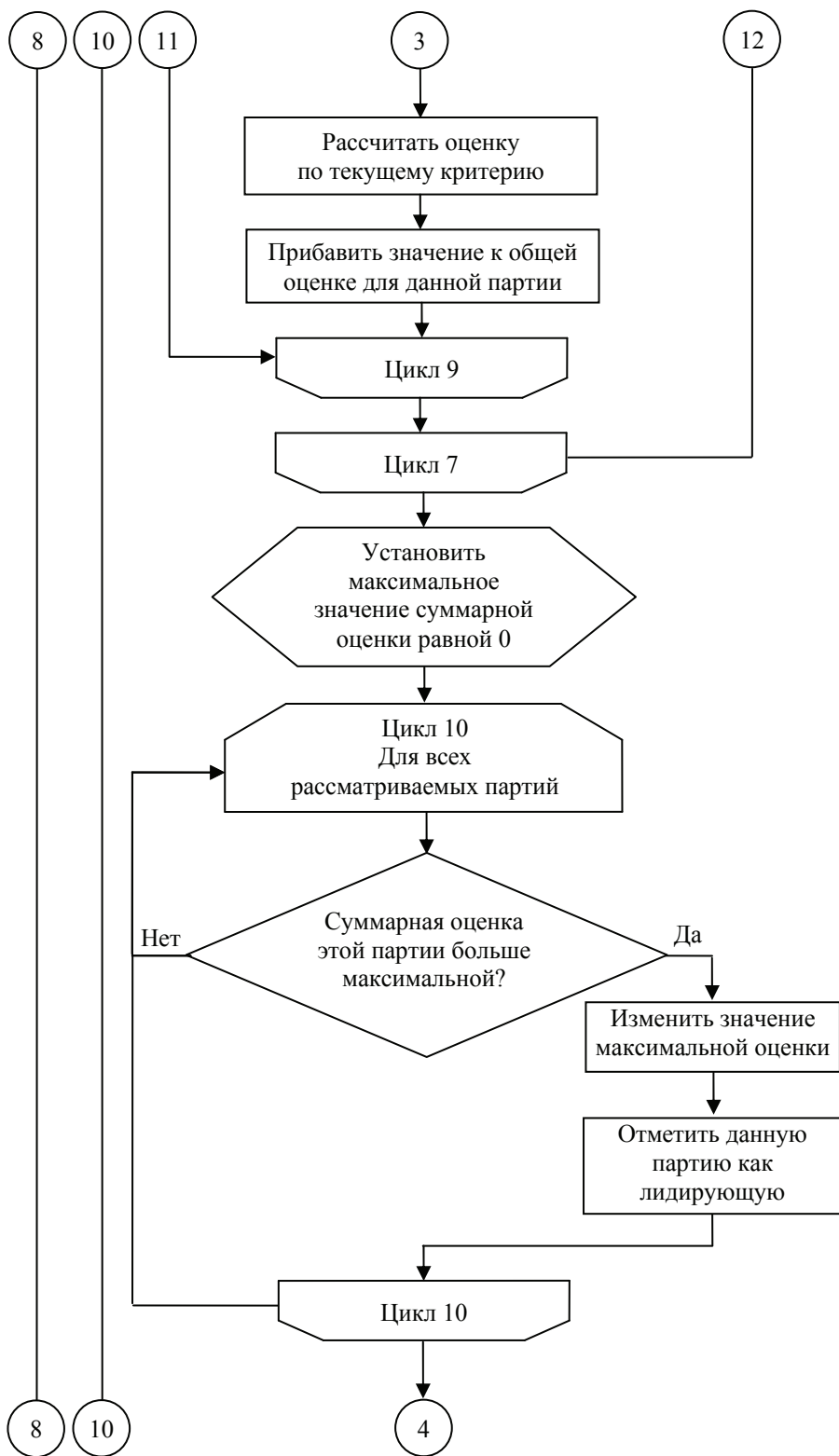


Рис. 1. Продолжение

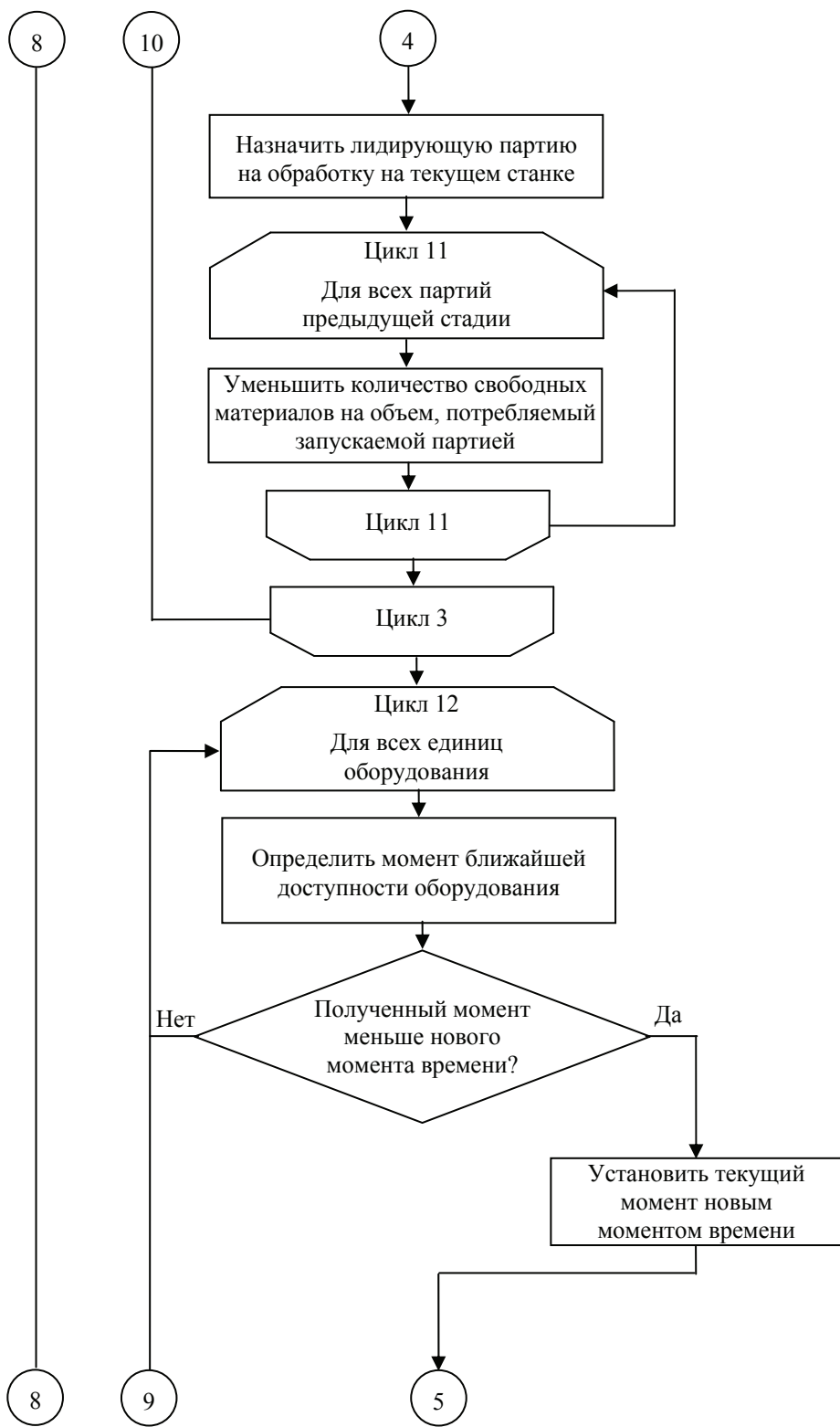


Рис. 1. Продолжение

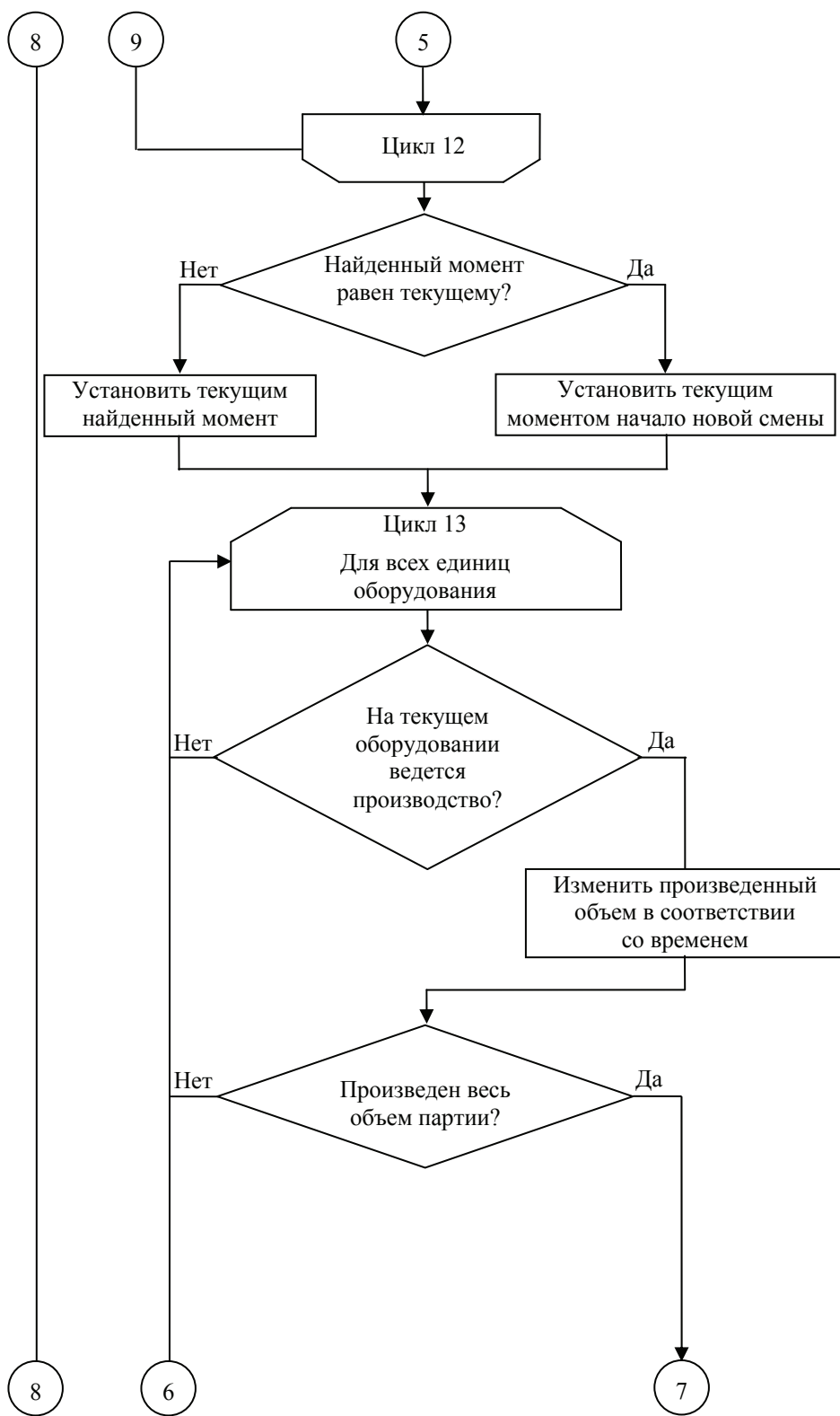


Рис. 1. Продолжение

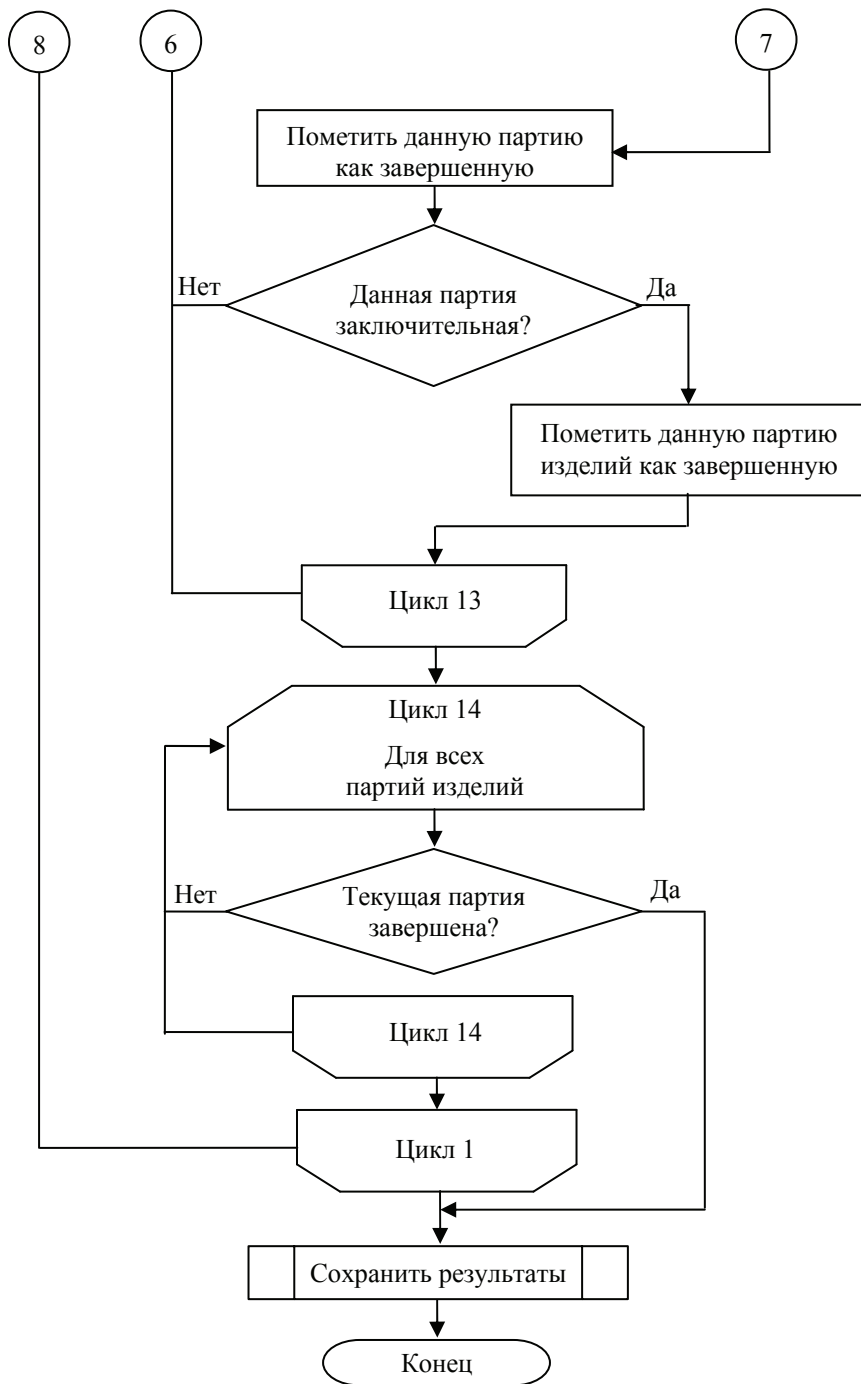


Рис. 1. Окончание

При назначении записываются дата старта операции и ее объем. Таким образом, для обработки выбранной партии оборудование становится недоступным. Для всех партий, относящихся к предыдущей стадии, уменьшается объем неиспользованных материалов на количество, необходимое для производства установленного объема деталей текущей партии.

После рассмотрения всех единиц оборудования происходит изменение текущего момента времени, для чего анализируется список оборудования и определяется момент ближайшего освобождения любой единицы оборудования. Таким моментом может быть завершение обработки или завершение нерабочего интервала. Если найденный момент равен текущему, то новый момент времени определяется как начало следующей смены.

Затем для каждой единицы оборудования, на которой происходит обработка партий деталей, определяется объем выпуска деталей за интервал, прошедший от прошлого момента времени до текущего. Произведенный объем учитывается для каждой партии. Если для рассматриваемой партии выполнен весь необходимый объем работ, она помечается как завершенная. Если все партии оказываются завершенными, то процесс расчета останавливается и данные сохраняются. В противном случае расчет продолжается с начала Цикла 1.

Входная информация системы управления

Для функционирования системы управления расписанием сложных производственных процессов необходимо поступление следующих данных:

а) информации об изменении графика работы персонала. Это может быть любая информация об изменении персонального графика работка. Такие изменения могут быть вызваны предоставлением отпусков, больничными днями, прогулами и пр. Информация может поступать как в устном, так и письменном виде. Все внесенные изменения фиксируются в системе;

б) информации об изменении графика работы оборудования. Данная информация учитывает плановые и внеплановые ремонты оборудования, списание старого и введение нового оборудования и пр. Сбор данной информации может осуществляться как на основе документов, так и в устном виде, что необходимо для обеспечения оперативности поступления данных;

в) месячного плана, который формируется планово-экономическим отделом и заносится в единое хранилище данных с помощью системы формирования портфеля заказов. Вся необходимая информация поступает из единой базы данных. В системе не предусмотрено ручного ввода информации или механизмов взаимодействия с другими системами;

г) закрытых сменных заданий. После выполнения выданных заданий, сотрудники возвращают заполненные соответствующим образом документы. Данные заносятся вручную с помощью экранных форм.

Работа системы зависит от следующих данных:

– технологических процессов, которые являются одним из основных источников информации для создания производственной программы. Разработкой технологических процессов на предприятии занимается проектно-технологические бюро, которое при создании технологических процессов руководствуется действующими стандартами. Информация о технологических процессах хранится в единой базе данных;

– графика работы предприятия. Эта информация учитывает расписание работы предприятия: праздничные и выходные дни, графики смен. Данные вводятся пользователем.

Производственные процессы

Сложные производственные процессы представлены следующими бизнес-процессами: «Учет производственных ресурсов», «Формирование производственного расписания» и «Диспетчеризация и мониторинг производства».

Бизнес-процесс «Учет производственных ресурсов» обрабатывает информацию об изменении графиков работы оборудования и персонала. В соответствии с поступающими данными составляются графики работы оборудования и персонала, рассчитываются конфликты в расписании. Составление графика работы персонала осуществляется на основе графика работы предприятия и поступающей информации о расписании работы конкретных сотрудников. График работы персонала влияет на процесс «Диспетчеризация и мониторинг производства». Составление графика работы оборудования формируется на основе графика работы предприятия и поступающей из цехов и других подразделений предприятия информации об изменении в расписании работы единиц оборудования. После составления данного графика происходит проверка распределения ресурсов. В данном случае происходит проверка графика работы персонала на соответствие сформированному производственному расписанию. В случае обнаружения конфликтов формируется соответствующая информация.

График работы оборудования и информация о конфликтах в расписании влияют на процесс «Формирование производственного расписания». На основе поступающих данных о месячном плане выпуска партий изделий, в соответствии с технологическими процессами, формируется подетальный план на текущий месяц. Затем формируются минимальные размеры партий и оценка важности, которые влияют на процесс расчета производственного расписания. Подетальный план является входными данными для этого процесса.

Расчет расписания ведется с учетом полученных данных о минимальном размере партий, оценке важности каждой партии деталей и графика работы оборудования. Результатом работы данного процесса является производственное расписание. После этого полученное расписание анализируется, и формируются рекомендации по изменению расписания. Завершающим этапом формирования производственного расписания является процесс коррекции. Расписание корректируется в соответствии с рекомендациями, полученными по результатам анализа.

Детализация процесса «Диспетчеризация и мониторинг производства» основывается на информации о производственном расписании и графике работы персонала. Формируются сменные задания, которые передаются на производственный участок. На основе закрытых сменных заданий формируются данные о ходе производства, которые проверяются на соответствие запланированным показателям в производственном расписании. Если обнаружено отклонение от плановых показателей, создается информация о конфликтах в расписании и передается процессу «Формирование производственного расписания». На основе данных о ходе производства и производственного расписания формируются «Планово-учетный график» и «Отчет о состоянии плана».

Заключение

Разработанная система предназначена для управления производственным расписанием. В системе реализован эвристический механизм расписаний. Система позволяет управлять производственным процессом с помощью сменно-суточных заданий, сформированных на основе производственного расписания и отслеживать результаты их выполнения. Для успешной работы программы необходимо своевременно вносить информацию о состоянии производственных ресурсов. Также система позволяет автоматизировать процесс управления расписанием сложных производственных процессов и обрабатывать данные с большой скоростью, поскольку разработана под современную цифровую вычислительную технику, обеспечивает пользователю удобный интерфейс и простоту использования.

Список литературы

1. 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.
2. Дмитриевский, Б. С. Бизнес-модель управления планированием на наукоемком предприятии / Б. С. Дмитриевский // Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика. – 2007. – № 5. – С. 66–67.
3. Системы диспетчеризации и управления : учеб. пособие / В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, И. С. Панченко, М. В. Кокорева. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 96 с.
4. Дмитриевский, Б. С. Автоматизированные информационные системы управления инновационным наукоемким предприятием / Б. С. Дмитриевский. – М. : Машиностроение-1, 2006. – 156 с.
5. Синтез структуры прогнозирующей модели системы управления реактором дегидрирования этилбензола / С. Г. Тихомиров, С. Л. Подвальный, А. П. Попов, О. Г. Неизвестный // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 6 – 21. doi: 10.17277/vestnik.2019.01.pp.006-021
6. Авцинов, И. А. Исследование влияния буферизации данных на качество управления в сетевых системах / И. А. Авцинов, А. Е. Емельянов, М. Н. Ивлиев // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 63 – 71. doi: 10.17277/vestnik.2019.01.pp.063-071
7. Структурно-параметрический синтез системы поддержки принятия решений при проектировании и эксплуатации тепло- и массообменного оборудования / Е. Н. Малыгин, М. Н. Краснянский, Е. Н. Туголуков, С. Ю. Алексеев // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2019. – Т. 25, № 3. – С. 350 – 359. doi: 10.17277/vestnik.2019.03.pp.350-359
8. Мокрозуб, В. Г. Постановка задачи разработки математического и информационного обеспечения процесса проектирования многоассортиментных химических производств / В. Г. Мокрозуб, Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 2. – С. 252 – 264. doi: 10.17277/vestnik.2017.02.pp.252-264

Development of Software for a Control System for Complex Production Processes

**V. G. Matveikin, B. S. Dmitrievsky, A. A. Terekhova,
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: control algorithm; information base; control system module; manufacturing process; schedule; control.

Abstract: An algorithm for managing the schedule of complex production processes has been developed. The mathematical formulation of the problem is presented. The processes associated with the operation of the software complex of the control system are analyzed in detail: maintaining an information base, calculating a production schedule, scheduling production, changing a schedule and drawing up reporting documentation. The block diagram of the control algorithm is presented. The control system takes into account the complexity of production processes, generates an optimal equipment operation schedule that meets the restrictions on equipment

loading. The description of the input and output information of the control system is presented. The developed control system adapts to changing conditions and fully fulfills production tasks.

References

1. 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.)

2. Dmitriyevskiy B.S. [Business model of planning management in a science-intensive enterprise], *Pribory i Sistemy. Upravleniye, Kontrol', Diagnostika* [Instruments and Systems. Management, Control, Diagnostics], 2007, no. 5, pp. 66-67. (In Russ., abstract in Eng.)

3. Matveykin V.G., Dmitrievsky B.S., Panchenko I.S., Kokoreva M.V. *Sistemy dispetcherizatsii i upravleniya: uchebnoye posobiye* [Dispatching and control systems: textbook], Tambov: Izdatel'stvo of TSTU, 2013, 96 p. (In Russ.)

4. 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.)

5. Tikhomirov S.G., Podval'nyy S.L., Popov A.P., Neizvestnyy O.G. [Synthesis of the structure of the predictive model of the control system for the ethylbenzene dehydrogenation reactor], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2019, vol. 25, no. 1, pp. 6-21, doi: 10.17277/vestnik.2019.01.pp.006-021 (In Russ., abstract in Eng.)

6. Avtsinov I.A., Yemel'yanov A.Ye., Ivliyev M.N. [Study of the influence of data buffering on the quality of management in network systems], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2019, vol. 25, no. 1, pp. 63-71, doi: 10.17277/vestnik.2019.01.pp.063-071 (In Russ., abstract in Eng.)

7. Malygin Ye.N., Krasnyanskiy M.N., Tugolukov Ye.N., Alekseyev S.Yu. [Structural-parametric synthesis of the decision support system in the design and operation of heat and mass transfer equipment], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2019, vol. 25, no. 3, pp. 350-359, doi: 10.17277/vestnik.2019.03.pp.350-359 (In Russ., abstract in Eng.)

8. Mokrozub V.G., Malygin Ye.N., Karpushkin S.V. [Statement of the problem of development of mathematical and information support for the design process of multi-assortment chemical production], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2017, vol. 23, no. 2, pp. 252-264, doi: 10.17277/vestnik.2017.02.pp.252-264 (In Russ., abstract in Eng.)

Die Entwicklung des Softwarekomplexes des Managementsystems mit komplexen Produktionsprozessen

Zusammenfassung: Es ist ein algorithmischer Apparat entwickelt, um den Zeitplan komplexer Produktionsprozesse zu verwalten. Die mathematische Formulierung des Problems ist vorgestellt. Die mit dem Betrieb des Softwarekomplexes des Leitsystems verbundenen Prozesse werden im Detail analysiert: Pflege der Informationsbasis, Berechnung des Produktionsplans, Planung der Produktion, Änderung des Zeitplans und Erstellung der Berichtsdocumentation. Das Blockschaltbild des Regelalgorithmus ist vorgestellt. Das Steuerungssystem berücksichtigt die Komplexität der Produktionsprozesse und generiert einen optimalen Betriebsplan

für die Ausrüstung, der die Einschränkungen bei der Ausrüstungsbelastung erfüllt. Die Beschreibung der Ein- und Ausgabeinformationen des Steuerungssystems ist vorgestellt. Das entwickelte Steuerungssystem passt sich den sich ändernden Bedingungen an und erfüllt die Produktionsaufgaben vollständig.

Elaboration du complexe informatique du système de la commande des processus de production

Résumé: Est élaboré un appareil algorithmique pour la commande de la planification des horaires des processus complexes de production. Est citée la formation mathématique du problème. Les processus liés au fonctionnement de l'ensemble des programmes du système de la commande sont analysés en détails: gestion de la base de données, calcul des horaires de la production, répartition de la production, modification des horaires et mise au point des rapports. Est donné l'organigramme de l'algorithme de la commande. Le système de la commande prend en compte la complexité des processus de production et génère un calendrier optimal pour le fonctionnement de l'équipement, répondant aux contraintes du chargement de l'équipement. Est présentée une description des informations d'entrée et de sortie du système de la commande. Le système élaboré s'adapte aux conditions changeantes et remplit pleinement les tâches de la production.

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»; *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.