

Поэтому для измерения скорости может быть использован малый измерительный интервал  $L-L^*$ , а в качестве дифманометра – акселерометр, задачей которого будет регистрация только моментов изменения давления вне измерительной колонки при прохождении глобул начала и окончания интервала  $L-L^*$  (рис. 1).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мищенко И. Т. Скважинная добыча нефти. М.: Издательство “Нефть и газ” РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2003.
2. Патент РФ № 88384. 2009.
3. Патент РФ № 88386. 2009.
4. <http://www.smart-well.ru/33.htm>

УДК 621.311:658.26

*Г. Б. Бурдо*

*Тверской государственный технический университет*

### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Рассмотрены постановка задачи, способы интеллектуального планирования и управления работой технологических подразделений геофизического приборостроения

*Ключевые слова: технологический процесс, искусственный интеллект, управление, оперативное планирование.*

#### **Постановка проблемы**

Значительная часть предприятий геофизического приборостроения (ГФП), в связи со спецификой изделий, занята выпуском своих разработок, отличающихся высокой наукоемкостью и успешно конкурирующих с зарубежными. Предприятия ГФП, как и другие предприятия единичного и мелкосерийного производства, оказались в стороне от вопросов совершенствования систем управления выпуском изделий

и научных разработок, касающихся этих вопросов. Одними из отличительных характеристик ГФП являются формирование (накопление) договоров в течение календарного года, малые сроки выполнения договорных обязательств, широкая номенклатура изделий, что обуславливает наличие противоречий в производственных системах (ПС) ГФП, связанных с необходимостью оперативной реакции на внешние факторы и отсутствием указанной возможности.

Эти противоречия позволяют осуществить постановку проблемы – повышение эффективности функционирования производственных систем ГФП путем сокращения сроков и совершенствования планово-организационного сопровождения процессов производства изделий.

### **Автоматизированная система сопровождения производства изделий**

Эффективность планирования и управления в ПС геофизического приборостроения удалось повысить путем разработки автоматизированной системы сопровождения (АССП) производства изделий [1, 3]. С учетом общих закономерностей планирования и управления были сформулированы принципы создания АССП в условиях ГФП (системное единство и взаимосвязь, соответствие иерархии планов в АССП планам организации, непрерывность и оперативность, обеспечение резервов, участие человека, комплексность и информационная интеграция с САПР ТП). Сформулированы функции АССП – синтез и корректировка (сопровождение планирования производства) объемных, календарных и оперативных календарных планов-графиков (КПГ) для технологических подразделений (ТП), диспетчирование и выработка управленческих решений (сопровождение производства) на основе анализа результатов диспетчирования. Была разработана и исследована теоретико-множественная модель АССП, анализ которой позволил формализовать с помощью продукционных моделей процедуры принятия решений при синтезе объемных и календарных планов, КПГ и диспетчировании. На основе распознавания ситуации предложены формальные процедуры разработки планов путем анализа соотношений длительности циклов и сроков выполнения заказов, станкоемкостей работ по типам и (или) группам оборудования, фондов времени работы металлорежущего оборудования. Общее управление работой подсистем объемного, календарного и оперативного плани-

рования (расчет КПП) и принятие решений осуществляются управляющей системой с элементами искусственного интеллекта.

Для синтеза КПП (оперативные планы) используются приоритетные схемы. Выявлены принципы формирования систем приоритетов (иерархичность, целевая направленность – соответствие целям функционирования организации и иерархии организации, ситуативность – учет параметров состояния ТП при выборе приоритетных схем, постоянство действия важнейших приоритетов, отражающих смысл функционирования ПС, вариабельность – наложение вариативных приоритетов на постоянные).

Обосновано и сформировано 11 систем иерархических приоритетных схем (ПРС), выбираемых производственными моделями знаний на основе формального распознавания и анализа ситуации в ТП (загрузки оборудования по ходу основного детальевого потока, длительности и числа операций в маршрутах запускаемых деталей, времени поступления деталей, наличия свободного оборудования, длительности первой следующей операции и т. д.). Каждая ПРС имеет иерархию приоритетов: глобальный (разряды работ), внутренний (группы работ в пределах разряда), частный (виды работ в пределах группы). Глобальный приоритет определяется исходя из сроков окончания работ, внутренний – из назначения работ в пределах разряда, частный – из ситуации в ТП. Разработаны правила переназначения приоритетов при переходе в следующие интервалы оперативного планирования (ИОП).

Установлены критерии, определяющие выбор КПП. Стратегией ГФП является работа по принципу “точно вовремя” (just in time). Это означает выпуск изделий в точно указанные сроки и с минимум заделов. Учитывая это, комплексным критерием должен явиться минимальный общий цикл изготовления всех запущенных в производство партий деталей. Выбор этого критерия обеспечивает: 1) непрерывную загрузку рабочих мест (отсеивает варианты с длительными ожиданиями); 2) равномерную загрузку оборудования (известно, что наиболее короткие циклы обеспечивают участки с равномерной загрузкой из-за меньших средних периодов ожидания операций); 3) минимизацию общего срока изготовления деталей; 4) минимизацию незавершенного производства, пропорционального длительности цикла.

Для использования приоритетных схем уточнена постановка конвейерной задачи [4] составления КПП применительно к ГФП путем

введения 4-го (первые 3 – ненарушаемость маршрута, непрерывность операции, число рабочих мест) ограничения: из находящихся в очереди на обработку на операции  $O_{lqi}$   $l$  партий деталей первой на станок (время начало операции  $t_{lq}^o$  более раннее) поступает имеющая высший (символ выше – «») приоритет  $\Pi_j$ :  $\forall D_l (l = 1, 2, \dots, v, \dots, w, \dots, l) [\Pi_v \gg \Pi_w] \rightarrow (t_{vq}^o < t_{wq}^o)$ . Требуется построить календарный план КППГ =  $\{t_{lq}^o\}$  с учетом ограничений и удовлетворяющий целевой функции  $T_l = \max \{t_{lqi}^k\} \rightarrow \min$ , где  $t_{lqi}^k$  – время окончания обработки  $l$ -й партии деталей на  $q$ -й операции на  $i$ -й группе станков от начала ИОП.

Для расчета КППГ плановый период разбивается на пятидневные ИОП, для сравнения оставляются 2–3 схемы. Реализация решения возможна на основе известного метода “ветвей и границ”, но практически при использовании ПРС в этом нет необходимости. Диспетчирование строится на отслеживании фактических времен начала операций и сравнении их с расчетными (в КППГ) по каждой обрабатываемой партии деталей. Анализом состояния при запуске деталей  $C_{ТП}^0$ , фактических и допустимых величин отставания (опережения) КППГ за данный и предшествующие ИОП (состояния  $C_{ТП}^{\tau-1}$ ), фактических ( $\Phi^\tau$ ) и плановых ( $\Phi^\Pi$ ) фондов времени работы оборудования по типам и (или) группам формально определяются причины рассогласования КППГ (несоответствие фондов времени работы, некорректные нормативы, оргпричины). Продукциями (ПР <sub>$i$</sub> ) на основе подусловий (ПУ) выявляются управленческие решения (УР) по введению ТП в плановый режим (дополнительные смены и рабочие места, пересмотр планов и т. п.):

$$\forall C_{ТП}^\tau, (C_{ТП}^\tau \leq \Pi_{КППГ}^\tau, \Phi^\tau, \Phi^\Pi >) \exists \{\{ПР_i\}_j\} [ < C_{ТП}^0, C_{ТП}^{\tau-1}, C_{ТП}^\tau >_i \rightarrow \{ПУ\}_i; \{ПУ\}_i \rightarrow ПР_i; \{ПР_i\}_k \rightarrow УР_k ].$$

В противоречивых ситуациях предусмотрено вмешательство оператора. Схема работы АССП приведена на рисунке.

Исходными данными для работы программного комплекса АССП служат карты времен операций технологических процессов изготовления изделия (заказа). На этапах объемного и календарного планирования выдаются соответствующие карты – задания для ТП и мастеров. На этапе диспетчирования используется карта с указанием плановых и фактических времен выполнения операций по деталям.

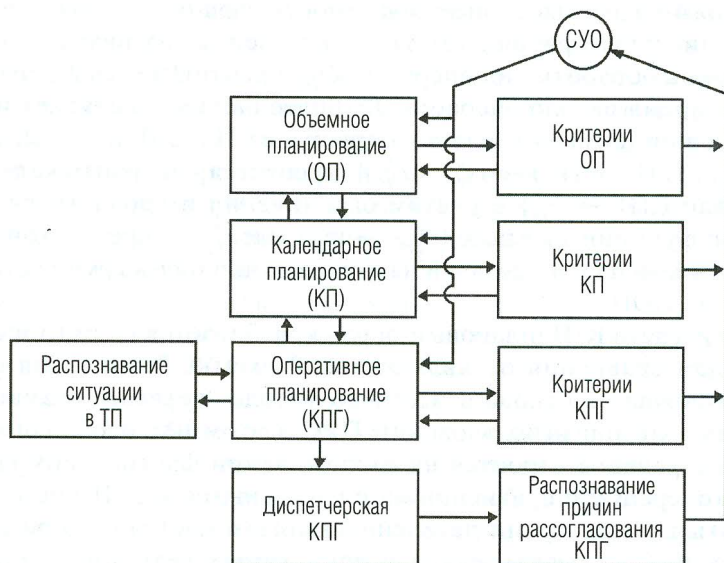


Рис. Схема работы АССП

Если определение и учет большого числа параметров затруднен, при числе рабочих мест в ТП менее 25–30 (возможна оценка отставаний и выявление причин рассогласования КПГ мастерами), предложено применение диспетчирования на основе аппарата нечетких множеств. Объект управления – КПГ. Управление ведется по входам: 1) относительное объемное отставание (опережение) плана по типу и (или) группе станков с начала диспетчирования; 2) относительное среднее объемное отставание (опережение) плана по типу и (или) группе станков за один ИОП с начала диспетчирования; 3) увеличение (уменьшение) отставания (опережения) объемного плана за последний ИОП по сравнению со средним по типу и (или) группе станков. Выходные параметры: относительное увеличение (уменьшение) фондов времени работы по типу и (или) группе станков за следующий ИОП. Алгоритм управления состоит из 17 нечетких правил. Реализация методики выполнена в среде MATLAB [2].

## Заключение

Разработанные программные средства прошли опытную проверку в ООО «Нефтегазгеофизика» (г. Тверь). Можно констатировать, что срывы сроков выполнения договоров сократились с 7,7 до 0,5%, сверхурочная работа с 5,2 до 0,2%, приостановка выполнения заказов с 9,3 до 0,3% (от соответствующих общих объемов).

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бурдо Г. Б.* Принципы построения автоматизированной системы управления технологическими процессами в многономенклатурных производствах // Вестник Саратовского гос. техн. ун-та. 2010. № 3 (48). С. 113–118.
2. *Дьяков В., Круглов В.* Математические пакеты расширения MATLAB: Специальный справочник. СПб.: Питер, 2001. 480 с.
3. *Палюх Б. В., Бурдо Г. Б.* Повышение эффективности управления технологическими подразделениями в условиях единичного и мелкосерийного производства // Вестник Донского гос. техн. ун-та. 2009. Том 9. № 4 (43). С. 659–666.
4. *Прилуцкий М. Х., Власов В. С.* Метод ветвей и границ с эвристическими оценками для конвейерной задачи теории расписаний // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2008. № 3. С. 143–157.