

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В России в последнее время существенно возросло внимание государства к необходимости создания холдинговых структур, которые представляют собой с точки зрения управления организационно-технологические системы (ОТС) и включающие в себя научные, проектные и производственные предприятия.

По этой причине возникла задача согласования разных областей деятельности в ОТС такого типа: научной, результатом которой являются знания; проектной, результатом которой также являются знания; производственной, результат которой – изделие. Задача заключается в том, чтобы составить и реализовать план согласованных действий функционирования системы, который позволит провести диагностику технологических и инновационных возможностей к выпуску новых изделий еще на стадиях проектирования и НИОКР и обеспечить их долгосрочную конкурентоспособность.

Такие ОТС будем называть инновационно-производственными системами (ИПС). Отсутствие опыта управления подобными объектами вызывает необходимость разработки теоретических основ ИПС, методов их математического моделирования и алгоритмизации.

Выбор наиболее результативных мер в условиях ограничений на различного рода ресурсы составляет суть управления рисками и ресурсами в ИПС. Эффективным способом решения этого вопроса является создание систем управления (СУ), позволяющих решать указанный комплекс задач при различных параметрах, определяющих состояние ИПС.

Диссертационная работа посвящена решению задачи анализа и управления ИПС с применением методов математического программирования и учетом множества возможных состояний функционирования; в ней изложены научно-обоснованные решения и разработки по алгоритмизации ИПС, имеющие существенное значение для развития страны.

Функционирование ИПС характеризуется большим количеством неопределенных факторов, поэтому главным элементом такой деятельности является процесс оптимального распределения ограниченных ресурсов в условиях неопределенности, направленный на снижение различных видов рисков, в том числе риска принятия неправильного решения. Таким образом, задача распределения ограниченных ресурсов является центральной, поэтому в диссертации уделяется большое внимание формированию математического аппарата для ее решения.

К настоящему времени накоплен значительный опыт в решении задач управления производственными системами (ПС). Они исследовались в работах отечественных и зарубежных специалистов. Большой вклад в

теорию и практику решения задач управления ПС, оптимизации их параметров внесли В.В. Кафаров, В.Г. Матвейкин, В.И. Бодров, Ю.Л. Муромцев, Б.В. Палюх, Н.П. Бусленко, Б.Я. Советов, О.И. Мухин, С.Д. Штовба, В.С. Танаев, Л.И. Смоляр, Т. Нейлор, М. Максимей, Г. Вагнер, Э.М. Браверман, Е.С. Вентцель, С.М. Алексеев, В.В. Сафронов, Л.Г. Плинский, Э.Х. Гимади, В.В. Сервах, В.В. Шафранский, М. Джордан, Дж. Элман, Ф. Гловер и др.

В последние годы под руководством В.Г. Матвейкина его учениками ведутся работы по исследованию СУ на инновационном предприятии. Данная работа развивает это направление; в ней разработан комплекс математических моделей и алгоритмов, являющийся теоретической основой для анализа и управления ИПС. Как объект управления такая система ранее не исследовалась.

Работа выполнялась в соответствии с Федеральной целевой программой «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009 – 2013 гг.».

Цель исследования. Повышение эффективности функционирования ИПС путем моделирования и алгоритмизации.

Для достижения поставленной цели проведен анализ ПС, математических моделей и алгоритмов управления, классификация задач моделирования ПС; раскрыты особенности управления ИПС; построены математические модели ИПС; разработаны алгоритмы управления и доведены до программной реализации.

Методы исследования. В работе использовались методы теории управления, исследований операций, графов, расписаний, математического программирования.

Научная новизна:

1) исследован объект управления нового типа – ИПС, который отличается от существующих ПС тем, что входными воздействиями являются технологические, информационные и интеллектуальные ресурсы;

2) впервые поставлена задача управления ИПС, которая позволяет выбирать оптимальное решение на каждом этапе жизненного цикла изделия (ЖЦИ), а также предусматривает управление интеллектуальными потоками на каждом этапе ЖЦИ, учитывает функционирование ИПС в условиях информационной неопределенности;

3) построены модели функционирования ИПС, отличающиеся учетом переналадок и дефекта ресурса, учетом ограничений на использование непрерывных ресурсов;

4) разработаны алгоритмы управления ИПС, позволяющие проводить моделирование состояний ее функционирования, отличающиеся тем,

что в зависимости от заданной эффективности функционирования ИПС производится их уточнение;

5) разработан критерий эффективности функционирования ИПС, отличающийся тем, что позволяет еще на стадии проектирования и НИОКР произвести анализ технологических возможностей и обеспечить изделию долгосрочную конкурентоспособность.

Практическую ценность диссертационной работы представляет программный комплекс управления ИПС, позволяющий структурированно представлять знания специалистов и формализовать опыт эксплуатации аппаратов в промышленных условиях, оперативно диагностировать нештатные ситуации и дефицит ресурсов, повышать коэффициент загрузки аппаратов. Программный комплекс управления ИПС передан в эксплуатацию в ОАО «Корпорация «Росхимзащита».

Реализация результатов работы. Основные положения диссертации и разработанная СУИПС использованы в ОАО «Корпорация «Росхимзащита», научно-образовательном центре ТамБГТУ ОАО «Корпорация «Росхимзащита».

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: IV Международной научно-практической конференции «Информационные технологии в образовании, науке и производстве» (г. Серпухов, 2010), XI Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии» (г. Воронеж, 2011), XXIV Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях ММТТ-24» (г. Саратов, 2011).

Публикации. По теме диссертации опубликовано пять статей в ведущих рецензируемых научных журналах, одна депонированная рукопись, три тезиса докладов и материалов международных научных конференций; получено два свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации и современное состояние основных решаемых в работе задач. Формулируются цель и основные задачи исследования. Обосновываются научная новизна и практическая значимость работы.

В **первой главе** представлен сравнительный анализ моделей ПС, который показывает, что существующие модели не адекватны объекту управления. В них отсутствуют декомпозиция задачи управления во вре-

мени с выделением отдельных задач по степени их оперативности и на основе разложения объекта на ряд обособленных частей; контур обратной связи для корректировки результата и интерактивного внесения изменений в производственный процесс; моделирование ресурсной динамики.

В модель ИПС добавлены новые элементы: управление инновациями (НИОКР), управление интеллектуальными ресурсами, управление информационными ресурсами, анализ задания на выпуск изделий.

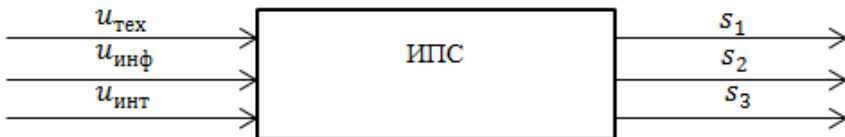
Из анализа задач управления ПС следует, что задача анализа технологических и инновационных возможностей на стадиях проектирования и НИОКР к выпуску новых конкурентоспособных изделий не ставилась. Показана необходимость постановки и решения задач управления ИПС с учетом интеллектуальных ресурсов.

Поставленную задачу управления ИПС при помощи существующих алгоритмов решить невозможно в силу следующих причин: алгоритмы должны учитывать недетерминированный характер входной информации и субъективные оценки ЛПР при принятии решения; позволять находить лучшее решение при множественности критериев оценки; не приводить к потере информации, способной повлиять на конечный результат.

Во **второй главе** выделены классы задач моделирования и управления ХТС. Анализ задач моделирования и управления ХТС и ПС показал, что данные постановки задач не применимы к исследованию ИПС, так как они не учитывают потоки знаний. Рассмотрены особенности ИПС и поставлена задача управления ею.

Под ИПС (рис. 1) будем понимать такую ПС, в которой наряду с технологическими и информационными потоками циркулируют интеллектуальные потоки, позволяющие получить целевое изделие нового качества, обладающего конкурентоспособностью.

Векторы входных параметров: $u_{\text{инф}}$ – информационные потоки, характеризующиеся наличием технологических регламентов; $u_{\text{тех}}$ – технологические потоки; $u_{\text{инт}}$ – интеллектуальные потоки, определяющиеся наличием алгоритмов, программ, совокупностью общечеловеческих навыков, знаний.



1. Инновационно-производственная система

Множество состояний ИПС $s = \langle s_1, s_2, s_3 \rangle$, $s \in S$ определяет функционирование системы, которое зависит от технологических s_1 , технико-экономических s_2 и инновационных s_3 параметров.

Разработана постановка задачи управления ИПС: найти оптимальные решения по управлению инновациями на всех этапах ЖЦИ, при которых достигается максимум эффективности функционирования ИПС с учетом внешней и внутренней сред и ограничениями на ресурсы

$$F(z, v, r^*) = \max_{r \in R} \Theta$$

при условиях

$$z \in Z, v \in V, r = f(u, s), s = \varphi(u), u \in U, s \in S, \quad (1)$$

где r – кортеж решений по управлению инновациями; R – множество кортежей решений по управлению инновациями на всех этапах ЖЦИ; Θ – эффективность функционирования ИПС; Z – множество возможных состояний внешней среды; V – множество возможных состояний внутренней среды; U – множество векторов, характеризующих наличие ресурсов в данный момент времени, определяется технологическими, информационными и интеллектуальными ресурсами.

Раскроем основные ограничения.

Ограничения, накладываемые внутренней средой:

– ограничения, налагаемые расписанием работы ИПС:

$$t_{m \text{ нач}} \leq t_{oiy \text{ нач}}^p \leq t_{m \text{ кон}}, \quad t_{m \text{ нач}} \leq t_{oiy \text{ кон}}^p \leq t_{m \text{ кон}};$$

– ограничения, налагаемые графиком ППР:

$$t_{Ri \text{ нач}} \leq t_{oiy \text{ нач}}^p \leq t_{m \text{ кон}}, \quad t_{Ri \text{ нач}} \leq t_{oiy \text{ кон}}^p \leq t_{m \text{ кон}}.$$

Логические условия:

– каждая операция предшествует или следует не более чем за одной операцией:

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

– все операции, закрепленные за k -м аппаратом, должны быть на нем обработаны (l^k – число операций, обрабатываемых на k -м аппарате):

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

– условия прохождения операций по аппаратам в соответствии с технологическим маршрутом и с учетом лага:

$$t_0 + d_i^{0l} \leq t_i^l, t_i^k + d_i^{kl} + a_i \leq t_i^l, \quad t_i^k + d_i^{k0} + a_i \leq t \quad (k, l \in M_i; \quad i = 1, 2, \dots, m);$$

– условия перехода аппаратов от обработки данной операции к обработке последующей:

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

Ограничения, накладываемые внешней средой:

– история взаимодействия с q -партнером:

$$\Psi_q = \langle \{v_{qt}\} \{c_{qt}\} \{t_t\} \rangle, \quad q = 1 \dots Q_a;$$

– степень информированности о партнере S :

$$\Psi_a \in \Omega', \text{ если для } a \exists \sum_{a=1}^A \sum_{t=t_0}^{t_T} n_{aqt}^0 > k;$$

– отсечение вариантов работы с партнерами, с которыми не было ни одного успешного взаимодействия:

$$\Psi_a \in \Omega', \text{ если для } a \exists \eta_q(t_0) > \delta;$$

– расчет индекса рентабельности:

$$P_i = PVBRB / PVBKB,$$

где $\{t_t\}$ – множество календарных дат, в которые q -й субъект выполнял свои обязательства; $\{v_{qt}\}$ – объем поставки изделий; $\{c_{qt}\}$ – цена за единицу изделия; Q_a – количество субъектов рынка имеющих отношение к изделию $a = 1 \dots A$; k – константа ($k = 100$). Константа показывает, на сколько ИПС информировано о q -м партнере; $0 \leq \delta \leq 1$ – константа, задающая «надежность» q -го партнера на начало планового периода; $\Omega' \subset \Psi$ – множество заданий на выпуск изделий для ИПС на плановый период; $\{n_{aqt}^0\}$ – булева матрица: $n_{aqt} = 1$, если q -й партнер выполнил обязательства по договору на a -е изделие в момент времени t , $n_{aqt} = 0$ в противном случае; $n_{aqt}^0 = 1$, если договор имел место на a -е изделие в момент времени t , $n_{aqt}^0 = 0$ в противном случае; η_q – надежность q -го субъекта; P_i – индекса рентабельности; $PVBRB$ – дисконтированный доход; $PVBKB$ – приведенные инновационные расходы.

Разработан критерий эффективности функционирования ИПС, который представлен в виде функции от нормированных значений локальных показателей Θ_j и их весовых коэффициентов Φ_j :

$$\Theta = \sum_{j=1}^m \Theta_j \cdot \Phi_j .$$

Сформулируем задачу оптимального гарантированного управления ИПС, которая заключается в нахождении управляющих воздействий, максимизирующих математическое ожидание целевой функции F при обеспечении вероятностей выполнения ограничений. Определим на декартовом произведении $Z \times V \times R$ функционал: $F(z, v, r^*): F: Z \times V \times R \rightarrow R^0$, характеризующий решение по управлению инновациями.

Математическое ожидание функционала F формализовано в виде

$$I(Z) = \int_V F(Z, V) F(dZ|V).$$

Технологические требования:

$$\omega_i(Z, V) \geq Q_i, \quad i = \overline{1, n},$$

где Q_i – постоянные величины; ω_i – функционалы, ограниченные на декартовом произведении $Z \times V \times R$ и отображающие это произведение $R^0: \Phi_i: Z \times V \times R \rightarrow R^0$.

Вероятность $\text{Вер}_i(Z)$, $i = \overline{1, n}$ выполнения этих ограничений:

$$\text{Вер}_i(Z) = \int_{E_i(Z)} F(dZ|V),$$

где $E_i(V) = \{Z | \omega_{i_i}(Z, V) \geq Q_i\}$.

Задача гарантированного управления состоит в том, чтобы найти последовательность $\{V_S^*\} \subset V$, на которой

$$I(V_S^*) \rightarrow \mu,$$

где

$$\mu = \sup_V I(V),$$

при удовлетворении требований:

$$\int_{E_i(V_S^*)} F(dZ|V_S^*) \geq \rho_i, \quad i = \overline{1, n}.$$

Обозначим W – пересечение множеств Z и V , для которых выполняются условия:

$$W = V \cap \left\{ Z \mid (\forall l) \int_{E_l(Z)} F(dZ|V) \geq \rho_l \right\}.$$

Тогда задача оптимального гарантированного управления состоит в поиске последовательности $\{V_S^*\} \subset W$, на которой

$$I(V_S^*) \rightarrow \mu,$$

где

$$\mu = \sup_W I(V).$$

Третья глава посвящена построению моделей и алгоритмов управления ИПС.

Модель принятия решений по управлению инновациями в ИПС состоит из следующих процессов: разработка задания на выпуск изделия, распознавание технологического образа ХТС, составление план-графика производства, оценка эффективности ИПС.

На основе этапов принятия решений строится алгоритм построения максимизирующей последовательности для поиска экстремума (1). Исходными данными для работы алгоритма является множество заданий на выпуск изделий, из которого необходимо выбрать наиболее перспективное. Алгоритм состоит из следующих этапов: распознавание технологического образа ХТС и оценка научно-технического уровня задания, выбор ХТС, построение графа состояний функционирования ИПС для выбранной ХТС, проверка построенного графа, при необходимости корректировка, расчет критерия эффективности функционирования ИПС. После расчета критерия эффективности функционирования ИПС полученное значение необходимо сравнить с эталонным, если значение критерия больше эталонного, то формируется задание на выпуск изделия.

На первом этапе построения базовой модели функционирования ИПС осуществляется выбор ХТС из заданного множества для получения конкретного изделия. ХТС определяется перечнем процессов и их связей.

Перечень процессов задан в виде ориентированного графа. Время выполнения i -го процесса j -м аппаратом с использованием l -го интеллектуального ресурса, при наличии информационного ресурса $d - t_{ijld}$.

Задача заключается в том, чтобы для различных исходных ресурсов построить граф состояний функционирования ИПС и выбрать такой порядок распределения исходных ресурсов, который приводил бы к минимальному времени окончания всех процессов.

Для решения задачи построения модели ИПС с учетом переналадок и дефекта ресурса к задаче построения базовой модели функционирования ИПС добавляется расчет дефекта ресурса по формуле

$$Df = \sum_{f=1}^F (R - |u_f|) = FR - N ,$$

где u_f – процессы, выбранные к выполнению на $(f + 1)$ -м шаге.

Для решения задачи строятся все варианты распределения ресурсов с учетом переналадок и дефекта ресурса и выбирается вариант с минимальным временем окончания всех процессов.

Для решения задачи построения модели функционирования ИПС с учетом ограничений на использование непрерывных ресурсов к предыдущей задаче добавляются ограничения на ежедневное использование ресурсов, которые заданы вектором $Q(t) = \{Q(1)(t), Q(2)(t), Q(k)(t), ..., Q(r)(t)\}$ и в любой момент времени не нарушаются ограничения ни по одному из ресурсов, т.е.

$$\sum_{(i, j, l, d) \in F(t)} q_{ijld}^{(k)} \leq Q^{(k)}(t) ,$$

где $F(t)$ – множество проводимых работ.

Для решения задачи строятся все варианты распределения ресурсов с учетом ограничений на использование непрерывных ресурсов и выбирается вариант с минимальным временем окончания всех процессов.

С использованием данных моделей разработаны алгоритмы построения графа состояний функционирования ИПС.

В алгоритме построения графа состояний функционирования ИПС в начале последовательно составляется список процессов, которые на данном шаге могут быть задействованы в построении графа состояний функционирования ИПС. Для этого необходимо, чтобы они не имели предшественников, либо, чтобы их предшественники уже входили в граф. Затем распределяются ХТС, которые необходимо выполнить, и процессы, из которых состоят ХТС, по аппаратам. Все процессы делятся на уникальные процессы, которые не могут быть выполнены другим аппаратом, и неуникальные. Осуществляется проверка наличия соответствующих информационных и интеллектуальных ресурсов.

В качестве критерия оптимизации в данном алгоритме используется «минимальное время выполнения всех ХТС». Время выполнения операций рассчитывается по рекуррентному соотношению.

В процессе построения графа производится учет количества процессов, выполненных на каждом аппарате в конкретной ХТС. На каждом

этапе выбирается менее загруженный аппарат, т.е. если время выполнения процесса соответствующей ХТС не равно нулю и есть свободный аппарат для его выполнения, то выбирается аппарат, который выполнит данный процесс быстрее, а также выбирается наилучшее решение для распределенных $(l - 1)$ процессов предыдущего этапа. Определяется минимальное время выполнения процесса на конкретном аппарате и порядок загрузки выбранного аппарата конкретным процессом. После этого рассчитывается время выполнения ХТС и соответствующих им процессов на конкретном аппарате и суммарное время выполнения ХТС.

В алгоритме построения графа состояний функционирования ИПС с учетом переналадок и дефекта ресурса добавляется дополнительное условие расчета дефекта ресурса и времени переналадок. В процессе построения графа дополнительно определяется минимальное время переналадок для выполнения ХТС, дефект ресурса и порядок загрузки выбранного аппарата конкретным процессом.

В алгоритме построения графа состояний функционирования ИПС с учетом ограничений на использование непрерывных ресурсов после расчета времени переналадок распределяются ресурсы по процессам. Сроки свершения событий сетевого графика будем вычислять следующим образом:

$$T_{l0}^P = 0; T_{l+1}^P = \max_{l \in \Gamma_{l+1}^{-1}} [T_{l+1}^P + t_{ijld}];$$

$$T_{l*}^{\Pi} = T_{l*}^P; T_l^{\Pi} = \min_{l+1 \in \Gamma_l} [T_l^{\Pi} - t_{ijld}].$$

Закончив поиск всех оптимальных пар, которые обеспечивают самое минимальное из значений величины длин наибольшего из путей в одной группе, аналогичный поиск проводится по группе другого ресурса, и так до тех пор, пока они не будут найдены по всем группам. Введением в график найденных топологических изменений заканчивается полный цикл по расчету графа на рассматриваемый день и подготовке к расчетам на последующие.

В **четвертой главе** описана схема алгоритмизации ИПС и приведена программная реализация разработанных алгоритмов.

Схема алгоритмизации (рис. 2) состоит из модулей:

- «Множество заданий на разработку и выпуск изделий» формирует портфель заданий и их запуск в модуль «Анализ заданий»;
- «Анализ заданий» решает задачу сопоставления разнородных ХТС между собой по различным показателям эффективности;
- «Распознавание технологического образа ХТС» решает задачу оценки научного и экономического уровней ХТС, возможностей ее выполнения, разработки рекомендаций о целесообразности ее финансирования;

- «Построение графа состояний функционирования ИПС» учитывает особенности производственной среды, выполняет планирование всех компонентов конструкторского состава изделия с учетом потребности в ресурсах;
- «Оперативный контроль состояний ИПС» в режиме реального времени отображает ход производственного процесса, автоматизирует процесс описания и учета аппаратов, планирование ППР, их выполнения и анализа результатов, определение и обеспечение ресурсами;
- «Оценка эффективности ИПС» производит оценку влияния инноваций на эффективность научно-производственного цикла;
- «Оперативно-календарное планирование» составляет производственное расписание с учетом ограничений и рекомендаций по закупкам, ведет учет данных о ходе производственного процесса;
- «Объемно-календарное планирование» осуществляет оценку выполнимости производственной программы, дает представление о динамике потребления ресурсов.

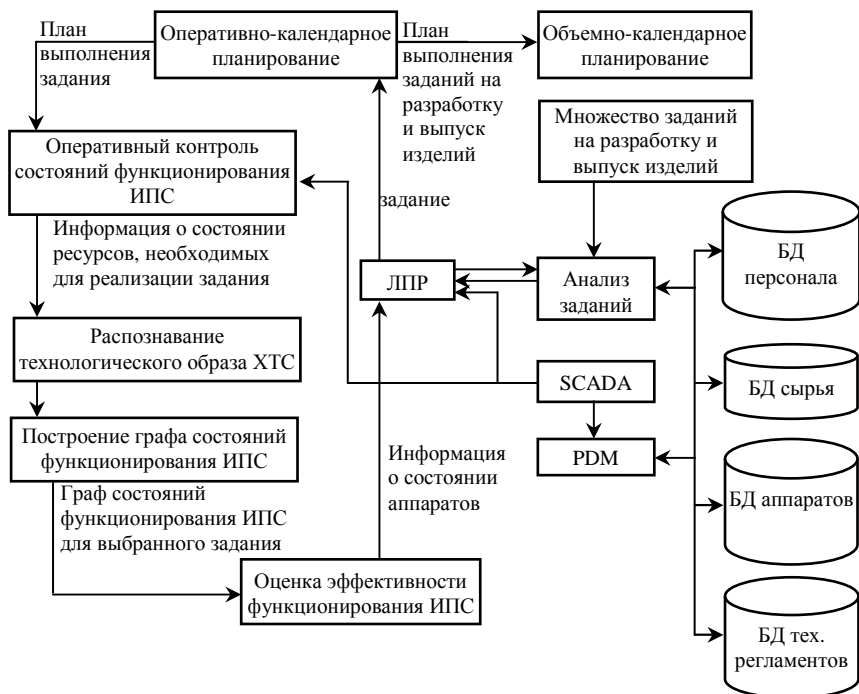


Рис. 2. Схема алгоритмизации ИПС

Для хранения и получения данных об изделиях и ходе производственного процесса используются: SCADA, PDM, БД аппаратов, БД сырья, БД персонала, БД технологических регламентов.

Для решения поставленной задачи разработана СУ ИПС, которая включает в себя следующие модули и веб-службы:

1. Веб-служба информирования о состоянии аппаратов предоставляет информацию о текущем состоянии аппаратов: в ремонте, свободен/готово к эксплуатации, поступление новых аппаратов.

2. Веб-служба информирования о времени выполнения процессов предоставляет информацию о структуре производимых изделий, технологии их производства, а также формирует список процессов для их производства.

3. Веб-служба информирования о состоянии нормативных запасов предоставляет информацию о наличии того или иного вида запасов и процессах, в которых они используются.

4. Модуль построения графа состояний функционирования ИПС решает следующие задачи построения: первоначального графа состояний функционирования ИПС; графа состояний функционирования ИПС с учетом переналадок и дефекта ресурса; графа состояний функционирования ИПС с учетом ограничений на использование непрерывных ресурсов;

5. Внешний интерфейс пользователя отображает информацию, полученную от модуля построения графа состояний функционирования в различных разрезах по требованию ЛПР.

СУ ИПС реализована на языке программирования C#, на котором написаны базовые классы и алгоритм построения графа состояний функционирования ИПС.

В качестве host-системы выбрана Microsoft Windows Server 2003 Standard Edition, СУБД – Sql Server 2008 Express Edition, среды разработки – MSVisual Studio 2008. Создана отдельная библиотека классов построения графа состояний функционирования ИПС. Каждый из этих классов можно использовать отдельно для решения смежных задач.

Интерфейс пользователя реализован при помощи ASP.NET 3.5 SP1. ASP.NET-страница создает объекты классов и после инициализации списков аппаратов и процессов, выводит диаграмму Ганта по рассчитанному графу состояний функционирования состояний ИПС. Внешний интерфейс взаимодействует с модулями СУ ИПС для получения текущей информации о ходе производственного процесса. Для оперативного управления корректировкой графа состояний функционирования ИПС используется веб-служба, в которую поступает информация о том, что поступил новый аппарат или вышел из строя, и веб-служба, которая обновляет информацию о времени выполнения процессов на том или ином аппарате. С помощью технологии LINQ2SQL и ASP.NET DynamicData создаются веб-страницы интерфейса к базе данных.

СУ ИПС выполняет следующие функции: расчет календарных планов; просчет вариантов выполнения плана при различных ограничениях на ресурсы и учет затрат по всем видам операций; планирование ППР с учетом графика работы аппаратов; корректировка графиков обслуживания аппаратов с учетом истории эксплуатации; поддержка принятий решений при прогнозировании и выполнении технического обслуживания и ремонта, модернизации аппарата, снятии с эксплуатации.

СУ ИПС предназначена для оперативной диагностики состояний ИПС, помощи ЛПР в обнаружении неисправностей в технологическом процессе и принята к опытной эксплуатации в ОАО «Корпорация «Росхимзащита».

В **заключении** приведены результаты работы и основные выводы.

В **приложении** описаны организация базы данных СУ ИПС, пример работы с СУ ИПС, представлены акты использования результатов диссертации.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Исследована ИПС как объект управления, отличительной особенностью которой является наличие кроме технологических и информационных потоков потоков знаний.

2. Осуществлена математическая постановка задачи управления ИПС, позволяющая находить оптимальное управление на каждом этапе ЖЦИ.

3. Построены модели функционирования ИПС с учетом переналадок и дефекта ресурса, учетом ограничений на использование непрерывных ресурсов.

4. Разработаны алгоритмы построения графа состояний функционирования ИПС, критерий эффективности функционирования ИПС, используемый при алгоритмизации.

5. Разработано программное обеспечение СУ ИПС, включающее интерактивный диалог пользователя с системой, позволяющий в режиме реального времени получать информацию о наличии всех видов ресурсов, ходе производственного процесса и оперативного управления им.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

Ведущие рецензируемые научные журналы, рекомендованные ВАК РФ:

1. Панченко, И.С. Особенности инновационно-производственной системы как объекта управления / И.С. Панченко // Вопросы современной науки и практики. Университет им. Вернадского. – 2011. – № 4(35). – С. 102 – 105.

2. Maveykin, V.G. Designing of management system of innovative-production system / V.G. Maveykin, B.S. Dmitrievsky, I.S. Panchenko // Вестник Тамбовского государственного университета. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 289 – 296.

3. Матвейкин, В.Г. Построение графа состояний функционирования инновационно-производственной системы / В.Г. Матвейкин, Б.С. Дмитриевский, И.С. Панченко // Системы управления и информационные технологии. – 2011. – № 1(43). – С. 37 – 40.

4. Панченко, И.С. Проектирование инновационно-производственной системы с учетом ограничений на использование непрерывных ресурсов / И.С. Панченко // Вопросы современной науки и практики. Университет им. Вернадского. – 2012. – № 1(37). – С. 66 – 76.

5. Матвейкин, В.Г. Программный комплекс управления инновационно-производственной системой / В.Г. Матвейкин, Б.С. Дмитриевский, И.С. Панченко // Программные продукты и системы. – 2012. – № 1. – С. 65 – 69.

Тезисы докладов на конференциях:

6. Панченко, И.С. Построение модели инновационно-производственной системы / И.С. Панченко // Информационные технологии в образовании, науке и производстве : сб. тр. 4 Междунар. конф. / Серпухов, 2010 г. – Серпухов, 2010. – С. 203 – 206.

7. Матвейкин, В.Г. Информационная система построения графа состояний функционирования инновационно-производственной системы с учетом переналадок и дефекта ресурса / В.Г. Матвейкин, Б.С. Дмитриевский, И.С. Панченко // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XI Междунар. науч.-метод. конф. / Воронеж, 10–11 февраля 2011 г. – Воронеж : ИПЦ Воронеж. гос. ун-та, 2011. – С. 26 – 30.

8. Матвейкин, В.Г. Задача управления инновационно-производственной системой / В.Г. Матвейкин, Б.С. Дмитриевский, И.С. Панченко // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-24 : сб. тр. XXIV Междунар. науч. конф. : В 10 т. / под общ. ред. В.С. Балакирева. – Пенза : Пенз. гос. технол. академия, 2011. – Т. 8. Секция 12. – С. 83–84.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

9. Формирование графа состояний функционирования инновационно-производственной системы : свид-во о гос. рег. программы для ЭВМ / И.С. Панченко. – № 2011619005 ; зарег. в Реестре программ для ЭВМ 18 ноября 2011 г.

10. Формирование графа состояний инновационно-производственной системы с учетом ограничений на использование непрерывных ресурсов : свид-во о гос. рег. программы для ЭВМ / И.С. Панченко. – № 2012615688 ; зарег. в Реестре программ для ЭВМ 22 июня 2012 г.