

# КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

*J. Pisarenko, E. Melkumyan*

## **SOME COMPONENTS OF INTELLECTUAL SYSTEM "CONTROL\_TEP"**

*An overview of some components of the developed intelligent system "CONTROL\_TEP" using intelligent robots is considered.*

*Key words: intelligent systems, robotics, mathematical software, virtual environment.*

*Проводиться короткий огляд деяких компонент розроблюваної інтелектуальної системи «УПРАВЛІННЯ\_ТЕП» з використанням інтелектуалізованих роботів. Ключові слова: інтелектуальна система, робототехніка, математичне забезпечення, віртуальне оточення.*

*Проводится краткий обзор некоторых компонент разрабатываемой интеллектуальной системы «УПРАВЛЕНИЕ\_ТЕП» с использованием интеллектуализированных роботов.*

*Ключевые слова: интеллектуальная система, робототехника, математическое обеспечение, виртуальное окружение.*

© Ю.В. Писаренко,  
Е.Ю. Мелкумян, 2014

УДК 004.896

Ю.В. ПИСАРЕНКО, Е.Ю. МЕЛКУМЯН

## **НЕКОТОРЫЕ КОМПОНЕНТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ «УПРАВЛЕНИЕ\_ТЕП»**

**Введение.** В последние десятилетия из-за увеличения сложности производства с применением энергоемких технологий, радиоактивных и токсичных веществ техноэкологические происшествия (ТЭП), вероятность возникновения которых достаточно высока, становятся практически неизбежными. Недостаточность средств на проведение плановых ремонтных работ и замену изношенного оборудования, снижение требований к эффективности работы надзорных органов и государственной инспекции, падение технологической и производственной дисциплины, снижение уровня квалификации обслуживающего персонала приводит к необратимым последствиям. Особую опасность в этой ситуации представляют объекты угольной, химической и атомной промышленности. Впечатляющие факторы, возникающие при этом, образуют экстремальные условия для выживания в них не только работников, которых спасают, но и личного состава спасателей, которые ликвидируют последствия аварий. Уменьшить степень участия человека при проведении работ в опасных условиях можно, используя интеллектуализированные роботы (ИР).

Учитывая вышеизложенное, в Институте кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины разрабатывается концепция интеллектуальной системы «УПРАВЛЕНИЕ\_ТЕП» и ее основные компоненты при участии сотрудников Национального технического университета Украины «Киевского политехнического института» кафедры технической

кибернетики факультета информатики и вычислительной техники.

На основании проведенного обзора существующей литературы выявлена высокая актуальность проблемы создания интеллектуальной системы (ИС) «УПРАВЛЕНИЕ\_ТЭП» в целом, включая создание концепции всей информационно-аналитической системы (ИАС\_tir) поддержки создания и функционирования технопарка интеллектуализированных роботов (ТИР), генерацию принципов структурирования ТЭП с позиции формирования технопарка ИР, привязанных к структуре всего множества ТЭП.

**Математическое обеспечение поддержки работы виртуального окружения функционирования ИР.** Одной из задач интеллектуальной системы «УПРАВЛЕНИЕ\_ТЭП» является моделирование параметров и функций ИР в среде виртуального окружения.

Учитывая данное, рассмотрены принципы и результаты разработки информационной технологии (информационное, математическое, алгоритмическое и программное обеспечение) для задач имитационного моделирования ИР во внешней среде.

Развиваемое коллективом авторов [1, 2] математическое обеспечение можно представить в общем виде.

Пусть в классе  $V$  управлений, для которого существует решение задачи (начальной либо краевой, либо начально-краевой) (1), (2):

$$M: t, \bar{x} \rightarrow \Phi(t, \bar{x}) \in H; t, \bar{x} \in D \quad (1)$$

уравнение эволюции вектор-функции  $\Phi(t, \bar{x})$ :

$$Q_U \Phi(t, \bar{x}) = W(t, \bar{x}), \quad (2)$$

где  $W(t, \bar{x}) \in F$ ,  $F$  – функциональное пространство, которому принадлежит математическая модель  $W(t, \bar{x})$  постоянно действующего источника; оператор  $Q_U$  – нелинейный, зависящий от времени  $t$ , неограниченный и зависящий от нестационарного управления  $U(t) \in V$ .

Для всех  $U(t) \in V$  при  $t \in (0, T)$  можно ставить задачу синтеза такого управления  $U^*(t) \in V$ , для которого решение уравнения:

$$Q_U * \Phi(t, \bar{x}) = W(t, \bar{x}) \quad (3)$$

удовлетворяет необходимому критерию управляемости:

$$\Phi_1(t, \bar{x}) < \Phi(t, \bar{x}) < \Phi_2(t, \bar{x}), \quad t \in (0, T) \quad (4)$$

с заданными мажорирующими функциями  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  из пространства  $V$ .

Критерий управляемости (4) для разных предметных областей выбирается индивидуально.

**Формализация задач виртуального моделирования компоновки и работы ИР для типовых ТЭП.** Задача виртуального моделирования ИР делится на три этапа (рис. 1).

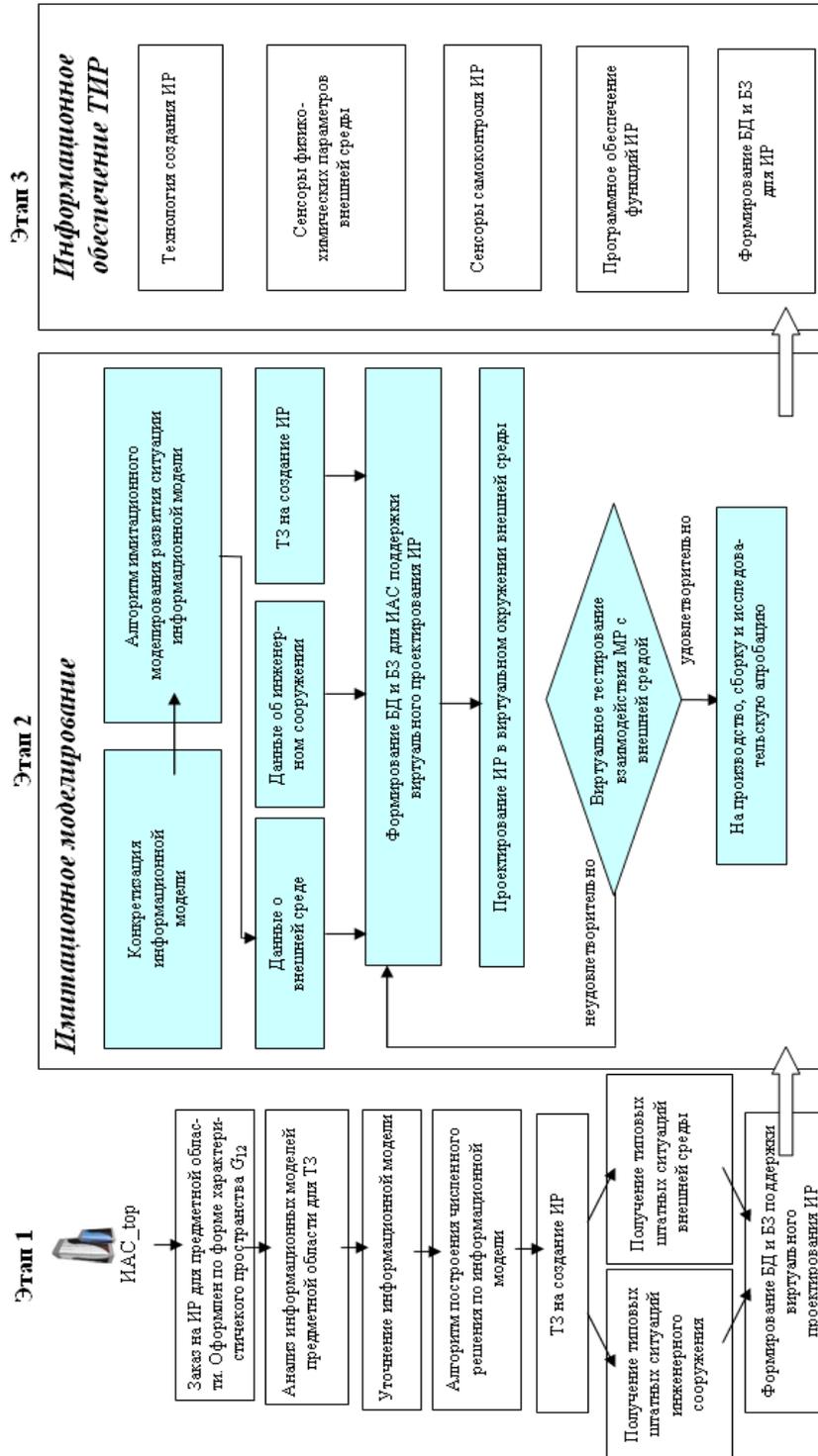


РИС. 1. Этапы виртуального моделирования ИР в рамках ИС «УПРАВЛЕНИЕ\_ТЭП». ИАС – информационно-аналитическая система; ТЗ – техническое задание;  $S_{12}$  – 12-мерное характеристическое пространство описания ТЭП; ТИР – технопарк интеллектуализированных роботов

Этап 1. Формирование технического задания (ТЗ) от заказчика на компоновку ИР.

Этап 2. Синтез образца ИР, используя комплектующие подчиненного ТИР, и проведение имитационного моделирования движения ИР в заданном инженерном сооружении (ИНС) для выявления ошибки, определения недостающих элементов, получения информации о коэффициенте использования комплектующих, а также отработки функций ИР в автономном режиме и с участием ситуационного центра (СЦ) и др.

Этап 3. Формирование задания на производство экспериментального образца ИР.

Рассмотрим работу этапа 2. Для проведения более эффективного моделирования необходимо рассматривать объект «внешняя среда + зона влияния ТЭП + ИР + СЦ» как сложную систему в смысле системного анализа и формировать для этого соответствующую многоуровневую блочно-иерархическую систему математических моделей различного уровня детализации. Таким образом, процесс виртуальной компоновки и моделирования движения ИР является многоитерационным и требует дальнейшего развития. На этапе 2, для уменьшения вычислительных нагрузок на бортовой процессор синтезируемого ИР для задач мониторинга типовых ТЭП, виртуальное моделирование движения манипуляционной системы предложено обеспечить для основных штатных состояний ИНС и наиболее вероятных нештатных ситуаций системы с помощью автоматизированной информационно-аналитической системы ИАС\_top. Результаты вычислений в форме векторных файлов распределения базовых характеристик среды загружаются в бортовое хранилище ИР.

Методика автоматизации процедуры синтеза образца ИР на этапе виртуального моделирования и его движения в виртуальном окружении заданной внешней среды представлена в работах [1–5]. При этом функционально структуру виртуального окружения можно разделить на три основных уровня: физическая среда, виртуальная среда, пульт оператора.

Следует отметить, что функции ИР могут быть реализованы как на самом ИР, так и в региональном СЦ.

Система управления (СУ) автономным ИР строится по иерархическому многоуровневому принципу:

- 1 уровень – СУ поведением (стратегический уровень),
- 2 уровень – СУ движением (тактический уровень),
- 3 уровень – СУ исполнительными механизмами (приводной уровень).

В работе [2] авторами затрагивается тактический уровень и решается задача обеспечения управления формой траектории движения манипуляционной системы ИР и режимами работы бортовых средств дистанционной регистрации с учетом необходимости беречь ресурсы энергии и после цикла обследования Объекта вернуться на Базу самостоятельно.

Для воспроизведения сложной системы взаимодействующих элементов этапа 2 виртуального моделирования требуется получить описание процесса, развивающегося во времени.

Состояние каждого элемента моделируемой системы описывается набором параметров, хранящихся в памяти компьютера в виде таблиц. Взаимодействия элементов системы описываются алгоритмически. Моделирование осуществляется в пошаговом режиме. На каждом шаге моделирования изменяются значения параметров системы. Программа, реализующая имитационную модель, отражает изменение состояния системы, выдавая значения ее искомым параметров в виде таблиц по шагам времени или в последовательности происходящих в системе событий. Для визуализации результатов моделирования часто используется графическое представление, в том числе анимированное.

Предлагаемое решение задач виртуального моделирования, например, при исполнении мониторинга стесненных условий ИНС типа шахты в режиме автономного управления, позволяет:

- 1) смоделировав виртуальное окружение, в котором движется манипуляционная система ИР, просчитать варианты возможных траекторий движения;
- 2) для семейства «всех» возможных и приемлемых для выполнения основной задачи траекторий манипуляционной системы синтезировать оптимальную траекторию (по энергоэкономическим характеристикам и с учетом особенностей ИНС), важных для обследования Объекта;
- 3) определить параметры бортового программного обеспечения ИР для распределения объема выполняемых им вычислений между серверной и аппаратной частями в рамках автоматизированной ИАС\_top.

При этом предусматривается остаток запаса энергии в бортовых источниках, необходимый для того, чтобы ИР мог вернуться на Базу. Предполагается передача накопленной информации об Объекте на Базу и далее в СЦ (с учетом низкой пропускной способностью канала связи on-line с Базой и низкой мощности передатчика ограниченной ёмкостью бортового источника питания).

Таким образом, на этапе 2 процесс моделирования затрагивает два режима функционирования ИР:

- 1) моделирование автономной работы ИР с элементами принятия решения ИР (рис. 2, блоки 2–11);
- 2) моделирование работы в паре <СЦ, ИР> для решения более сложных задач, не учитывающих алгоритмы бортового программного обеспечения ИР (рис. 2, блоки 1–14). Диаграмма последовательностей процесса взаимодействия элементов второго этапа виртуального моделирования, развивающегося во времени, показана на рис. 3.

Распознавание образов (данных об Объекте мониторинга) происходит на серверной части аппаратного обеспечения ИР (как части ИАС\_top в СЦ), а обновление массива координат траектории – на бортовой части ИР только после получения соответствующего запроса.

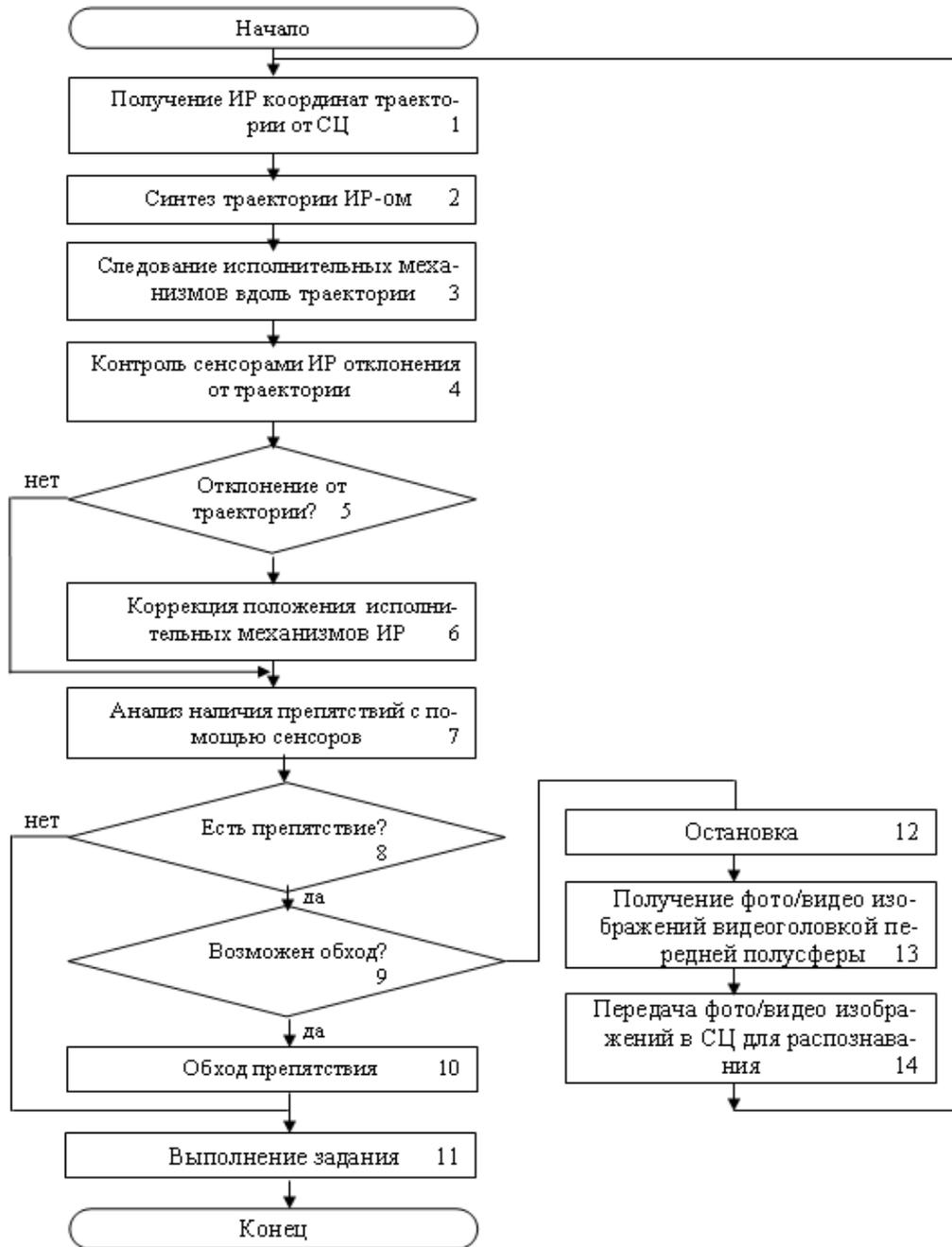


РИС. 2. Алгоритм синтеза траектории при взаимодействии пары <СЦ, ИР> в рамках виртуального окружения ИАС\_top

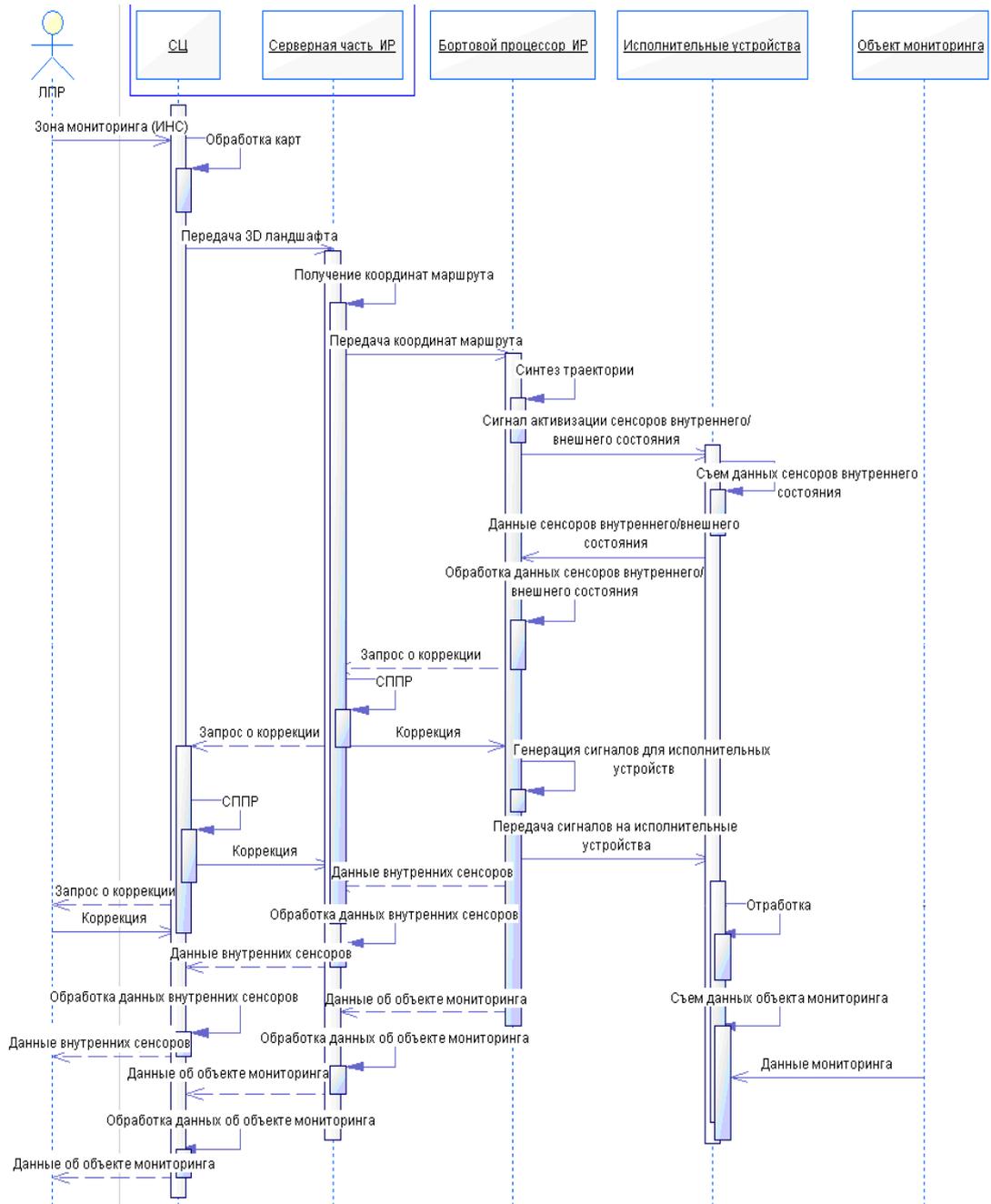


РИС. 3. Диаграмма последовательностей процесса взаимодействия элементов пары <ЦЦ, ИР> во времени. Показано: ЛПР – лицо, принимающее решение, СППР – система поддержки принятия решений

В случае обращения в СЦ за инструкциями в нештатной ситуации передаются данные о:

- состоянии батареи;
- координаты ИР относительно начала Объекта мониторинга;
- данные внутренних/внешних сенсоров.

Исходя из того, что на сегодняшний момент при возникновении ТЭП на шахтах уровень загрязненности, информация о текущей геометрии завала и т. п. определяется людьми вручную без использования дополнительной техники, возникла необходимость автоматизировать процесс мониторинга ТЭП, а также, усовершенствовать информационную базу анализа типовых ТЭП и компоновки подходящей оптимальной конфигурации ИР.

В частности, в данной работе в качестве примера предлагается следующий вариант задачно-ориентированной инструкции (ЗОИ) для обеспечения управления формой траектории движения манипуляционной системы ИР при выполнении исследования стесненных условий ИНС типа шахты (длиной не более 60 м) на этапе 2 виртуального моделирования:

1) заехать в туннель, выполнять программу обследования шахтной атмосферы, приблизиться к Объекту мониторинга (узкое место);

2) после выполнения пункта 1), задействовать манипуляционную систему для выполнения программы обследования пункта 4);

3) в процессе выполнения всех этапов, с заданной периодичностью определять свои текущие координаты (относительно начала туннеля): задействовать показания отклонений трехосного гироскопа, акселерометра, диаметр шестерен гусеничного шасси;

4) в процессе выполнения данного пункта по показаниям дальномеров следить за наличием препятствий. Если препятствия не обнаружены, то выполнять пункт 4), двигаясь вдоль объекта по «базовой траектории обследования» (заложенной в программе), следить за отклонением, корректировать положение углов на сервомоторах шарниров. Если препятствие обнаружено, то переходить к пункту 6) «Процесс синтеза траектории на борту ИР»;

5) обновить массив координат траектории (запрос на Базу), синтезировать траекторию, продолжить движение вдоль полученной траектории с учетом пункта 5). Если обойти препятствие невозможно, то выполнять пункт 7);

6) включить режим экономии батареи, ждать дальнейших Инструкций от Базы; управление движением робота в среде с препятствиями;

7) одновременно со всеми этапами включить программу текущего контроля остатка энергозапаса бортовых двигателей и по достижению критических значений энергозапаса прекратить все измерения и возвращаться на Базу повторив маршрут в обратном порядке (в случае исчерпания остаточного энергоресурса бортовых систем до  $1/3 \cdot E$  ( $E$  – полный заряд батареи) сообщить СЦ о переходе в режим «Возврат на Базу»).

В работах [4, 5] предлагается архитектура системы виртуального моделирования (ИАС\_top) для решения указанных задач виртуального моделирования компоновки и работы ИР для мониторинга типовых ТЭП.

Как отмечалось выше, одним из этапов проведения виртуального моделирования является автоматизация оптимальной компоновки образца ИР из ТИР для решения поставленной задачи (рис. 4).

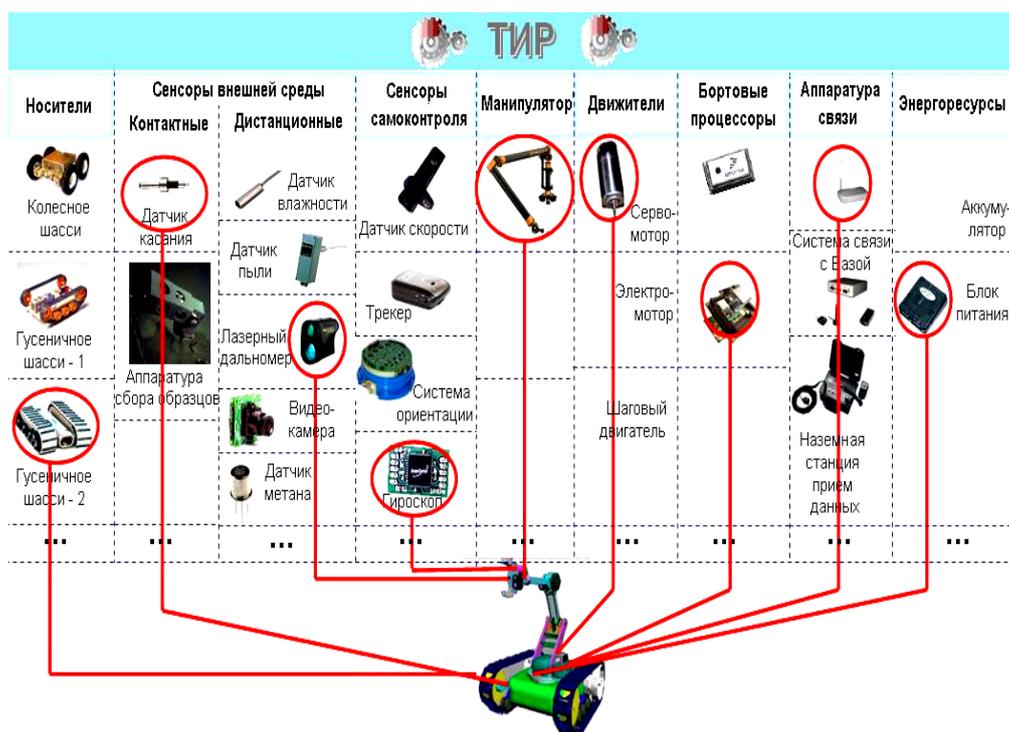


РИС. 4. Процесс синтеза ИР в структурированном ТИР

Суть предлагаемого подхода к синтезу ИР, ориентированного на мониторинг ТЭП, заключается в использовании структурированного ТИР в терминах характеристического пространства  $G_{12}$  [3]. В работах [2, 5] для задач ликвидации ТЭП в регионах Украины, где развита угледобывающая отрасль, в качестве примера приведен состав типовых компонент технического оснащения ТИР для наземных ИР, ориентированных на мониторинг шахтных туннелей.

**Выводы.** Указана высокая актуальность разработки интеллектуальной системы (ИС) «УПРАВЛЕНИЕ\_ТЭП». Рассмотрены отдельные вопросы создания компонентов информационного, математического, алгоритмического, программного, организационного и технического обеспечения ИС «УПРАВЛЕНИЕ\_ТЭП». Приведены основные этапы моделирования функционирования

ИР в виртуальном окружении. Разработана UML-диаграмма последовательностей процесса взаимодействия элементов пары «ситуационный центр-интеллектуализированный робот» (<СЦ, ИР>) во времени. Рассмотрен один из основных вопросов разработки ИС «УПРАВЛЕНИЕ\_ТЕП» – синтез интеллектуального робота в рамках технопарка интеллектуальных роботов. Затронут один из этапов проведения виртуального моделирования, автоматизация оптимальной компоновки образца интеллектуализированного робота из технопарка ТИР для решения поставленной задачи.

1. *Писаренко В.Г.* Системний аналіз складних об'єктів. – К.: УкрІНТЕІ, 2009. – 133 с.
2. *Писаренко В.Г., Писаренко Ю.В., Мелкумян Е.Ю. и др.* Применение робототехники для обследования шахты после обвала // Искусственный интеллект. – 2010. – № 4. – С. 528 – 534.
3. *Писаренко В.Г., Писаренко Ю.В.* Разработка информационно-аналитической системы поддержки принятия решений по управлению опасными быстропротекающими технологическими происшествиями // Міжнародна конференція “50 років Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України”, Україна, Київ, 24-26 грудня 2007 року. Праці конференції. – К., 2008. Вид-во ІК ім. В.М. Глушкова НАН України. – С. 214 – 222.
4. *Писаренко Ю.В.* Виртуальное проектирование интеллектуализированных роботов для разведки и нейтрализации опасных экологических происшествий. – Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – НАН Украины, Институт кибернетики имени В.М. Глушкова. – Киев. – 2006. – 20 с.
5. *Мелкумян Е.Ю.* Автоматизированная система мониторинга типовых техноэкологических происшествий. – Автореф. дис. канд. техн. наук. – Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт". – Киев. – 2011. – 20 с.

Получено 12.09.2014