

УДК 004.9:504.056:656[470.319]

ББК 20.18:39.3/.9

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА**

**Иващук О. А.<sup>1</sup>**

*(Орловский государственный аграрный университет, Орел)*

**Константинов И. С.<sup>2</sup>**

*(Орловский государственный технический университет,  
Орел)*

*Предложена модель автоматизированной системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса (одной из важнейших составляющих экономики). Она основана на новом представлении объекта управления и идее адаптивности к изменениям, происходящим в окружающей среде и самом объекте, реализующейся включением в состав системы экспертно-информационной подсистемы. Рассмотрена структура данной подсистемы.*

Ключевые слова: система управления, адаптивное управление, автоматизация, промышленно-транспортный комплекс, экологическая безопасность.

### **1. Введение**

Промышленно-транспортный комплекс (ПТК) – важнейшая составляющая экономики РФ, необходимая для производства товаров и услуг, являющаяся крупнейшим источником занятости и дохода населения страны, и, одновременно, мощный источник техногенного загрязнения природной сферы [10]. Это

---

<sup>1</sup> Ольга Александровна Иващук, кандидат физико-математических наук, доцент ([ivascuk@orel.ru](mailto:ivascuk@orel.ru)).

<sup>2</sup> Игорь Сергеевич Константинов, доктор технических наук, профессор ([konstantinov@ostu.ru](mailto:konstantinov@ostu.ru)).

определяет необходимость создания эффективной системы управления экологической безопасностью (ЭБ) ПТК, а именно состоянием защищенности окружающей природной среды от негативных воздействий ПТК и их последствий при сохранении достаточных темпов развития самого комплекса. При этом следует учитывать особенности современного состояния ПТК в России, а также специфику формирования экологической ситуации на территории, находящейся в зоне влияния объектов промышленности и транспорта.

ПТК представляет собой сложную организационно-техническую систему, объединяющую промышленные и транспортные предприятия, подвижной состав всех видов собственности, а также сферу их проектирования, строительства, реконструкции, ремонта и содержания, дорожное хозяйство, службу управления движением.

Сегодня ко всем составляющим ПТК предъявляются требования организации инновационной деятельности. Они должны быть готовы и способны в любой момент и сжатые сроки перейти на создание новых, более эффективных или видоизмененных продукции и услуг, обладающих новым качеством и значительным потенциалом коммерческой реализации.

Как источник негативного техногенного воздействия на компоненты природной среды каждый элемент ПТК характеризуется своими особенностями, определяющими образование, распространение и накопление загрязнений различного вида в пространстве и в результате возможность возникновения зон экологически неблагоприятной обстановки, отличающихся по размерам и устойчивости. Здесь особую роль следует отвести передвижным источникам, прежде всего, автомобильному транспорту. Численность автомобилей в регионах России постоянно растет, они рассредоточены по всей территории и образуют потоки различной интенсивности на автодорогах. С этим связано постоянное изменение состояния природной среды (особенно воздушного бассейна) в населенных пунктах страны [2, 10].

Таким образом, современные условия развития ПТК в России определяют высокую динамику как самого комплекса (в том

числе всех его составляющих), так и экологической обстановки, формируемой на территории, находящейся в зоне влияния объектов промышленности и транспорта. В результате для обеспечения эффективного функционирования системы управления ЭБ ПТК необходимо выполнение таких требований, как гибкость и мобильность по отношению к изменениям в производственной сфере и адаптивность к текущим изменениям в окружающей среде.

## **2. Постановка задачи**

Управленческая деятельность в сфере ЭБ ПТК, осуществляемая сегодня в России (в различных ее субъектах, а также на отдельных объектах ПТК), базируется на использовании стационарных моделей. Это, например, модель предполагаемой антропогенной нагрузки на окружающую среду, модели нормальной и неблагоприятной экологической обстановки на рассматриваемой территории. Они формируются по результатам анализа деятельности различных объектов экономики и природно-климатических особенностей на рассматриваемой территории и установления на определенный срок экологических нормативов (в виде предельно допустимых воздействий различного вида от объектов ПТК на компоненты природной среды) [9, 11].

При этом принятие управленческих решений и реализация конкретных регулирующих мероприятий, необходимых по причине произошедших в ПТК или окружающей среде текущих изменений, влияющих на качество природной сферы, будет осуществляться с задержкой. Время задержки  $t_3$  может быть существенным и зависит от сроков выявления самих изменений и (связанного с этим) пересмотра и введения новых экологических нормативов для различных объектов ПТК.

Таким образом, существующий подход к управлению ЭБ ПТК не может обеспечить выполнение требования адаптивности, мобильности и гибкости, определяемые современными условиями развития ПТК в стране.

За время  $t_3$  управляемая система может выйти из области допустимых состояний, соответствующей приемлемому уровню

качества окружающей среды для проживания и деятельности людей на рассматриваемой территории. Более того, в результате достижения  $t_3$  некоторого критического значения, так же как и в результате выбора и реализации нерационального управляющего воздействия, траектория движения системы может зайти в область критического отклонения, при котором начнут возникать устойчивые в пространстве и времени экологически опасные зоны.

Для обеспечения результативного регулирования экологической обстановки, формируемой при взаимодействии объектов промышленности и транспорта с компонентами природной среды, была поставлена следующая задача. Разработать систему управления ЭБ ПТК, способную обеспечить

- получение полной и адекватной экоинформации об уровне ЭБ ПТК на данной территории, оперативное доведение ее до всех заинтересованных сторон (органов управления, специалистов-экспертов, общественности);

- выявление причинно-следственных связей и определение закономерностей функционирования ПТК и его воздействия на окружающую среду;

- формирование достаточно полного множества альтернативных сценариев управления, сформированных на основании прогноза развития сложившейся экологической ситуации и интегральной оценки результатов этого прогноза;

- выработку научно обоснованных управляющих решений и реализацию рациональных регулирующих мероприятий (в том числе оперативных) по снижению и предотвращению негативного воздействия ПТК на природную среду.

В связи с вышесказанным, подобная система управления должна оперативно и эффективно реагировать на текущие изменения в самом объекте управления и в окружающей среде.

Все это на сегодняшний момент возможно только при использовании автоматизации, компьютеризации, передовых информационных технологий на всех этапах управления: от наблюдения и контроля до принятия управленческих решений.

### 3. Модель объекта управления

При управлении ЭБ ПТК обеспечивается состояние защищенности природной среды на определенном уровне иерархии административно-территориального деления (федеральном, региональном, муниципальном, районном, а также на локальных территориях) от негативного влияния ПТК, действующего именно на рассматриваемой территории. При этом должно быть достигнуто такое функционирование образованных на данной территории природно-технических систем, при котором действительное (в данный момент времени  $t$ ) состояние компонентов природной среды  $X(t)$ , взаимодействующих с объектами промышленности и транспорта, будет максимально приближено к требуемому целевому состоянию  $X_0$ . Значение составляющих вектора  $X_0$  соответствует нормативам качества окружающей среды [11], таким как предельно-допустимые концентрации химических соединений в ее компонентах, предельно допустимые уровни и предельно-допустимые дозы физического воздействия (шумовое, электромагнитное, радиационное, тепловое и др.), предельно-допустимое размещение отходов и т.п.

Реально управляемыми являются параметры конкретных объектов ПТК, которые определяют условия и результат их функционирования как с экономической (объемы и качество продукции и услуг), так и с экологической (мощность негативного воздействия на природную среду) точки зрения.

Таким образом, объект управления – объект ЭБ ПТК – является сложной системой. Она не только имеет собственную траекторию движения в пространстве состояний, но и каждый из ее элементов имеет собственные, относительно самостоятельные, но взаимосвязанные тенденции к развитию их состояния. Изменения в траектории движения одной из подсистем ведут к изменениям траектории других. Поэтому важно выявить основные подсистемы объекта управления и определить множество параметров, которые определяют как траекторию движения каждой из них, так и влияние на изменение состояния других; особо важно выявить реально управляемые параметры.

В связи с вышесказанным будем рассматривать объект ЭБ ПТК как объект управления в виде двух устойчиво взаимодействующих подсистем:

– природный комплекс как организованная часть внешней среды (вычлененная из нее), взаимодействующая с ПТК, а именно *компоненты природной среды* (например, атмосферный воздух, акустическая среда, водные объекты и т.п.), на которые оказывают вредные воздействия объекты промышленности и транспорта на рассматриваемой территории и в которых распространяются и накапливаются загрязнения различного вида;

– непосредственно *ПТК*, функционирующий на рассматриваемой территории и представляющий собой, как указано выше, сложную динамическую организационно-техническую систему.

Исходя из современного состояния ПТК в стране, представляется рациональным провести, в свою очередь, декомпозицию ПТК на две составляющие, отличающиеся способами и условиями образования выбросов загрязнений: подсистему *стационарных источников ПТК* (промышленные и транспортно-дорожные предприятия) и подсистему *передвижных источников ПТК* (транспортные средства).

Модель объекта управления с указанием информационных потоков показана на рис. 1 [3].

На схеме выделены следующие параметры:

$X$  – вектор состояния природной среды на рассматриваемой территории. Его составляющие – выбранные для контроля показатели качества компонентов природной среды (концентрация вредных примесей, эквивалентный уровень шума и др.);

$Z_c, Z_n$  – векторы состояний стационарных и передвижных источников ПТК, одновременно характеризующих их деятельность как объектов экономики и определяющих мощность негативного воздействия на природную среду. Составляющие вектора  $Z_c$  – это, например, технологические и технические параметры, объемы и качество потребляемых ресурсов и готовой продукции, мощность очистных сооружений, а вектора  $Z_n$  – параметры транспортных потоков и т.п.;

$x_c, x_n$  ( $x_c, x_n \in X$ ) – векторы воздействий состояния компонентов природной среды на выделенные подсистемы ПТК;

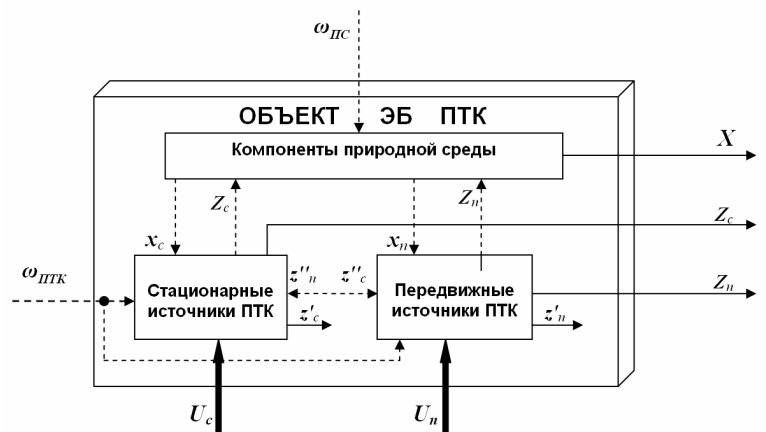


Рис. 1. Модель объекта управления – объекта ЭБ ПТК

$z'_c, z'_n$  ( $z'_c \in Z_c, z'_n \in Z_n$ ) – векторы результатов деятельности стационарных и передвижных источников ПТК именно как объектов экономики;

$z''_c, z''_n$  ( $z''_c \in Z_c, z''_n \in Z_n$ ) – векторы воздействий состояния выделенных составляющих ПТК друг на друга;

$\omega_{ПС}$  – вектор внешних воздействий на компоненты природной среды, которые влияют на распространение и накопление загрязнений, поступающих от ПТК, на рассматриваемой территории. К ним относятся, например, природно-климатические параметры, особенности инфраструктуры региона, фон;

$\omega_{ПТК}$  – вектор внешних воздействий на стационарные и передвижные источники ПТК, влияющих на результаты их деятельности, производственные и транспортные параметры, определяющие уровень экологической опасности;

$U_c, U_n$  – векторы управляющих воздействий на стационарные и передвижные источники ПТК.

Лица, принимающие управляющие решения, должны быть обеспечены всей необходимой информацией для выработки (в случае возникновения в момент времени  $t$  неблагоприятной экологической обстановки в зоне влияния ПТК) таких воздействий  $U_c(t)$  или  $U_n(t)$ , которые сведут к минимуму разность  $\Delta X(t)$

между фактическим  $X(t)$  и требуемым целевым состоянием  $X_0$  природной среды:  $\Delta X(t) \rightarrow 0$ . Для этого, прежде всего, необходимо организовать получение (в режиме реального времени) наиболее полного множества значений компонентов векторов  $X$ ,  $Z_c$ ,  $Z_n$  и векторов  $\omega_{пс}$  и  $\omega_{птк}$ . Данная информация обеспечит знания о состоянии объекта управления, необходимые и достаточные для вывода причинно-следственных связей, проведения адекватной оценки (в том числе интегральной оценки) текущего и прогнозного уровней ЭБ ПТК на рассматриваемой территории.

То, что управляющие воздействия могут быть связаны с варьированием и составляющих вектора  $Z_c$ , и составляющих вектора  $Z_n$ , позволит обеспечить оперативное изменение текущей экологической обстановки (ее нормализацию), реализовать наиболее рациональные для данных сложившихся условий мероприятия, эффективные как с экологической, так и с экономической точки зрения.

#### **4. Автоматизированная система управления ЭБ ПТК**

Основные принципы создания автоматизированных систем управления (АСУ) современными сложными организационно-техническими системами и конкретные примеры их реализации рассматриваются, например, в работах [5-8].

Предлагается следующая структура АСУ ЭБ ПТК, показанная на рис. 2.

В ее состав входят следующие составляющие: *объект управления*; *управляющая система*; *система экомониторинга*; *экспертно-информационная система* (ЭИС).

Структура объекта управления – объекта ЭБ ПТК – рассмотрена выше. На рис. 2 вектор  $Y = \{X, Z_c, Z_n\}$  характеризует состояние объекта (его подсистем);  $\omega = \{\omega_{пс}, \omega_{птк}\}$  – вектор внешних воздействий на объект (его подсистемы);  $U = \{U_c, U_n\}$  – вектор управляющих воздействий на объект, а именно его подсистемы, параметры которых  $Z_c$  и  $Z_n$  (рис. 1) варьируются с целью предотвращения или снижения негативного воздействия ПТК на природные среды рассматриваемой территории.



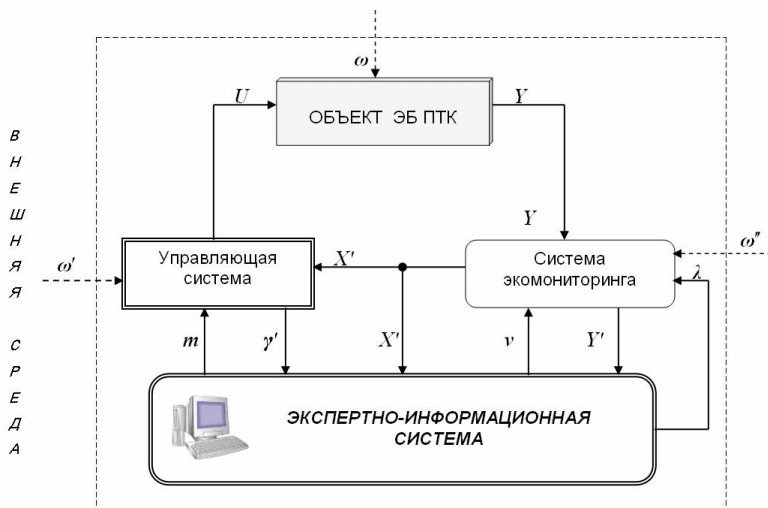


Рис. 2. Общая структура АСУ ЭБ ПТК

На уровне управляющей системы осуществляется принятие управляющих решений и реализация конкретных управляющих воздействий на объектах промышленности и транспорта. Для выбора и проведения природоохранных мероприятий в ПТК, рациональных как с экологической, так и с экономической точки зрения (в данных сложившихся социально-экономических и природно-климатических условиях), управляющая система должна иметь достоверную информацию о текущем уровне ЭБ ПТК на рассматриваемой территории (вектор  $X'$ ), а также достаточно полное множество альтернативных сценариев управления (вектор  $m$ ), сформированных на основании прогноза развития экологической ситуации (сложившейся при воздействии объектов ПТК на природную сферу рассматриваемой территории) и интегральной оценки результатов этого прогноза. Эти задачи решаются на уровне специализированных подсистем АСУ: системы экомониторинга и ЭИС. Вектор  $\omega'$  – вектор внешних воздействий на управляющую систему, который позволяет при выработке управляющих решений использовать внешнюю информацию. Это, например, информация об изменениях нормативной и законодательной базы, инфраструктуры рассматри-

ваемой территории, деятельности различных предприятий, о внедрении новых технологий, а также процессах инфляции и ценовой политики, уровне жизни населения, развитии производства в мире и РФ.

Определим следующие основные функции системы экомониторинга как составляющей АСУ ЭБ ПТК:

– контроль показателей качества компонентов природной среды, на которые оказывает негативное влияние ПТК на рассматриваемой территории;

– контроль параметров, характеризующих состояние стационарных и передвижных объектов ПТК и определяющих уровень их ЭБ;

– контроль параметров внешнего воздействия на подсистемы АСУ ЭБ ПТК;

– предварительная оценка текущего уровня ЭБ ПТК на рассматриваемой территории.

Указанные функции реализуются в двух специализированных блоках [4]. Так, сбор первичной информации (компоненты векторов  $Y$ ,  $\omega$ ,  $\omega'$ ,  $\omega''$ , где  $\omega''$  – вектор внешних воздействий на систему экомониторинга) осуществляется в *контрольно-измерительном блоке*. Результат измерений – вектор  $Y'$ .

В другом блоке осуществляется *предварительная оценка текущего состояния ЭБ ПТК*, результат которой в виде вектора  $X'$  поступает в управляющую систему, а также (вместе с вектором  $Y'$ ) в ЭИС.

При построении и организации функционирования системы экомониторинга (ее подсистем) необходимо решить несколько параллельных задач:

– определить наиболее рациональную пространственную структуру измерительной сети (необходимое и достаточное количество стационарных и, если необходимо, мобильных постов контроля, их размещение на рассматриваемой территории);

– определить рациональную приборную комплектацию;

– обеспечить систему экомониторинга адекватными моделями, необходимыми для осуществления предварительной оценки уровня ЭБ ПТК на рассматриваемой территории.

Подсистема ЭИС включена в состав АСУ для реализации следующих основных функций:

– формирование альтернативных сценариев управления, которые передаются в управляющую систему по каналам информационных потоков  $m$ ;

– моделирование оптимальной сети наблюдения на рассматриваемой территории и рациональной (в данных условиях) приборной базы, результаты которого поступают по информационным потокам  $\lambda$  в систему экомониторинга (контрольно-измерительный блок);

– разработка моделей, необходимых для осуществления адекватной предварительной оценки фактической экологической обстановки, сформированной в результате воздействия объектов ПТК на компоненты природной среды рассматриваемой территории, которые по информационным потокам  $\nu$  поступают в систему экомониторинга (блок предварительной оценки уровня ЭБ ПТК).

Таким образом, именно на данном уровне АСУ ЭБ ПТК определено генерирование моделей, обеспечивающих своевременную адаптацию управляющей системы и системы экомониторинга к текущим изменениям, происходящим в объекте управления и во внешней среде.

В результате в структуре АСУ образуются два внутренних контура управления, в каждом из которых субъектом управления выступает ЭИС.

Первый контур включает ЭИС и управляющую систему АСУ ЭБ ПТК (в данном случае это объект управления). Вектор  $m$  представляет собой управляющий сигнал. Потоки обратной связи  $\gamma'$ , поступающие в ЭИС, – это результаты выбора для практической реализации конкретных сценариев управления, рациональных как с экологической, так и с экономической точки зрения. Векторы  $\omega'$  и  $X'$  в данном контуре характеризуют внешние воздействия на объект управления.

Во втором контуре объектом управления выступает система экомониторинга. Векторы  $\lambda$  и  $\nu$  – управляющие сигналы, поступающие в соответствующие элементы системы экомониторинга. Векторы  $X'$  и  $Y'$  – сигналы обратной связи, поступающие от этих

элементов в ЭИС, а  $Y$  и  $\omega''$  определяют в данном контуре внешние воздействия на систему экомониторинга.

### **5. Экспертно-информационная система как составляющая АСУ ЭБ ПТК**

Итак, на уровне ЭИС обеспечивается выработка всех составляющих векторов  $m$ ,  $\lambda$  и  $\nu$ , необходимых для адаптивного управления объектом ЭБ ПТК и самой АСУ. Полный набор функций данной подсистемы, определяющий ее структуру, следующий:

- накопление, обработка и хранение данных;
- формирование и хранение моделей;
- прогнозирование развития сложившейся экологической ситуации без реализации управляющих воздействий;
- расчет показателей качества компонентов природной среды (их изменений) на рассматриваемой территории с учетом существующей и предполагаемой техногенной нагрузки и возможных результатов управляющих воздействий;
- интегральная оценка прогнозируемого состояния ЭБ ПТК на рассматриваемой территории;
- расчет параметров ПТК (характеризующих их деятельность как объектов экономики и одновременно определяющих уровень их негативного воздействия на компоненты природной среды) по требуемому состоянию природной среды;
- электронное картографирование с визуализацией данных экомониторинга, результатов расчетов и имитационных экспериментов;
- формирование альтернативных сценариев управления для предотвращения или снижения (по возможности, ликвидации) негативного воздействия ПТК на природную сферу рассматриваемой территории;
- обоснование рациональной приборной комплектации и оптимальной сети наблюдения на рассматриваемой территории.

На рис. 3 представлена обобщенная схема функционирования ЭИС как составляющей АСУ ЭБ ПТК.

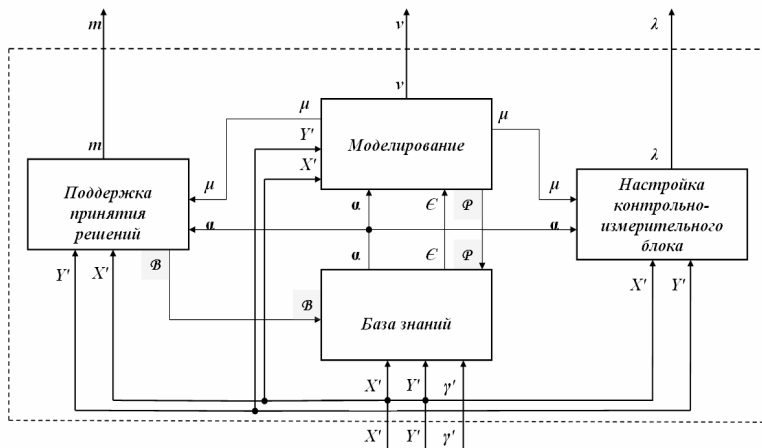


Рис. 3. Схема функционирования ЭИС в составе АСУ ЭБ ПТК

Данная система, в свою очередь, включает четыре основные подсистемы: *База знаний*; *Моделирование*; *Поддержка принятия решений*; *Настройка контрольно-измерительного блока*.

Подсистема *База знаний* состоит из двух основных составляющих. Первая осуществляет хранение данных, необходимых для проведения моделирования, расчетов и имитационных экспериментов и поступающих в виде потоков информации  $\alpha$  в другие блоки ЭИС. Здесь создаются специализированные базы и банки данных: *базы данных экомониторинга и официальной статистики*, *банк данных потенциальных природоохранных мероприятий в ПТК* (формируемые на основании векторов  $X'$  и  $Y'$ ), *базы данных расчетов и имитационных экспериментов* (формируемые на основании вектора  $\Phi$ ), а также *банк результатов выбранных для реализации сценариев управления* (формируемый из составляющих вектора  $\gamma'$ ).

Во второй составляющей *Базы знаний* содержится наиболее полное множество правил, необходимых для формирования моделей и поступающих в виде составляющих вектора  $\epsilon$  другую важнейшую подсистему ЭИС – *Моделирование*.

На уровне подсистемы *Моделирование* генерируются различные математические модели, а также создаются электронные

карты. В нее поступают необходимые для процесса моделирования (в том числе для переобучения уже созданных моделей) данные (составляющие вектора  $\alpha$ ) и правила (составляющие вектора  $\epsilon$ ) из *Базы знаний*. При этом при выявлении различных причинно-следственных связей могут быть сформулированы новые правила (потоки обратной связи  $\mathcal{P}$ ). Информация, поступающая в подсистему *Моделирование* с векторами  $X'$  и  $Y'$  (о текущем состоянии объекта управления АСУ – объекта ЭБ ПТК, изменениях этого состояния, изменений во внешней среде, влияющих на функционирование самого объекта и подсистем АСУ), позволяет оперативно выявить необходимость разработки новых и корректировки уже созданных моделей. Это играет важную роль при обеспечении адаптивного управления.

Все сформированные модели хранятся в специализированном блоке данной подсистемы (*базе моделей*), откуда они при необходимости поставляются (в виде составляющих вектора  $\mu$ ) в различные блоки других подсистем *ЭИС* для проведения конкретных расчетов и имитационных экспериментов.

Модели для оценки фактического уровня ЭБ ПТК также формируются в подсистеме *Моделирование* и далее поступают (в виде составляющих вектора  $\nu$ ) в *Систему экомониторинга*.

На уровне подсистемы *Поддержка принятия решений*, структура которой показана на рис. 4, формируются и передаются в управляющую систему альтернативные сценарии управления объектом ЭБ ПТК (составляющие вектора  $t$ ). Выделим следующие блоки:

– *Блок формирования прогнозных сценариев развития экологической ситуации*, на уровне которого определяется изменение сложившейся под влиянием объектов ПТК экологической ситуации на рассматриваемой территории (информация из векторов  $X'$  и  $Y'$ ) при различных возможных внешних воздействиях (составляющие вектора  $\alpha$ ) без реализации управленческих решений;

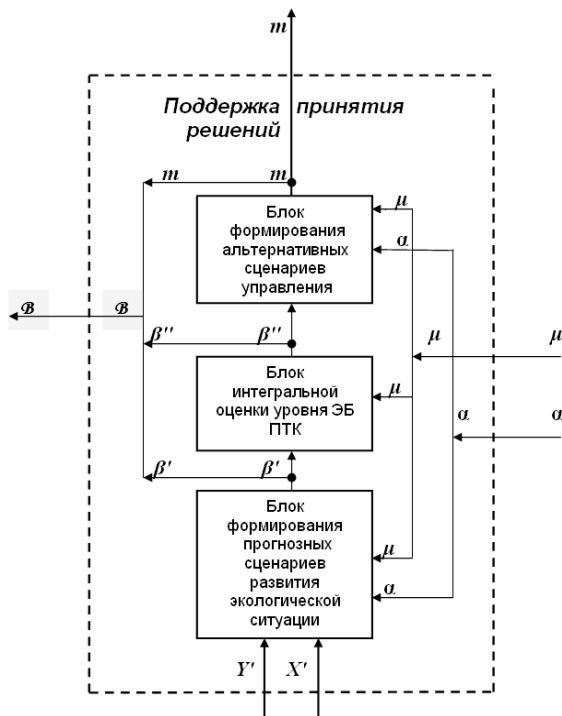


Рис. 4 Структура подсистемы ЭИС «Поддержка принятия решений»

– Блок интегральной оценки уровня ЭБ ПТК, осуществляемой по спрогнозированному состоянию компонентов природной среды (вектор  $\beta'$ );

– Блок формирования альтернативных сценариев управления, в котором на основе проведенных оценок и прогнозов (вектор  $\beta''$ ), а также в соответствии с созданными моделями благоприятной экологической обстановки и информации о потенциальных регулирующих мероприятиях в ПТК (составляющие вектора  $\alpha$ ) определяются возможные варианты управляющих воздействий и формируются альтернативные сценарии управления ЭБ ПТК (составляющие вектора  $t$ ).

В каждый из *Блоков* подсистемы *Поддержка принятия решений* поступают информационные потоки  $\mu$ , которые, как указывалось выше, представляют собой необходимые для расчетов и имитационных экспериментов модели.

Вектор  $\mathcal{B} = \{\beta', \beta'', m\}$  поставляет информацию из рассмотренных *Блоков* в различные базы и банки данных *Базы знаний*. Данная информация может использоваться как при разработке новых или корректировке, переобучении уже созданных ранее моделей, так и для избежания проведения повторяющихся вычислений, проделанных при уже имеющем место (в прошедший период) состоянии векторов  $X'$  и  $Y'$ .

В следующей подсистеме *ЭИС*, называемой *Настройка контрольно-измерительного блока*, при необходимости (выявленной по состоянию вектора  $Y'$ ) на основе специально разработанной модели (составляющая вектора  $\mu$ ) осуществляется рациональный выбор необходимых приборов из всевозможных альтернатив, предлагаемых на отечественном и зарубежном рынке, а также производится оценка приборного обеспечения, предлагаемого на замену уже используемому. Кроме того, на уровне данной подсистемы, также в случае возникновения необходимости (выявленной по состоянию векторов  $X'$  и  $Y'$ ), осуществляется изменение местоположения или числа постов контроля измерительной сети системы экомониторинга. Для этого используются прогностические модели (составляющие вектора  $\mu$ ), а также данные из *Базы знаний* (составляющие вектора  $\alpha$ ).

Результат функционирования подсистемы *Настройка контрольно-измерительного блока* в виде вектора  $\lambda$  поступает в систему экомониторинга.

## 6. Заключение

Таким образом, предложены новая модель объекта ЭБ ПТК как объекта управления и структура АСУ ЭБ ПТК, включающая систему мониторинга и *ЭИС*, постоянно взаимодействующую с другими подсистемами АСУ, осуществляя гибкое управление ими. При внедрении для практического использования они



будут обеспечивать адаптивное управление ЭБ ПТК, при котором система управления и все ее составляющие оперативно реагируют на изменения в самом объекте управления и во внешней среде.

Предлагаемая модель АСУ является универсальной по отношению к выбираемой территории, находящейся в зоне влияния ПТК, и к выбору самих объектов ПТК как источников негативного техногенного воздействия. Она может быть использована для эффективного научно обоснованного управления ЭБ ПТК на любом уровне иерархии административно-территориального деления, а также на отдельных объектах промышленности и транспорта.

Результат внедрения АСУ ЭБ ПТК будет иметь как социальные, так и экономические эффекты. Проведем их качественную оценку. Так, положительный социальный эффект от создания и практического использования подобной АСУ связан со следующими результатами:

- повышение эффективности деятельности органов управления ЭБ на рассматриваемой территории;
- обеспечение ЭБ ПТК и улучшение экологической обстановки;
- повышение уровня контроля и управления в сфере природопользования;
- улучшение информированности всех заинтересованных сторон (органов управления, специалистов-экспертов, общественности);
- повышение эффективности, оперативности и качества разработки и реализации природоохранных мероприятий в ПТК и природоохранных программ на рассматриваемой территории.

Источниками экономических эффектов являются увеличение эффективности программ и проектов по обеспечению ЭБ ПТК, ускорение проведения экспертиз, уменьшение затрат на оценку уровня ЭБ ПТК, а также на ликвидацию экологических последствий от негативного воздействия на компоненты природной среды объектов промышленности и транспорта за счет:

- улучшения информационной поддержки принятия управленческих решений;

- увеличения оперативности управленческой деятельности в сфере обеспечения ЭБ ПТК;
- увеличения оперативности ликвидации экологических последствий;
- повышения обоснованности принятия управленческих решений.

Конкретные суммы экономического эффекта зависят от того, для какой именно территории и объекта (или совокупности объектов) ПТК разрабатывается АСУ ЭБ ПТК.

Так, на основе разработанных теоретических положений была реализована конкретная АСУ ЭБ ПТК для густонаселенных городских территорий, где основным источником негативного техногенного воздействия на природную сферу (прежде всего, воздушный бассейн) является автомобильный транспорт [2]. На примере Орловского региона рассчитан экономический эффект от реализации (при функционировании подобной системы управления) именно *оперативных управленческих воздействий*. С учетом общих затрат на оснащение и поддержку работы АСУ и денежной оценки снижения негативных изменений только в атмосферном воздухе на рассматриваемой территории (проведенной по методике [1]) он достигает значений, превышающих 1,5 млн. руб./год (в ценах 2008 г.) в зависимости от реализуемых управляющих воздействий.

### Литература

1. *Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба*. Утв. Госкомитетом РФ по охране окружающей среды 09.03.1999 г. – М. - 1999. – 43 с.
2. ИВАЩУК О. А. *Повышение экологической безопасности автотранспорта региона на основе систем мониторинга с использованием интеллектуальных технологий*: монография. – Орел: изд-во ОрелГАУ, 2008. – 244 с.
3. ИВАЩУК О. А. *Управление экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса* // Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. – 2009. - №1. – С. 16-22.

4. ИВАЩУК О. А., ЧУДНЫЙ Ю. П. *Построение системы экомониторинга при организации автоматизированного управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса* // Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. – 2009. – №2. – С. 11-20.
5. КОНСТАНТИНОВ И. С., КУЗИЧКИН О. Р. *Организация систем автоматизированного электромагнитного контроля геодинамических объектов* // Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. – 2008. – №3-4. – С. 13-17.
6. КОСЬКИН А. В. *Информационно-аналитические ресурсы для управления организационно-техническими системами: монография* / Под общ. ред. И. С. Константинова. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 208 с.
7. КОСЬКИН А. В., ВЕРИГИН И. С., КОНСТАНТИНОВ И. С. *Организационные системы в сфере образования: монография* / Под общ. ред. И. С. Константинова. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 368 с.
8. МЕНЬКОВ А. В., ОСТРЕЙКОВСКИЙ В. А. *Теоретические основы автоматизированного управления*. – М.: Изд-во Оникс, 2005. – 640 с.
9. *Об охране окружающей среды: федер. закон: [принят Гос. Думой 20 декабря 2001 г.: одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 г.]*. – М.: Ось-89, 2003. – 64 с.
10. *О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году: государственный доклад* / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; под ред. Н. А. Туманова. – М.: АНО «Центр международных проектов», 2008. – 504 с.
11. *Экологическая экспертиза* / В. К. Донченко и [др.]; под ред. проф. В. М. Питулько. – Изд. 2-е. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.

## **SUPPORTING ECOLOGICAL SAFETY ADAPTIVE MANAGEMENT IN INDUSTRIAL AND TRANSPORT COMPLEX**

**Olga Ivashchuk**, Oryol State Agrarian University, Oryol, Cand. Sc., assistant professor (ivascuk@orel.ru).

**Igor Konstantinov**, Oryol State Technical University, Oryol, Doctor of Science, professor (konstantinov@ostu.ru)

*Abstract: The model of the ecological safety automated control system for industrial and transport complex (one of the major branches of economy) is proposed. The model is based on the new representation of control object and the idea of adaptivity subject to the changes in environment and the object itself. The idea is realized by including an expert information subsystem into the system. The structure of this subsystem is considered.*

**Keywords:** management system, adaptive management, automation, industrial and transport complex, ecological safety.

*Статья представлена к публикации  
членом редакционной коллегии М.В. Губко*