

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

И.С. КОНСТАНТИНОВ
О.А. ИВАЩУК

*Орловский государственный
технический университет*

e-mail: ivascuk@orel.ru

Устойчивое развитие регионов России базируется на повышении качества жизни населения и обеспечении экологической безопасности всех отраслей экономики. В работе представлена модель автоматизированной системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса, адаптированная к текущим изменениям в объекте управления и внешней среде, что обеспечивается созданием новой модели объекта управления и введением экспертно-информационной системы, наделенной свойствами искусственного интеллекта.

Ключевые слова: адаптивное управление, автоматизированная система управления, экологическая безопасность, промышленно-транспортный комплекс, экспертно-информационная система.

Состояние современных промышленных предприятий и транспорта играет огромную роль в формировании уровней экономического, научно-технического и социального развития любого государства. Одновременно промышленно-транспортный комплекс (ПТК) является важнейшим источником негативного техногенного воздействия на природную сферу [1,2].

Природа, экономика и общество в целом составляют единую систему, каждый из элементов которой развивается по своим специфическим законам, однако все они взаимосвязаны и взаимодействие осуществляется по замкнутому циклу, схема которого представлена на рис. 1.



Рис. 1. Замкнутый цикл взаимодействия природы, экономики и общества

Следует отметить, что до определенного момента различные отрасли экономики (в том числе ПТК) могли развиваться без учета своего влияния на окружающую среду (ОС). При незначительных масштабах производственной деятельности природа в большинстве случаев выступала как универсальный реактор, перерабатывающий отходы в продукты, вовлекаемые в различные естественные процессы. В настоящее время даже ранее «безвредные» технологические и бытовые отходы стали губительными для природной сферы, вступили с ней в конфликт и наносят значительный ущерб.



Вышесказанное определяет необходимость создания эффективной системы управления экологической безопасностью (ЭБ) ПТК, в которой принятие управленческих решений и реализация конкретных регулирующих мероприятий должны быть научно обоснованными, опираться на достоверную информацию о фактическом и прогнозном состоянии природной среды и ПТК, адекватную происходящим в них изменениям.

В работе [3] предложена модель объекта управления (объекта ЭБ ПТК) как природно-технической системы, состоящей из двух относительно самостоятельных взаимосвязанных подсистем:

- непосредственно *ПТК*, который является источником негативного техногенного воздействия на ОС и определяет мощность и качественные особенности этого воздействия;
- части самой ОС, а именно *компонентов природной среды*, которым наносится ущерб в результате деятельности объектов промышленности и транспорта на рассматриваемой территории, и в которых происходит распространение и накопление загрязнений различного вида.

При этом, в свою очередь, произведена декомпозиция подсистемы ПТК на две составляющие, отличающихся способами и условиями образования и выбросов загрязнений: *стационарные источники ПТК* – предприятия промышленности и транспорта, функционирующие на рассматриваемой территории, и *передвижные источники ПТК* – транспортные средства.

Такой подход обусловлен особенностями современного развития регионов России, связанными с высокими темпами роста численности автотранспорта по всей территории страны, особенно на ее европейской части [4], и соответствующим увеличением его влияния на формирование качества компонентов природной среды.

В результате для обеспечения ЭБ ПТК лицам, ответственным за принятие решений и реализацию рациональных управляющих воздействий, необходимо иметь для рассмотрения все альтернативные сценарии управления, связанные с регулированием, как производственных параметров стационарных источников, так и транспортных параметров, определяющих уровень выбросов от автотранспорта,

Автоматизация процесса управления позволит решить полный спектр задач, связанных с обеспечением его результативности. Следует особо отметить, что это не только использование автоматизированных приборов контроля и наблюдения за уровнем ЭБ ПТК, но и, прежде всего, обеспечение оперативной реакции основных (проблеморазрешающих) компонентов системы управления на текущие изменения в объекте управления (его составляющих), в субъекте управления и во внешней среде.

На рис. 2 показана общая структура предлагаемой автоматизированной системы управления (АСУ) ЭБ ПТК.

Компоненты вектора состояния X объекта управления (объекта ЭБ ПТК), а также измеряемые параметры внешних воздействий (ω , ω' , ω'') контролируются *Системой экомониторинга*. Результат измерений – вектор Y . В данной подсистеме АСУ также осуществляется предварительная оценка текущего состояния ПТК с точки зрения его ЭБ, результат которой в виде вектора X' поступает в управляющую систему, а также (вместе с вектором Y) в *экспертно-информационную систему (ЭИС)*, наделенную свойствами искусственного интеллекта.

На уровне ЭИС определено генерирование динамических моделей, обеспечивающих своевременную адаптацию управляющей системы и системы экомониторинга к текущим изменениям, происходящим в объекте управления и во внешней среде (эти изменения отражаются составляющими векторов X' и Y).

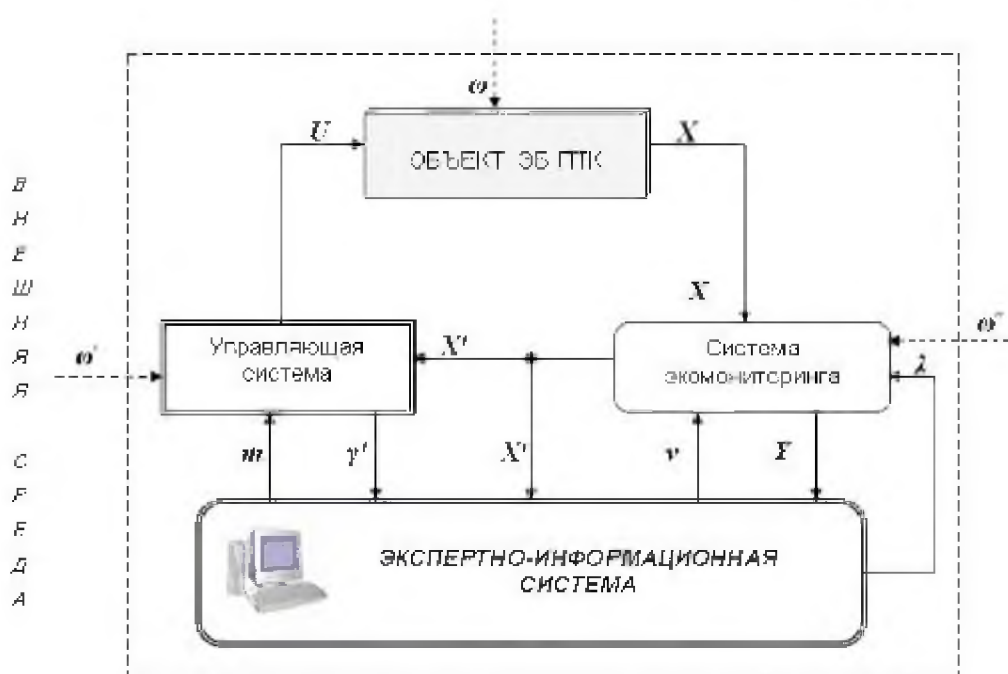


Рис. 2. Общая структура АСУ ЭБ ПТК

По каналам информационных потоков m в систему принятия решений для выработки научно обоснованных управленческих решений поступают альтернативные сценарии управления, сформированные в ЭИС на основании прогноза развития экологической ситуации (сложившейся при воздействии объектов ПТК на ОС рассматриваемой территории) и интегральной оценки результатов этого прогноза. Потoki обратной связи γ' предоставляют результаты выбора для практической реализации конкретных сценариев управления, рациональных как с экологической, так и с экономической точки зрения. Вектор U – это результирующие управляющие воздействия, оказываемые на объект управления, которые изменяют состояние вектора X .

Потоки информации λ (поступающие от ЭИС в Систему экомониторинга) – это результаты моделирования рациональной (в данных условиях) приборной базы и оптимальной пространственной структуры измерительной сети.

Вектор управляющих информационных потоков v – это модели, необходимые для осуществления оценки фактической экологической обстановки, сформированной в результате воздействия объектов ПТК на ОС рассматриваемой территории.

Обеспечение эффективной выработки всех составляющих векторов m , λ и v , необходимых для адаптивного управления объектом ЭБ ПТК и самой АСУ, связано со следующими функциями ЭИС:

- накопление, обработка и хранение данных;
- формирование моделей;
- прогнозирование развития сложившейся экологической ситуации без реализации управляющих воздействий;
- моделирование процессов, происходящих в компонентах природной среды, с учетом существующей и предполагаемой антропогенной нагрузки и возможных результатов управляющих воздействий;
- расчет показателей качества ОС (их изменений) на рассматриваемой территории, параметров ПТК, характеризующих их деятельность как объектов экономики и одновременно определяющих уровень их негативного воздействия на компоненты природной среды, мощности этого воздействия;



- 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 подсистемы АСУ ЭБ ПТК. Она, в свою очередь, включает четыре основные подсистемы:

- *База знаний;*
- *Моделирование;*
- *Поддержка принятия решений;*
- *Настройка контрольно-измерительного блока.*

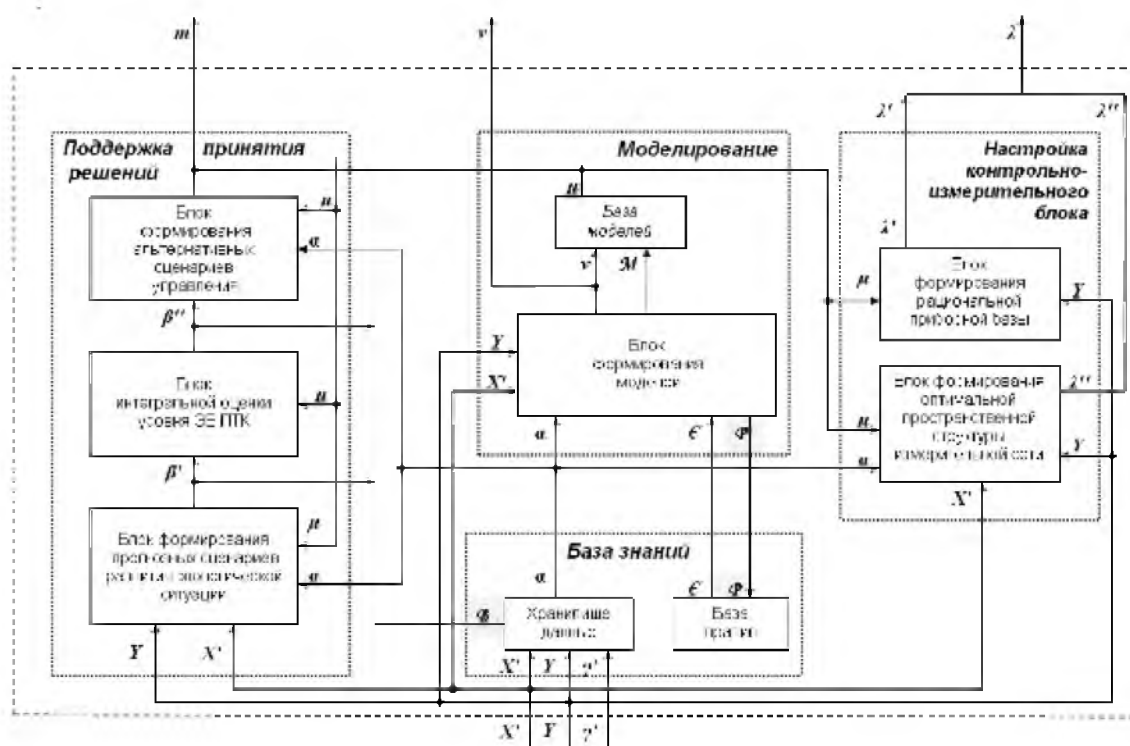


Рис. 3. Схема функционирования ЭИС в составе АСУ ЭБ ПТК

Подсистема ЭИС **База знаний** включает две основные составляющие: *Хранилище данных* и *Базу правил*. Первая объединяет несколько баз и банков с данными, необходимыми для осуществления моделирования, проведения расчетов и имитационных экспериментов и поступающими в виде потоков информации α в другие блоки ЭИС. Это *Базы данных экомониторинга и официальной статистики*, *Банк данных потенциальных природоохранных мероприятий в ПТК*, которые формируются на основании составляющих векторов X' и Y ; *Базы данных расчетов и имитационных экспериментов*, формируемые на основании составляющих вектора Φ ; и *Банк результатов выбранных для реализации сценариев управления*, формируемый из составляющих вектора Y' .

Подсистема **Моделирование** состоит из *Блока формирования моделей* и *Базы моделей*. На уровне первого Блока также функционируют несколько составляющих, в которых генерируются различные математические модели, а также создаются электронные карты. В него поступают необходимые для процесса моделирования



(в т. ч. для переобучения уже созданных моделей) данные из *Хранилища данных* (вектор α) и правила из *Базы правил* (вектор ϵ). При этом при выявлении различных причинно-следственных связей могут быть сформулированы новые правила (потоки обратной связи Φ). Информация, поступающая в данный *Блок* 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, предполагаемые для использования подсистемами ЭИС, поступают в виде составляющих вектора M в *Базу моделей*, откуда они при необходимости поставляются в различные блоки для проведения конкретных расчетов и имитационных экспериментов в виде составляющих вектора μ .

Модели для оценки фактического уровня ЭБ ПТК также формируются в *Блоке формирования моделей* и далее поступают в виде составляющих вектора v в *Систему экомониторинга АСУ*, а также хранятся в *Базе моделей*.

Важнейшая подсистема ЭИС ***Поддержка принятия решений***, на уровне которой формируются и передаются в *Управляющую систему* альтернативные сценарии управления объектом ЭБ ПТК (в виде составляющих вектора m), включает, в свою очередь, 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 α) без реализации управленческих решений;

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

– *Блок формирования альтернативных сценариев управления*, в котором на основе проведенных оценок и прогнозов (вектор β''), а также в соответствии с созданными моделями благоприятной экологической обстановки и возможными регулирующими мероприятиями (составляющие вектора α) определяются возможные варианты управляющих воздействий и формируются альтернативные сценарии управления ЭБ ПТК.

В каждый из *Блоков* подсистемы ***Поддержка принятия решений*** поступают информационные потоки μ , которые, как указывалось выше, представляют собой необходимые для расчетов и имитационных экспериментов модели (математические модели и электронные карты).

Выходы рассмотренных *Блоков* β' , β'' и m являются составляющими вектора Φ , поставляющего информацию в *Хранилище данных*. 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 .

Подсистема ***Настройка контрольно-измерительного блока*** состоит из двух блоков:

– *Блок формирования рациональной приборной базы*, в котором при необходимости (выявляемой по состоянию вектора Y) на основе специально разработанной модели (составляющая вектора μ) 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;



– Блок формирования оптимальной структуры измерительной сети, в котором при необходимости (определяемой состоянием составляющих векторов X' и Y) осуществляется изменение местоположения или числа постов контроля измерительной сети. Для этого используются прогностические модели (составляющие вектора μ), а также данные из Базы данных экомониторинга (составляющие вектора α).

Результаты функционирования данных блоков λ' и λ'' являются составляющими вектора λ , поступающего в Систему экомониторинга.

Таким образом, предложена структура АСУ ЭБ ПТК, основанная на новом представлении объекта управления и идее адаптивности к изменениям, происходящим в ОС и самом объекте, реализующейся включением в состав системы ЭИС, которая наделена свойствами искусственного интеллекта и постоянно взаимодействует (оперативный обмен информацией) с другими подсистемами (Управляющей системой и Системой экомониторинга). Это обеспечивает возможность эффективного научно обоснованного управления ЭБ ПТК на любом уровне иерархии административно-территориального деления.

Литература

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году: государственный доклад [Электронный ресурс]. – М., 2008. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с экрана.
2. Иващук, О.А. Повышение экологической безопасности автотранспорта региона на основе систем мониторинга с использованием интеллектуальных технологий [Текст]: монография / О.А. Иващук. – Орел: изд-во ОрелГАУ, 2008. – 244 с.: ил. – ISBN 978-5-93382-100-7.
3. Иващук, О.А. Управление экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса [Текст] / О.А. Иващук // Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. – 2009. – № 1/51(562). – С. 16-22.
4. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов – 2007. [Текст]: статистический сборник / Росстат. – М., 2008. – 381 с. – ISBN 978-5-89476-239-5.

ADAPTIVE MANAGEMENT OF ECOLOGICAL SAFETY OF INDUSTRIAL AND TRANSPORT COMPLEX

Steady development of regions of Russia is based on improvement of quality of a life of the population and maintenance of ecological safety of all branches of economy. In the article the model of the automated control system by ecological safety of the industrial and transport complex, adapted to current changes in object of management and an environment that is provided with creation of new model of object of management and introduction of the expert and information system allocated by properties of an artificial intellect is presented.

I.S. KONSTANTINOV
O.A. IVASHCHUK

Orel State Technical University

e-mail: ivascuk@orel.ru

Key words: the adaptive management, the automated control system, ecological safety, an industrial and transport complex, the expert and information system.