



ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ АВТОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

И. С. КОНСТАНТИНОВ

Н. В. БАКАЕВА

О. В. ОЗАРЕНКО

Д. И. ФЕДОРОВ

*Государственный университет – УНПК,
(г. Орел)*

*e-mail:
konstantinov@ostu.ru*

*e-mail:
natbak@mail.ru*

*e-mail:
ozarenko@mail.ru*

*e-mail:
fedorovdi@gmail.com*

Сформулирована задача построения модели системы мониторинга, предоставляющей информацию о фактическом состоянии автотранспортной системы на урбанизированной территории. Объектом мониторинга выступает природо-социотехническая структура. Система мониторинга рассматривается в статье как составная часть автоматизированной системы управления территориальной автотранспортной системой. В качестве концептуальной основы решения поставленной задачи использованы парадигма биосферной совместимости поселений, и принципы адаптации к изменяющимся условиям внешней среды и к своим внутренним изменениям. Предложена обобщенная модель системы мониторинга на основе теоретико-множественного описания и с учетом характеристик всех входящих в ее состав компонентов.

Ключевые слова: урбанизированная территория, автотранспортная система, биосферная совместимость, природо-социотехническая структура, автоматизированная система управления, система мониторинга, обобщенная модель.

Постановка задачи

Из всех отраслей экономики и видов хозяйственной деятельности, оказывающих значительное негативное техногенное влияние на окружающую среду поселений (далее — ОСП), следует особо выделить транспортные системы, в частности, автомобильный транспорт. На сегодняшний день именно автотранспорт создает порядка 70...80% всех загрязнений природной среды, а в мегаполисах и крупных городах - все 90% [1-4], превращая их в центры основных экологических проблем. В результате автотранспортного воздействия создается дискомфортное, а в синергетике и опасное состояние ОСП по показателям атмосферного воздуха, акустической и водной сред, в частности загрязнений в виде выхлопов, шума, вибраций, повышенного тепла и других факторов.

Решение проблемы снижения негативного техногенного воздействия на ОСП и обеспечения ее экологически обоснованного качества в соответствии с действующей нормативно-правовой базой и при сложившихся социально-экономических и климатических условиях, связано, прежде всего, с научно обоснованным управлением территориальными автотранспортными системами (далее — ТАТС), реализация которого требует создания эффективной системы мониторинга.

В настоящее время на территории большинства урбанизированных поселений рядом служб Ростехнадзора, Росприроднадзора, Роспотребнадзора, а также санитарно-эпидемиологических и гидрометеорологических структур проводится регулярный или периодический сбор информации о состоянии окружающей среды. Однако при этом возникает ряд проблем, требующих решения, и связанных с:

- отсутствием единого подхода к сбору и обработке информации различными службами контроля;
- дублированием информации различными ведомствами;
- значительным отставанием в оснащении специализированных постов контроля современным приборным оборудованием;
- слабой степенью автоматизации процессов получения, передачи, обработки, хранения информации;



- недостаточностью алгоритмов комплексной обработки данных и прогнозных моделей оценки;

- а, главное, отсутствием критериев выбора существенных (значимых) показателей оценки для текущей ситуации.

Таким образом, несмотря на огромное количество информации, сложно определить ее важность и приоритетность для эффективного управления, уменьшив при этом трудоемкость ее сбора и обработки. На этом основании для качественной реализации процессов управления сложными организационно-техническими системами, к которым относятся и автотранспортные системы, актуальным является создание и внедрение адаптивных систем мониторинга, как наиболее эффективного способа предоставления ретроспективной, текущей и прогнозной информации. Встает задача построения модели мониторинга, отражающей фактическое состояние автотранспортной системы на урбанизированной территории.

Метод решения задачи

В качестве концептуальной основы формулировки задачи управления сложными динамическими системами, в том числе и территориальными автотранспортными системами, а также дальнейшего решения задачи - построения модели мониторинга состояния таких систем - использованы основные положения парадигмы биосферной совместимости поселений, предложенной Российской академией архитектуры и строительных наук [4].

Такая постановка задачи позволяет рассматривать объект управления в виде трех взаимодействующих составляющих: природной, автотранспортной и социальной, причем включение ряда параметров природной и социальной сред в состав объекта определяется в каждом конкретном случае важностью их влияния и вносимого вклада в процессы функционирования автотранспортной системы на конкретной территории. Остальные параметры этих составляющих, как и при классическом подходе к управлению, рассматриваются как внешние воздействия. Эта позиция определяет принципиальную новизну объекта управления - ТАТС как единой природо-социотехнической структурой [5].

Состояние исследований в области построения систем сбора и обработки данных с целью информационно-аналитической поддержки процессов управления сложными системами [6,7], в т.ч. и во взаимосвязи их элементов друг с другом и с учетом взаимодействия с внешней средой посредством информационных потоков [8], позволяет сделать вывод, что с точки зрения реализации функций управления ими система мониторинга, должна обладать структурой и функциями, объединяющими особенности управления самостоятельными подсистемами разного происхождения (технической, социальной, экономической, природной) в составе общей структуры.

Кроме того, рассматриваемая система мониторинга должна обладать рядом специфических особенностей. Она должна удовлетворять требованиям адаптивности и мобильности к текущим изменениям в объекте управления и внешней среде. С технической точки зрения под адаптивностью понимается возможность достаточно гибкой настройки механизмов сбора и обработки информации в соответствии с изменениями объекта мониторинга и меняющимися требованиями к проведению мониторинга, обусловленными как внутренними, так и внешними факторами. Такой подход будет также способствовать снижению трудоемкости получения информации, необходимой в дальнейшем для принятия управленческих решений.

Таким образом, анализ задач, стоящих перед системой мониторинга, позволяет сделать вывод о необходимости рассмотрения ее как составной части автоматизированной системы управления территориальной автотранспортной системой (далее — АСУ ТАТС) с позиции концепции биосферной совместимости.

Методологической основой решения данной задачи могут служить подходы и методы теории построения информационных систем с использованием принципов адаптации к изменяющимся условиям внешней среды и к своим внутренним изменениям [9].

Обобщенная Модель системы мониторинга состояния территориальной автотранспортной системы

Объектом мониторинга в нашем случае выступает природо-социо-техническая структура - ТАТС, для которой выделены следующие составляющие:

- природная составляющая как часть внешней среды, взаимодействующая с объектами ТАТС и подвергающаяся негативному воздействию по отдельным компонентам (атмосферный воздух, вода, почва);
- автотранспортная составляющая, оказывающая силовое воздействие на природную и социальную среды, и определяющая возможность формирования неблагоприятной экологической обстановки на определенной территории;
- социальная составляющая как часть внешней среды, также взаимодействующая с объектами автотранспортной составляющей и ожидающая удовлетворения своих потребностей. Кроме того, человек как представитель социума, являясь частью природной среды, опосредованно испытывает на себе негативное воздействие от объектов автотранспорта.

Такое представление объекта управления, отвечающего парадигме биосферной совместимости, базируется на предпосылке, что внутри объекта управления действуют другие специфические законы, основывающиеся на взаимном влиянии составляющих объекта, и определяющие в любой момент времени его состояние. Другими словами, состоянием объекта будет являться процесс самоорганизации (по аналогии с эволюцией сложных открытых неравновесных систем), для реализации которого необходимыми условиями являются: готовность внутренней среды к перестройке и достаточность внешних условий.

С учетом вышеизложенного, на рисунке 1 представлена схема, которая положена в основу построения обобщенной модели системы мониторинга как составной части АСУ ТАТС.



Рис.1. Графическое представление обобщенной модели системы мониторинга

Для достижения заявленной цели мониторинга выстраиваемая система, должна решить задачу сбора данных и задачу предварительной их оценки. С учетом этого, а



также необходимости реализации ряда других основных функций, организуемая система мониторинга должна обеспечить:

- удаленный и распределенный ввод и сбор данных;
- импорт данных, поступающих из множества территориально распределенных различных источников;
- хранение промежуточной информации и моделей и их безопасность;
- предварительную обработку информации;
- управление и контроль за выполнением функций системы мониторинга;
- формирование отчетов о функционировании подсистемы мониторинга.

Для реализации названных основных функций, в частности, с целью сбора данных, структурирования и первичной обработки информации, в состав системы мониторинга включены два функциональных блока: *контрольно-измерительный* и *предварительной оценки*. Контрольно-измерительный блок осуществляет сбор данных для наиболее точной оценки фактического (сформированного на данный момент) состояния природо-социо-технической структуры ТАТС на рассматриваемой территории. Этим блоком осуществляется измерение параметров и определение значений показателей состояния анализируемой системы, которые реализуются путем натурных замеров, инструментального контроля и экспертных оценок качественного состояния компонентов ее составляющих и их изменений.

Отличительной особенностью рассматриваемой системы мониторинга будет являться структура исходных данных, определяемая природо-социо-техническим объектом и функциональными особенностями ТАТС. Характеристикой состояния составляющих объекта управления будет служить набор показателей оценки, который вытекает из функций автотранспортной системы, и сформирован на основе анализа действующей законодательной и регулятивной баз, обработки данных официальной статистической отчетности и анкетирования применительно к рассматриваемому объекту.

В соответствии с предложенной природо-социо-технической структурой объекта мониторинга выбор показателей оценки отвечает, принятой в качестве концептуальной основы, парадигме биосферной совместимости, и относится к тем компонентам, которые:

- для природной составляющей наиболее подвержены негативному воздействию со стороны ТАТС и отражают способность природной среды (биосферы) к регенерации и восстановлению с учетом в этом процессе социума. Например, это контроль и измерение параметров концентраций в атмосферном воздухе, воде и почве химических веществ и их соединений, значение которых превышает допустимые в соответствии с действующей нормативно-правовой базой; показатели лесовосстановления, озеленения и рекультивации земель;

- для автотранспортной составляющей являются характеристикой потребления ресурсов природной среды и емкостью биосферы, необходимых для функционирования ТАТС, и отражают уровень внедрения и реализации инновационных (биосферосовместимых) технологий. Так, основными ресурсами природной среды, которые потребляют элементы автотранспортной системы на любой территории на всех этапах жизненного цикла будут: кислород атмосферного воздуха, питьевая вода, а также земельные ресурсы, необходимые для строительства объектов автотранспортной и автодорожной инфраструктуры, т.е. отчуждаемые от естественного ландшафта и изменяющиеся под их негативным воздействием. Под биосферосовместимыми технологиями будем понимать технологии развития, направленные на сохранение и увеличение потенциала биосферы. Основными компонентами автотранспортной составляющей, реализующими биосферосовместимые технологии и формирующими ее потенциал на определенной территории, являются компоненты производственной среды ТАТС (автотранспортные предприятия и элементы автодорожной инфраструктуры) и автотранспортные средства, по состоянию которых следует осуществлять измерения и контроль;



- для социальной составляющей характеризуют удовлетворение потребностей населения в безопасных и качественных услугах ТАТС и отражают влияние химических загрязняющих веществ и (или) физических видов загрязнения со стороны природной среды на рассматриваемой территории, являющихся следствием опосредованного техногенного влияния. Например, сведения о численности населения, уровне его заболеваемости будут отражать состояние этой составляющей в системе мониторинга.

Таким образом, контрольно-измерительный блок осуществляет сбор первичной информации о состоянии объекта мониторинга, описываемых:

X - множеством состояний природной составляющей в составе природо-социотехнической структуры ТАТС;

Z - множеством состояний автотранспортной составляющей в составе природо-социотехнической структуры ТАТС;

Y - множеством состояний социальной составляющей в составе природо-социотехнической структуры ТАТС.

В состав контрольно-измерительного блока входит совокупность автоматизированных стационарных и мобильных постов контроля, оснащенных необходимыми техническими средствами, и образующих единую измерительную сеть, а также центр сбора данных о параметрах составляющих объекта управления. Именно эти функциональные устройства должны обеспечивать регистрацию показателей качества компонентов природной, автотранспортной и социальной составляющих рассматриваемого объекта мониторинга, в т. ч. и показателей внешней среды.

Внешней средой по отношению к объекту управления будем считать другие составляющие, которые не вошли в состав объекта управления, но оказывают влияние на его состояние. Граница внешней среды определяется возможностью управляющей подсистемы оказывать силовое воздействие на объект мониторинга, на внешнюю среду – нет. На этом основании, в контрольно-измерительный блок системы мониторинга, помимо блоков сбора данных о параметрах составляющих объекта управления, входит блок, отвечающий воздействиям со стороны внешней среды, т.е. воздействиям, не определяемых в ходе натурных замеров (блок «Контроль внешнего воздействия», см. рисунок 1) по трем выделенным составляющим природо-социотехнической структуры. Результатом такого контроля будет являться множество внешних воздействий - **Ω**. Компоненты этого множества являются измеримыми, и передают воздействия на другие составляющие АСУ ТАТС. К ним относятся внешние воздействия на природную и социальную составляющие, которые определяют их состояние не только в прямой зависимости от автотранспортной составляющей. Это, например, природно-климатические факторы, изменения требований нормативно-правовой базы, социальных стандартов и качества жизни, изменения уровня образования и культуры общества и другие, определяющие возможность сотрудничества с биосферой и управления автотранспортными системами в гармонии с природой.

Кроме того, внешняя среда оказывает воздействия на систему мониторинга, которые являются неизмеримыми (неконтролируемыми). Это воздействия, определяющие отклонения зарегистрированных показателей состояния от значений, устанавливаемых функционированием автотранспорта на рассматриваемой территории. На схеме (см. рисунок 1) представлены как воздействия на контрольно-измерительный блок системы мониторинга в виде вектора **ω**. Они возникают по причинам, не зависящим от организации самой системы мониторинга, тем не менее в силу причин неопределимого характера имеют место быть (ошибки ввода, нерегулярность поступления информации и т.п.).

Таким образом, состояние объекта управления и внешние воздействия, представленные измеряемыми в системе мониторинга параметрами, определяют множество измерений:

$$\Omega' = \{X, Y, Z, \Omega\}.$$



Результаты измерения показателей состояния составляющих природо-социотехнической структуры, а также результаты внешних воздействий, сформированные в виде компонентов множества F , поступают в следующий блок системы - блок предварительной оценки. В этом блоке системы мониторинга осуществляется оценка текущего состояния анализируемой структуры на предмет корректности и непротиворечивости полученных данных. Процедура предварительной обработки данных представляет собой сравнение фактических значений показателей состояния с требуемыми, регламентируемыми действующей нормативно-правовой базой, в т.ч. и на рассматриваемой территории.

Кроме того, в блоке предварительной оценки полученные результаты используются, во-первых, для поддержки принятия решений по управлению состоянием природо-социотехнической структуры на рассматриваемой территории и, во-вторых, для настройки самих компонентов системы мониторинга согласно текущим изменениям, происходящим в объекте управления и во внешней среде. Такая настройка осуществляется по моделям, которые поступают в данный блок в качестве сигнала обратной связи.

Как уже отмечалось выше, одним из наиболее важных требований, предъявляемых к системе мониторинга, будет возможность адаптации средств реализации рассматриваемой процедуры к изменениям объекта управления и меняющимся требованиям к проведению мониторинга. Это требование отражает реализацию принципа адаптивности и обусловлено динамичностью (развитием, реструктуризацией, модификацией и т.д.) как самого объекта мониторинга, так и окружающей среды (нормативно-правовой базы, условий функционирования и т.д.).

С учетом изменений внешних и внутренних условий функционирования автотранспортной системы на рассматриваемой территории, связанных, например, с изменением организационной структуры, перераспределением ресурсов, реорганизацией производственного процесса, процедуры обработки, представления, анализа и контроля данных систему мониторинга следует организовать по принципу обратной связи. Это будет соответствовать принципу адаптации выстраиваемой системы мониторинга к изменяющимся условиям. Кроме того, обратные связи между этапом обработки данных и формированием отчетов отражают следующий аспект. Возврат на этап сбора данных обуславливается итеративностью процедуры мониторинга – сбор данных и их обработка повторяются с определенной периодичностью, требуемой для поддержания актуальности информации. Возврат на начальный (подготовительный) этап может быть вызван изменением требований к процедуре мониторинга (введение новых типов объектов учета, показателей, изменением их характеристик). Именно этот возврат соответствует процессу адаптации системы мониторинга к изменениям требований к процедуре мониторинга.

Реализация вышеизложенных требований в составе системы мониторинга обеспечивается за счет информационно-аналитической системы, входящей в состав АСУ ТАТС. Одной из функций информационно-аналитической системы является управление процессами самой системы АСУ, в т.ч. и системы мониторинга. На схеме рисунка 1 представлены следующие вектора, обеспечивающие управление рассматриваемой нами системы мониторинга:

λ – вектор настройки контрольно-измерительного блока. Введение этого сигнала связано с обеспечением требования адаптивности и мобильности данной составляющей системы мониторинга. С помощью этого сигнала обратной связи о проведенных наблюдениях и результатах измерений происходит организация функционирования контрольно-измерительного блока. Например, определение рационального размещения постов контроля и их технического оснащения;

ν – вектор управления блоком предварительной оценки. С его помощью производится настройка соответствующего блока путем сопоставления результатов мониторинга с моделями, заложенными в банке знаний информационно-аналитической системы АСУ. Другими словами, вектор ν – это, чаще всего, математические модели и



программное обеспечение, необходимые в рассматриваемой системе для проведения требуемых оценок текущего состояния составляющих ТАТС, и которые формируются на основе ретроспективной информации, поступающей от контрольно-измерительного блока.

В результате, управляющие воздействия на два основных блока системы мониторинга, которые поступают от информационно-аналитической системы в виде сигналов обратной связи, представляют собой множество:

$$\Lambda = \{\lambda, \nu\}.$$

Результат оценки формируется в виде множеств, полученных на результатах измерений, и описывается векторами X' , Y' и Z' , где:

X' – множество мониторинга состояния природной составляющей в составе природо-социо-технической структуры;

Z' – множество мониторинга состояния автотранспортной составляющей в составе природо-социо-технической структуры;

Y' – множество мониторинга состояния социальной составляющей в составе природо-социо-технической структуры.

На выходе системы мониторинга результаты оценки (параметры векторов X' , Y' и Z') совместно с результатом измерений и контроля (параметры вектора F) поступают в информационно-аналитическую систему АСУ ТАТС.

Используя теоретико-множественный подход, можно представить систему мониторинга в виде множества $W_M = \{w_M\}$, состоящего из компонентов:

$$W_M = \{w'_{ки}, w''_{по}\},$$

где $w'_{ки}$ – множество элементов контрольно-измерительного блока,

$w''_{по}$ – множество элементов блока предварительной оценки.

Совокупность всех внешних воздействий на компоненты W_M , в т.ч. и управляющих есть множество:

$$Q_M = \{\Lambda, \Omega\}.$$

Множество состояний компонентов системы мониторинга W_M описывается следующей формулой:

$$R_M = \{F, X', Y', Z'\},$$

где F – это множество состояний элементов $w'_{ки}$ - контрольно-измерительного блока;

X' , Y' и Z' – множество элементов $w''_{по}$ - блока предварительной оценки.

Множество отображений измеряемых параметров на W_M представляется в виде выражения: $G_M = \{g_M\}$.

Отсюда следует, что основными блоками в системе мониторинга осуществляются следующие отображения:

$$g_f: \Omega' \times \omega \times \lambda \rightarrow F,$$

которое осуществляет контрольно-измерительный блок при формировании результата сбора информации о параметрах, определяющих состояние ТАТС по ее составляющим, а также с учетом внешних воздействий на АСУ и обратной связи;

$$g_x: F \times \nu \rightarrow X',$$

$$g_y: F \times \nu \rightarrow Y',$$

$$g_z: F \times \nu \rightarrow Z',$$

которые осуществляет блок предварительной оценки состояния при формировании результатов проведения мониторинга, используя при этом математические модели, необходимые для проведения требуемых оценок.

Между элементами вышеприведенных множеств W_M , Q_M и R_M определяются отношения как множество $O_M = \{o_M\}$.

С учетом вышеизложенного, обобщенную модель системы мониторинга как подсистемы АСУ ТАТС, с учетом характеристик всех входящих в нее компонентов, можно описать следующей формулой:

$$\Sigma_M = \langle W_M, Q_M, R_M, G_M, O_M \rangle.$$



Таким образом, теоретико-множественное выражение представляет собой математическую модель системы мониторинга, которая отражает фактическое состояние автотранспортной системы на урбанизированной территории, при этом отвечает не только основным положениям парадигмы биосферной совместимости поселений, но и принципам адаптивности и мобильности к текущим изменениям в объекте управления и внешней среде.

Литература

1 Воздействие транспортного комплекса РФ на состояние окружающей среды и здоровье населения [Текст]: Аналитический доклад/ сост. В.А. Петрухин; ФГУП НИИАТ – М.:НПСТ «Трансколсатинг», 2008.- 68с.

2 Трофименко, Ю.В. Актуальные проблемы инженерной экологии и обеспечения технологической безопасности автотранспортного комплекса [Текст] / Ю.В. Трофименко // Технологическая безопасность. – 2007. – № 2. – С.46-55.

3 Иващук, О.А. Теоретические основы построения автоматизированной системы управления экологической безопасностью промышленно- транспортного комплекса. [Текст]: монография/ О.А. Иващук, И.С. Константинов. – М: Машиностроение, 2009. – 205 с.

4 Ильичев, В.А. Принципы преобразования города в биосферосовместимый и развивающий человека [Текст] / В.А. Ильичев. – М.: Градостроительство, 2009. - № 3– С. 20-30.

5 Константинов, И.С. Концептуальные основы управления территориальной автотранспортной системой на основе парадигмы биосферной совместимости [Текст] / И.С. Константинов, Н.В. Бакаева // Научно-технический журнал «Информационные системы и технологии». - Орел, 2010. - № 5(61). – С. 109-119.

6 Коськин, А.В. Информационно-аналитические ресурсы для управления организационно-техническими системами. [Текст]: монография / А.В. Коськин. – М: Машиностроение-1, 2006. – 208 с.

7 Исследование и разработка теоретических основ построения и функционирования распределенных адаптивных систем административного мониторинга [Текст]: отчет о НИР (промеж.) / ГОУ ВПО ОрелГТУ; рук. Константинов И.С; отв. исполн.: Фролов А.И., Коськин А.В., Митин А.А. [и др.]. – Орел, 2010. – 114 с.

8 Иващук, О.А. Обеспечение адаптивного управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса. [Текст] / О.А. Иващук, И.С. Константинов // Управление большими системами. М.: ИПУ РАН. – 2009. - Выпуск 25. – С. 96-115.

9 Сладкова, О.Б. Информационный мониторинг: теоретико-методологические основы [Текст] / О.Б. Сладкова. – М.: МГУКИ, 2002. – 65 с.

GENERALIZED MODEL OF THE SYSTEM FOR MONITORING THE STATUS OF THE TERRITORIAL ROAD TRANSPORTING SYSTEM

I. S. KONSTANTINOV

N. V. BAKAEVA

O. V. OZARENKO

D. I. FEDOROV

*State university–education–
science–production–complex*

e-mail:

konstantinov@ostu.ru

natbak@mail.ru

ozarenko@mail.ru

fedorovdi@gmail.com

The problem of model construction of the system for the monitoring giving the information on an actual status of road transporting system in urbanized territory is formulated. As object of monitoring acts the natural-social-technical structure. The monitoring system is considered in article as a component of the automated control system by territorial road transporting system. As a conceptual basis of the decision of a task the paradigm of biosphere compatibility of settlements and principles of adaptation to changing environmental conditions and to the internal changes is used. The generalized model of system for monitoring on the basis of the theoretical-multiple description and in view of the characteristics of all components entering into its structure is offered.

Key words: urbanizing territory, road transport system, biosphere compatibility, natural-social-technical structure, automated control system, system of monitoring, generalized model.