

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

В.А. Немтинов

*Кафедра «Автоматизированное проектирование технологического
оборудования», ГОУ ВПО «ТГТУ»*

Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым

Ключевые слова и фразы: автоматизированная информационная система; математическое моделирование; природно-промышленная система; экологическая безопасность.

Аннотация: Рассмотрены математические методы и инструментальные средства, используемые при принятии проектных и управленческих решений, непосредственно связанных с экологической безопасностью окружающей среды.

Экологическая безопасность – это проблема взаимоотношений общества и природы, сохранение окружающей природной среды. Ее целью является обеспечение устойчивого и оптимального на длительном периоде времени равновесия между природными и антропогенными системами, техносферой и обществом.

Основными антропогенными объектами, функционирование которых во многих случаях приводит к нарушению состояния равновесия природной среды, являются промышленные предприятия. Одним из основных средств исследования взаимодействия производственных технических систем (ПТС) с природной и социальной средой является математическое моделирование. Оно позволяет прогнозировать возможные изменения физических, химических и биологических состояний окружающей среды, вызванные деятельностью ПТС.

Предусмотренные на ближайшие годы увеличение выпуска и расширение номенклатуры промышленной продукции, обуславливающие значительное увеличение объема проектных и конструкторских работ – с одной стороны и необходимость решения экологических проблем – с другой, требуют: разработки новых принципов и методов расчета; использования комплексных критериев оценки принимаемых проектных решений, составляющими которых являются экономические затраты и экологическая безопасность проведения технологических процессов, что особенно важно в современных рыночных отношениях. В свою очередь, это требует создания специального математического и программного обеспечения, позволяющих решать задачи промышленной экологии, связанные с проектированием и эксплуатацией ПТС и обеспечением экологической безопасности включающих их природно-промышленных систем (ППС). Решение проблемы обеспечения экологической безопасности ППС является важным и актуальным научно-техническим направлением устойчивого развития субъектов РФ, однако, оно сдерживается отсутствием прикладных автоматизированных информационных систем (АИС) поддержки принятия проектных и управленческих решений,

использующих современные информационные технологии: ГИС-технологии, SQL-ориентированные инструментальные системы и др.

В связи с этим в работе рассматриваются математические методы и инструментальные средства, используемые при принятии проектных и управленческих решений, непосредственно связанных с экологической безопасностью окружающей среды. Результаты, представленные в работе, получены в ходе проведения исследований в рамках научной школы «Разработка теории и методов автоматизированного проектирования химических производств», основателем и руководителем которой является заслуженный деятель науки, д-р техн. наук, профессор Е.Н. Малыгин.

На основе анализа литературных источников, посвященных математическим методам решения задач промышленной экологии при проектировании и эксплуатации ПТС, а также традиций выполнения проектно-конструкторских работ, задачу обеспечения экологической безопасности ППС при размещении новых и функционировании действующих ПТС следует рассматривать как совокупность задач, решаемых на региональном (в масштабе субъекта РФ или промышленного узла) и локальном (в масштабе предприятия) уровнях (рис. 1). К особенностям принятия решений в сфере экологической безопасности следует отнести: сложность и большую размерность ППС; неопределенность поведения экосистем, входящих в ППС; открытый характер ППС; действие случайных факторов; отдаленные последствия принятых решений; множество критериев оценки различной природы [1].

При изучении процессов функционирования ППС был сделан вывод о том, что всю совокупность задач, решаемых на разных этапах принятия проектных и управленческих решений нужно рассматривать с позиций теории сложных иерархических систем. В соответствии с этими теоретическими положениями на рис. 2 представлена структурная схема подзадач разработки проекта промышленного производства (основной задачи, решаемой на локальном уровне) и определено место отдельных подзадач, непосредственно связанных с экологической безопасностью ППС.



Рис. 1. Комплекс задач АИС, решение которых направлено на обеспечение экологической безопасности субъектов РФ и предприятий

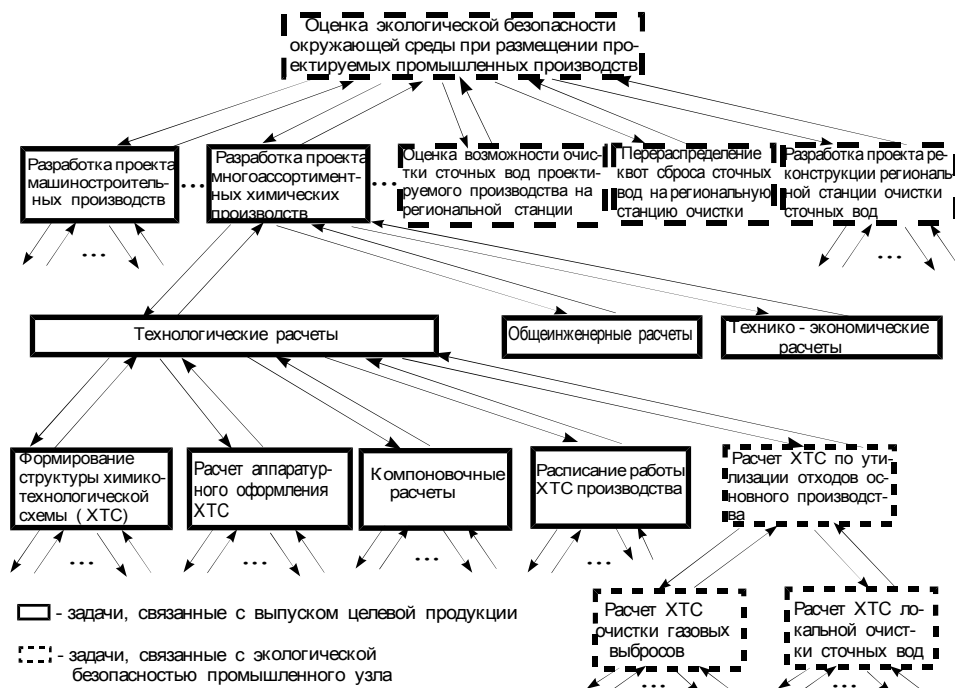


Рис. 2. Структурная схема подзадач, при разработке проекта промышленного производства

Наличие множества различных критериев оптимальности при принятии решений задач обеспечения экологической безопасности ППС привело к необходимости использования методов многокритериальной оптимизации.

При этом в каждом конкретном случае должны решаться проблемы выбора альтернативных вариантов, метода решения задачи с учетом оценки качества вариантов по всем рассматриваемым критериям; принципа нормализации, приводящего все критерии к единому масштабу измерения и позволяющего производить их сопоставление; принципа учета приоритета, позволяющего отдавать предпочтение более важным, по мнению экспертов, критериям.

Специфика многих задач промышленной экологии состоит в том, что они относятся к классу задач дискретного программирования. В тех случаях, когда множество вариантов решений невелико (не более $10^3 \dots 10^4$), то, учитывая быстродействие современных ПЭВМ, искомое решение можно находить методом полного перебора вариантов. При более высокой размерности задач предлагается схема, основанная на последовательном анализе и отсеивании вариантов путем исключения бесперспективных как по ограничениям, так и по целевой функции, без проработки начальных этапов и их дальнейшего развития. Особенностью некоторых задач промышленной экологии является то, что отдельные независимые переменные изменяются непрерывно в некотором диапазоне. В этом случае применение предложенной процедуры анализа вариантов для каждой из этих переменных предполагает использование их дискретных значений, которые могут быть получены как результаты измерений соответствующего параметра объекта ППС. Предложенная схема реализована при решении ряда задач, описанных в работах [1, 3, 4].

Для получения прогнозов изменения количественных показателей состояния компонент окружающей среды (качества воды, воздуха и т.д.) в результате строи-

тельства или модернизации ПТС, необходимо построение экспериментально-аналитических моделей процессов, протекающих в отдельных типах основного и вспомогательного технологического оборудования промышленных объектов и компонентах окружающей среды, которые учитывают гидродинамические особенности потоков в них, кинетические закономерности процессов и вероятностный характер их протекания. При разработке математических моделей предложен подход [2], согласно которому пользователь, на основе своих знаний об особенностях ПТС, осуществляет генерацию модели с помощью модулей АИС.

При решении задачи идентификации математических моделей объектов ППС в большинстве случаев используется неполная экспериментальная информация детерминированного и вероятностного характера по объекту исследования. В связи с этим разработана схема статистического испытания модели, позволяющая создать на базе имеющихся экспериментальных данных модель, адекватную исследуемому объекту.

Нахождение областей допустимых значений параметров модели осуществляется в ходе имитационного испытания, основу которого составляет метод Монте-Карло. Исходя из известных или правдоподобных диапазонов изменения начальных состояний, параметров и входных переменных с помощью датчиков случайных чисел генерируются их комбинации. Решение уравнений модели с этими значениями позволяет вычислить реакцию модели и проверить выполнение ограничений, известных на основе экспериментальных данных. Достаточная точность оценки количества испытаний получена с помощью интегральной теоремы Лапласа.

Для получения прогнозов качества воды необходимо построение математических моделей технологических процессов, протекающих в очистных сооружениях и водоеме – приемнике сточных вод, которые бы учитывали гидродинамические особенности потоков в сооружениях и природном водоеме, кинетические закономерности процессов и вероятностный характер их протекания. В течение ряда лет автором накоплен опыт использования математических моделей наиболее часто используемых процессов [1]: биоокисления углерод- и азотсодержащих органических соединений в аэротанке коридорного типа с распределенной подачей воды; осаждения суспензии в радиальном отстойнике; денитрификации в аппарате с перемешивающим устройством; самоочищения и распространения примесей в реке, среди которых выделены процессы аэробного окисления органических соединений, нитрификации, денитрификации, роста и отмирания планктона, фотосинтеза, ионного обмена и др. При разработке математических моделей предложен подход, описанный в работе [2].

Для обеспечения режима нормального функционирования действующей региональной станции биохимической очистки (БХО) в работе решена задача распределения квот сброса сточных вод предприятиями промышленного узла. Очень часто возникает ситуация, когда отдельные предприятия должны сбрасывать на сооружения БХО сточные воды в количествах, превышающих размеры выделенных квот. Это может быть связано как с особенностями технологических процессов получения продукции, так и нежеланием внедрять более совершенные экологически безопасные технологии, включающие и системы локальной очистки сточных вод. В таких случаях от предприятия требуется выполнение принятого стандарта либо через инвестиции в очистные технологии, либо приобретение разрешения на сброс сточных вод у предприятий, которые достигли большего сокращения выбросов, чем это предусмотрено выделенными квотами.

Задача перераспределения квот сброса сточных вод на станцию БХО сформулирована следующим образом: необходимо осуществить перераспределение

квот сброса сточных вод на станцию БХО таким образом, чтобы сумма затрат на приобретение прав сброса сточных вод у отдельных предприятий в интересах всего региона имела минимальное значение [7]. При такой постановке задача перераспределения квот сброса сточных вод на сооружения БХО аналогична задаче, которая в литературе известна как транспортная задача. Она относится к классу задач линейного программирования и для ее решения предложено использовать симплекс-метод.

В основу построения программного обеспечения системы поддержки принятия проектных и управленческих решений, непосредственно связанных с безопасностью окружающей среды, положены принципы структурного программирования: модульности и децентрализации управления. На рис. 3 приведена функциональная схема интегрированной АИС, в состав которой входит базовое и прикладное, разработанное нами, программное обеспечение для решения перечисленных выше задач.

Отдельные части программного обеспечения выделены в виде блоков. Это позволяет повысить надежность всей системы в целом, упрощает его дальнейшее совершенствование [6].

С помощью разработанного программно-математического комплекса, включенного в АИС, осуществлено решение ряда практических задач [5, 7–9], связанных с обеспечением экологической безопасности окружающей среды, в частности:

- выработаны рекомендации, использованные при реконструкции станций биохимической очистки сточных вод (завода синтетических продуктов, г. Новочеркасск Ростовской области; г. Моршанск и пос. Зеленый Тамбовской области);
- в Территориальном центре государственного мониторинга геологической среды Тамбовской области с помощью разработанной системы постоянно осуществляется мониторинг компонентов гидросферы Тамбовского промышленного узла;

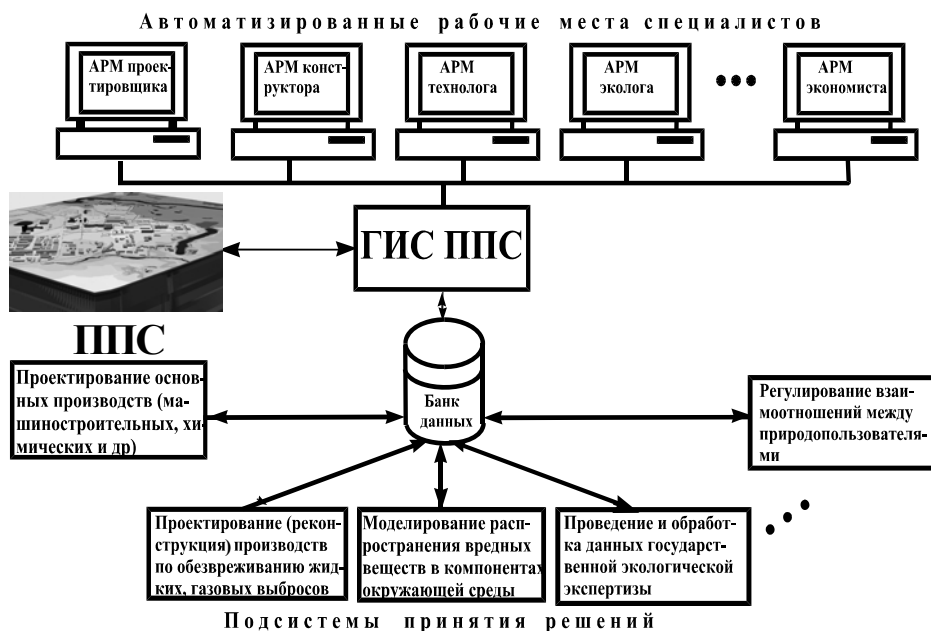


Рис. 3. Функциональная схема АИС ГИС

– выполнена автоматизированная обработка данных государственной экологической экспертизы более 80-ти промышленных объектов в Главном управлении природных ресурсов и охраны окружающей среды по Тамбовской области.

Список литературы

1. Немтинов, В.А. Информационный анализ и моделирование объектов природно-промышленной системы / В.А. Немтинов. М. : Машиностроение-1, 2005. – 112 с.
2. Прогнозирование режимов функционирования реконструируемых станций биологической очистки / И.В. Гордин [и др.] // Теорет. основы хим. технологии. – 1988. – № 6. – С. 803–809.
3. Малыгин, Е.Н. Автоматизированный синтез сооружений биохимической очистки сточных вод / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, С.Я. Егоров // Теорет. основы хим. технологии. – 2002. – Т. 36, № 2. – С. 188–195.
4. Малыгин, Е.Н. Автоматизированный синтез системы очистки газовых выбросов для многоассортиментных малотоннажных химических производств / Е.Н. Малыгин, В.А. Немтинов, Ю.В. Немтинова // Теорет. основы хим. технологии. – 2003. – Т. 37, № 6. – С. 613–621.
5. Использование ГИС-технологий для моделирования состояния экосистемы промышленного узла / Е.Н. Малыгин [и др.] // Геоинформатика. – 2003. – № 3. – С. 16–21.
6. Немтинов, В.А. Методологические основы построения информационной системы принятия решений по обеспечению экологической безопасности / В.А. Немтинов // Научно-техническая информация. Серия 1. – 2005. – № 10. – С. 1–7.
7. Немтинов, В.А. О подходе к регулированию взаимоотношений между природопользователями / В.А. Немтинов, Ю.В. Немтинова // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2004. – Т. 43, № 5. – С. 143–148.
8. Немтинов, В.А. Использование ГИС-технологий при оценке качества подземных водных ресурсов промышленного узла / В.А. Немтинов А.А. Литвинов, Ю.В. Немтинова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2005. – Т. 11, № 3. – С. 625–631.
9. Немтинов, В.А. О подходе к созданию системы принятия решений при проведении государственной экологической экспертизы / В.А. Немтинов, Ю.В. Немтинова // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2005. – Т. 44, № 3. – С. 72–81.

Information Technologies for Decision-Making in Maintenance of Ecological Safety of Industrial Enterprises

V.A. Nemtinov

Department “Systems of Computer-Aided Designing”, TSTU

Key words and phrases: computer-aided information system; ecological safety; mathematical modeling; nature-industry system.

Abstract: The paper studies mathematical methods and instruments used in making project and managerial decisions related to ecological safety of the environment.

Informationstechnologien der Beschlußfassung nach der Versorgung der ökologischen Sicherheit der industriellen Objekte

Zusammenfassung: Es sind mathematische Methoden und die Instrumentalmittel, die bei der Fassung der mit der ökologischen Sicherheit der Umwelt unmittelbar verbundenen Projekt- und Leitungsbeschlüsse verwendet werden, betrachtet.

Technologies informationnelles de la prise des décisions sur l'assurance de la sécurité écologique des unités industrielles

Résumé: Sont envisagés les méthodes mathématiques et les moyens instrumentaux utilisés lors de la prise des décisions sur les projets et celles de gestion liées directement à la sécurité écologique de l'environnement.
