

УДК 539.3

Г. Г. М а л и н е ц к и й, Н. А. М и т и н,
В. В. Ш и ш о в, П. Л. О т о ц к и й,
В. Н. Т к а ч ё в, Е. П. К у з н е ц о в,
И. В. Д е с я т о в, С. А. Н а у м е н к о,
М. -Г. М. З у л ь п у к а р о в, М. С. Б у р ц е в,
А. В. П о д л а з о в, И. В. К у з н е ц о в,
М. И. К и с е л ё в, Я. В. Ч и в и л ё в,
Д. В. С е р е б р я к о в, О. П. И в а н о в,
Т. С. А х р о м е е в а, С. А. П о с а ш к о в,
С. А. Т о р о п ы г и н а, В. В. Л у к и н

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ НАУЧНОГО МОНИТОРИНГА. СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ

Описана сущность экспериментального стенда комплексной системы научного мониторинга опасных явлений и процессов в природной, техногенной и социальной сферах. Этот стенд позволяет осуществлять системную интеграцию работ, ведущихся в Российской академии наук, по прогнозу бедствий, кризисов и катастроф и отработке мер по их предупреждению. Предполагается, что этот стенд будет осуществлять научную поддержку Национального центра управления кризисными ситуациями, созданного в настоящее время в Министерстве по чрезвычайным ситуациям Российской Федерации. Стенд позволяет перейти от анализа конкретных частных угроз к более широкому системному, междисциплинарному взгляду на опасности и связанные с ними риски.

В настоящее время большое внимание уделяется прогнозу и предупреждению чрезвычайных ситуаций, связанных с бедствиями, кризисами и катастрофами. Эта область в сфере управления чаще всего называется *управлением рисками* [1–4]. В последние годы обсуждаются возможности и инструменты, необходимые для *управления кризисами*.

В 1994 г. на Международной конференции по стихийным бедствиям в Иокогаме мировым сообществом был взят курс на переход от ликвидации и смягчения последствий бедствий и катастроф к прогнозу и предупреждению чрезвычайных ситуаций. Этот принципиальный подход оправдан и экономически: мировой опыт показывает, что каждый рубль, вложенный в прогноз и предупреждение бедствий, позволяет сэкономить от 10 до 100 руб., которые пришлось бы вложить в ликвидацию или смягчение последствий уже случившихся чрезвычайных происшествий.

В информационном пространстве для осуществления такого перехода к предупреждению и прогнозу должен быть замкнут следующий контур: мониторинг – прогноз – предупреждение – выработка и принятие управленческих решений – реализация принятых решений – анализ – планирование.

С точки зрения теории управления, можно выделить два основных подхода.

Объектно-ориентированный подход связан с оценкой ожидаемой полезности S проектов или предлагаемых мер, которая рассчитывается по формуле

$$S = \sum_{i=1}^N p_i x_i, \quad (1)$$

где N – число возможных сценариев развития событий; p_i – вероятность реализации i -го сценария; x_i – издержки либо прибыли, получаемые при реализации i -го сценария.

Отсюда ясны традиционные подходы, связанные с управлением риском и, в конечном счете, с увеличением S : во-первых, это изменение N и, в частности, исключение определенных сценариев; во-вторых, увеличение вероятностей p_i реализации желательных сценариев и уменьшение вероятностей нежелательных; в-третьих, увеличение возможных прибылей x_i и снижение ожидаемых издержек.

С использованием соотношения (1) связаны три проблемы. Первая возникает при оценке вероятностей. Для многих инженерных систем характерно гауссово распределение плотности вероятности

$$u(x) \sim e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

где m – математическое ожидание величины x , а σ^2 – ее дисперсия. На этом основано известное инженерное правило “трех сигм”: свыше 99,7% событий отклоняется от m не более чем на 3σ . Для многих сложных систем, в которых возможны катастрофы, имеет место другая статистика – степенные законы (рис. 1). Как видно, плотность степенного распределения спадает слишком медленно, чтобы вероятностью гигантских катастрофических событий можно было пренебречь.

$$u(x) \sim x^{-(1+\alpha)}, \quad (3)$$

которые при $\alpha < 1$ называют распределениями с “тяжелыми” хвостами. К сожалению, восстанавливать плотность вероятности в случае выборок малого объема достаточно сложно. Поэтому во множестве случаев удобнее иметь дело с зависимостями ранг–размер, которые определяются следующим образом. Выборочные значения ранжируются, т.е. упорядочиваются по убыванию и нумеруются с присвоением крупнейшему значению номера r_0 , который является подгоночной

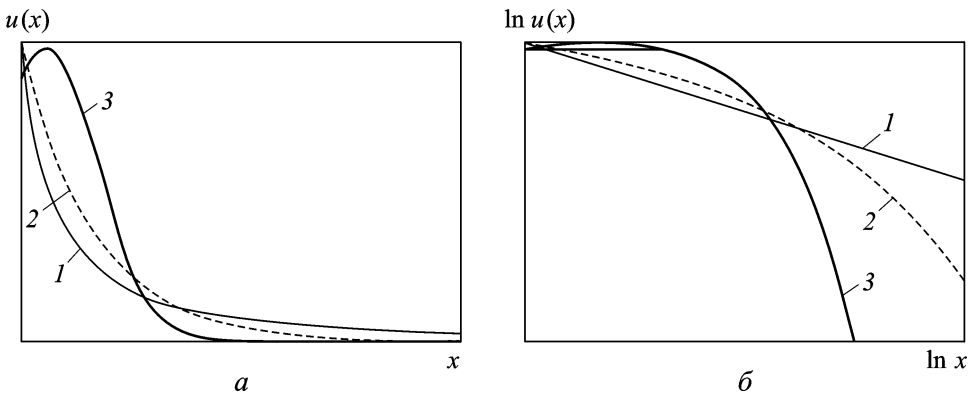


Рис. 1. Плотность вероятности нормального (3), экспоненциального (1) и степенного (2) распределений в линейном (а) и двойном логарифмическом (б) масштабах

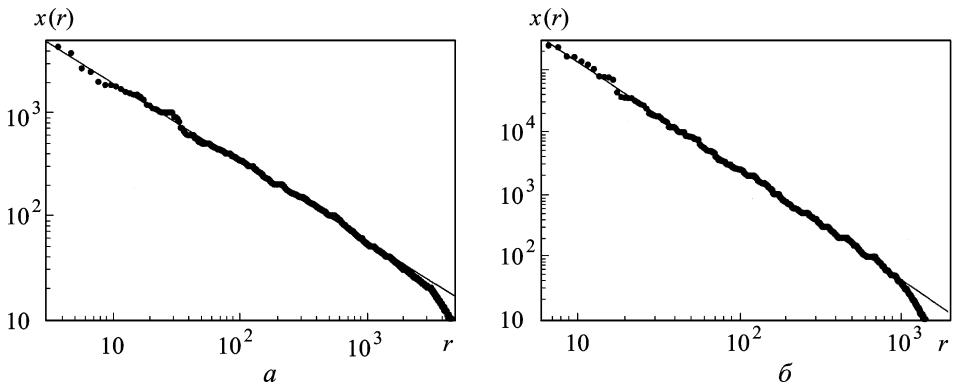


Рис. 2. Степенная статистика катастроф и бедствий (по данным работы [26] по состоянию на 24.10.2003):

а — ранжировка техногенных катастроф по числу погибших (2047 крупнейших событий описываются степенной зависимостью с $\alpha = 1,3$); б — ранжировка стихийных бедствий по числу раненых (1084 события, $\alpha = 0,57$)

величиной. Можно показать, что при должном выборе r_0 зависимость величины события от присвоенного ему таким способом номера (ранга) выражается формулой

$$x(r) \sim r^{-1/\alpha} \tag{4}$$

в случае, если плотность вероятности имеет вид (3) на некотором отрезке и равна нулю вне его. На рис. 2 приведены типичные зависимости ранг–размер, получаемые при анализе бедствий и катастроф (идеальным степенным зависимостям в двойном логарифмическом масштабе соответствуют прямые).

В случае степенных распределений крупные события, со значимой вероятностью происходящие в системе, могут на много порядков превосходить типичные события, мерой которых является среднее. А при $\alpha < 1$ сумма выборочных значений оказывается соизмеримой с

крупнейшим их них, т.е. не действует закон больших чисел [1]. Поэтому математическое ожидание и его оценки не несут и не могут нести информации о катастрофических событиях, возможных в системе. Кроме того, сами оценки математического ожидания в таких системах имеют сильную чувствительность к величине минимального регистрируемого события и зачастую являются недостоверными.

Вторая проблема при использовании соотношения (1) связана с исчислением издержек или прибылей. Как правило, и в экономических исследованиях, и в нормативных документах, регламентирующих деятельность в сфере управления рисками, фигурирует только прямой ущерб и только он исчисляется. В то же время прямой ущерб во многих случаях составляет ничтожную часть общих экономических потерь. В качестве примера можно привести Чернобыльскую аварию и аварию “Челленджера”, которые на многие годы затормозили развитие соответствующих областей промышленности и исследований.

В рамках стенда имеются социально-экономические модели, позволяющие отслеживать реакцию экономики региона, отрасли или государства на те или иные события. Эти исследования в настоящее время находятся в начальной стадии, поэтому говорить о полномасштабном анализе влияния аварий и катастроф на социально-экономическую динамику пока достаточно сложно. Приведем наглядный пример. Ключевой величиной при анализе риска в соответствии с западными стандартами является цена человеческой жизни. В соответствии с ней приводится схема страхования, принимаются или отвергаются проекты, направленные на повышение безопасности. В США жизнь среднего американца оценивалась в 400 тыс. долл., в Великобритании страховые выплаты при гибели авиапассажиров составляют 1,5–2 млн. долл. В России этого показателя в настоящее время просто нет, что также затрудняет использование соотношения (1) при анализе катастроф, влекущих за собой человеческие жертвы.

Наконец, третья проблема связана с пространством сценариев. В традиционных схемах управления рисками пространство очень простое: катастрофа либо происходит, либо нет. Промежуточные этапы, динамика, работа по смягчению последствий аварий, по их предупреждению — просто не учитываются. Вместе с тем во множестве случаев катастрофа не является единовременным актом и существенны динамика, мониторинг, управляющие воздействия на разных этапах развития неустойчивости. Инструменты для анализа сценариев такого сорта основаны на представлениях нелинейной динамики и выделении аттракторов, к которым система стремится в ходе штатного или нештатного функционирования. Эти подходы также активно развиваются и, вероятно, будут использованы в стенде [27] (рис. 3).

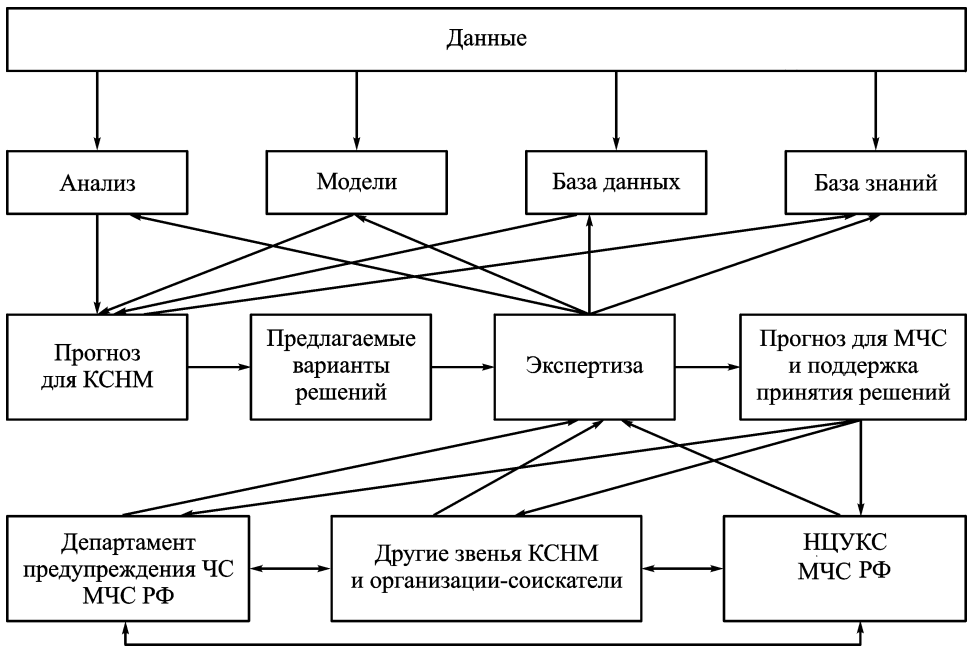


Рис. 3. Принципиальная схема экспериментального стенда комплексной системы научного мониторинга (КСНМ) для поддержки Национального центра управления кризисными ситуациями (НЦУКС)

Субъектно-ориентированный подход ориентирован на лиц, принимающих решения (а в отдельных случаях и на все общество) и направлен на создание у них объективной картины. Как показали многочисленные исследования [5], без специальной подготовки и использования систем поддержки принятия решений, субъект, оценивая ситуацию, обычно исходит не из соотношения (1), а из формулы

$$S = \sum_{i=1}^M g_i(p_i, x_i) h_i(x_i, p_i), \quad (5)$$

где M — число принимаемых во внимание сценариев; $g_i(p_i, x_i)$ — субъективная вероятность, отражающая представления субъекта о возможности реализации i -го сценария; $h_i(x_i, p_i)$ — субъективная оценка издержек или прибылей при реализации i -го сценария.

Субъектно-ориентированное управление связано с приближением субъективной оценки ситуации (5) лицами, принимающими решения, к объективной (1), опирающейся на статистику, накопленный опыт, научные исследования.

Как показывает анализ, субъективные вероятности могут существенно отличаться от оценок экспертов и реальной статистики, отражающей опасность различных технологий. Например, большинство людей попросту игнорируют события с вероятностью 10^{-5} , как бы ни был велик ущерб от них. Более того, субъективная вероятность не

является постоянной величиной. Она может меняться в ходе профессиональной деятельности, обучения, различных рефлексивных процессов и пиар-кампаний. Обратим внимание на сходство этой проблемы с задачами технической и медицинской диагностики. Дело в том, что пространство факторов, которые могут иметь влияние, огромно, а число переменных, которые может принять во внимание специалист, невелико. Существенных переменных всего 5–7. И эти переменные различны у начинающих и у опытных сотрудников. Методика выявления решающих правил, структура профессионального знания в настоящее время исследована для ряда медицинских задач [23]. Однако эти подходы представляются достаточно универсальными, они также будут использованы в экспериментальном стенде.

Инструментами управления рисками являются изменение организации государственных и иных структур, финансы, ресурсы, кадры и информация.

Аварии, бедствия, катастрофы и кризисы обычно не укладываются в компетенцию отдельного министерства или какого-либо иного органа. Знания и данные о них далеко выходят за рамки отдельных научных дисциплин. Поэтому здесь естественно опираться на междисциплинарные подходы. В обсуждаемом проекте используются методы, модели и концепции одного из наиболее успешных междисциплинарных подходов — *теории самоорганизации или синергетики* [6, 7]. Для этого есть целый ряд причин, подробно рассмотренных в ряде опубликованных ранее работ:

- междисциплинарный и межведомственный характер большинства рисков, бедствий и катастроф [1, 8];
- системный характер многих чрезвычайных ситуаций, с которыми столкнулась Россия [9];
- необходимость построения иерархии математических моделей и применения методов мягкого моделирования [10, 11];
- неотделимость оценки риска и задач прогноза от проблем планирования и технологий “проектирования будущего” [19, 20];
- универсальность сценариев поведения нелинейных систем (бифуркационного поведения, перехода к хаосу, катастроф) [4, 7, 22];
- универсальность алгоритмов прогноза бедствий, катастроф, кризисов [4];
- универсальность управленческих решений в сфере управления рисками [21].

Приведем конкретный пример, показывающий сущность алгоритмов анализа данных в экспериментальном стенде и их междисциплинарность.

Неустойчивость на высших уровнях иерархических систем порождается нестабильностью на низших уровнях. В частности, обратный каскад перераспределения напряжений в земной коре, подготавливающий крупное землетрясение, проявляется в виде аномальной сейсмической активности в меньших диапазонах энергий и размеров. Это делает возможным прогноз, основанный на наблюдениях за активизацией и другими отклонениями поведения системы от тренда, за кластеризацией актов нестабильности, раскорреляцией и т.д.

На первом шаге разработки алгоритма предсказания катастрофических событий вырабатываются методы сворачивания огромной информации, которую дает мониторинг, в небольшой набор *функционалов* — зависящих от времени величин, которые в агрегированном виде характеризуют состояние системы. Возможность введения функционалов, пригодных для прогноза поведения сложной системы, вообще говоря, не очевидна. Тем более не очевидна их конкретная форма, поэтому на данном этапе ключевым оказывается взаимодействие специалистов по прогнозу с теми, кто представляет себе динамику системы, хотя бы качественно, и может сказать, каким образом следует учитывать в ней взаимодействие иерархических уровней.

Следующий шаг состоит в определении наиболее информативных функционалов, а также в конструировании алгоритма, позволяющего объявлять тревогу на основе значений этих функционалов. Обучение алгоритма состоит в подборе параметров, используемых для вычисления функционалов, установлении для них порогов, превышение которых может свидетельствовать о входе системы в опасную область, и формулировании правила объявления тревоги. Обучение алгоритма имеет целью оптимизировать его способность к ретроспективному прогнозу (прогнозу уже случившихся катастроф) на основе информации о предшествовавшей им активности.

Наконец, заключительным шагом является тестирование в реальных условиях, направленное на определение эффективности алгоритма. На этом этапе корректировка его параметров не допускается.

Проиллюстрируем описанную схему на примере алгоритма среднесрочного прогноза сильных землетрясений, известного в литературе как М8 (рис. 4).

Рассматриваются области, размер которых определяется магнитудным порогом прогнозируемых событий (для модификаций алгоритма, нацеленных на прогноз землетрясений магнитудой свыше 6,5, 7,0, 7,5 и 8,0 баллов используются соответственно круги диаметром 384, 560, 854 и 1333 км). Эти области располагаются на сейсмических поясах (глобальных протяженных районах концентрации очагов землетрясений) и покрывают зону подготовки предполагаемого сильного землетрясения.

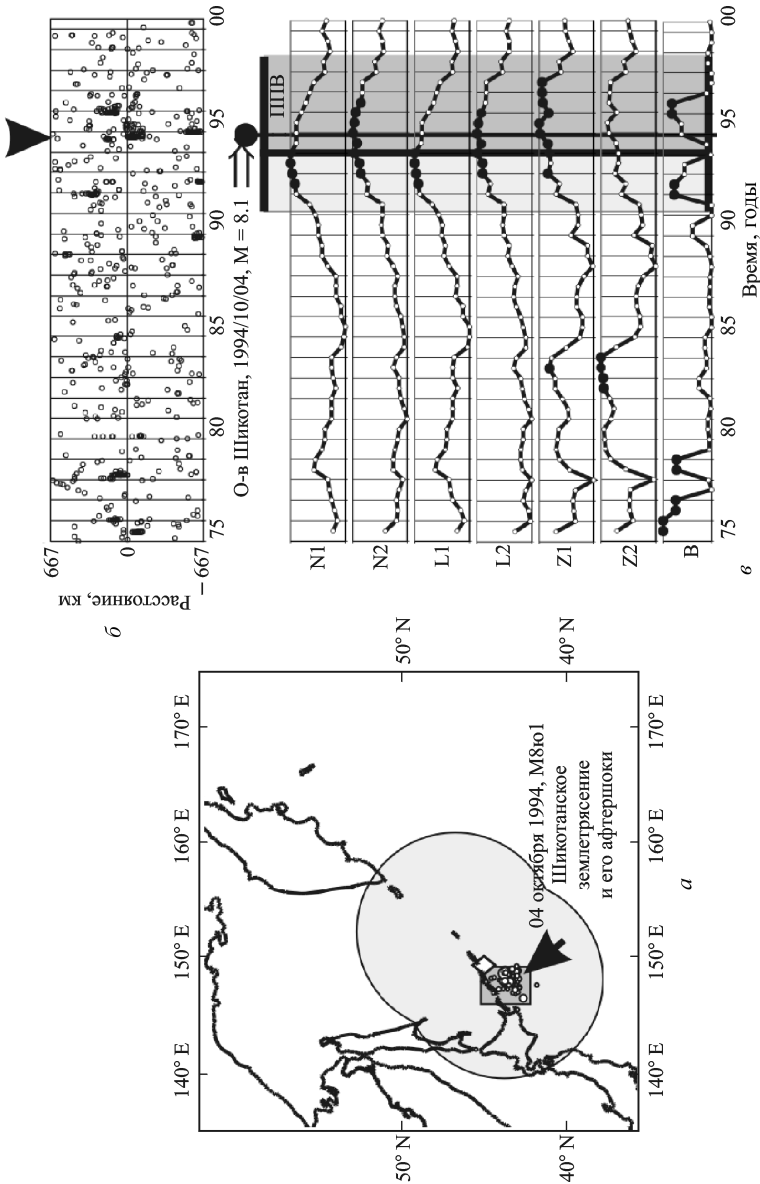


Рис. 4. Пример работы алгоритмов среднесрочного прогноза землетрясений M8 и MSc (время указано в годах от 1900 года):

a — карта прогноза и эпицентры сильнейшего землетрясения и его первых афтершоков (область тревог; диагностированная алгоритмом M8, показана светло-серыми кругами; темно-серый прямоугольник — область, уточненная по алгоритму MSc); *b* — пространственно-временная диаграмма сейсмической активности в южном круге, где объявлена тревога (ось ординат соответствует проекции на ось сейсмического пояса); *в* — поведение функционалов (черными точками выделены anomalously большие значения; темно-серая область — период повышенной вероятности, начавшийся после того, как в течение предшествующих трех лет (светло-серая область) было выполнено условие объявления тревоги)

Из потока событий, происшедших в данной области, выделяются *основные толчки* — землетрясения, не являющиеся афтершоками. Их последовательность нормализуется магнитудным порогом, который устанавливается таким образом, чтобы среднегодовое число превышающих его основных толчков составляло определенную величину (10 или 20 шт. — соответствующие функционалы помечаются индексами 1 и 2).

На основе данных об основных толчках определяются следующие функционалы:

- $N1$ и $N2$ — число основных толчков за промежуток времени в 6 лет;
- $L1$ и $L2$ — отклонение величин $N1$ и $N2$ от их долговременных трендов;
- $Z1$ и $Z2$ — отношение среднего размера очага к среднему расстоянию между очагами;
- B — максимальное число афтершоков у основных толчков, вычисляемое за промежуток времени в 1 год.

Каждый введенный функционал вычисляется в трехлетнем временном окне с шагом полгода. В результате поток землетрясений в огрубленном виде описывается скоростью (N), ускорением (L), линейной концентрацией событий (Z) и их группируемостью (B).

Величина функционала считается аномально большой, если она превышает Q процентов его наблюдавшихся значений ($Q = 75\%$ для B и 90% — для остальных функционалов). Когда 6 из 7 функционалов, включая B , становятся аномально большими для двух соседних временных интервалов, объявляется *тревога*, или *период повышенной вероятности* (ППВ), который продолжается 5 лет (см. рис. 4).

Области, в которых объявляется тревога по алгоритму M8, на 1–2 порядка по размеру превышают очаг ожидаемого землетрясения, что неприемлемо с практической точки зрения. Поэтому для периодов повышенной вероятности соответствующая зона дополнительно проверяется алгоритмом “Сценарий Мендосино” (MSc), уточняющим место будущего сильного землетрясения и сокращающего зону тревоги в 5–20 раз (см. рис. 4). Этот алгоритм основан на поиске в пространственно-временной зоне тревоги связанных областей (кластеров) относительного сейсмического затишья, сигнализирующих о накапливающемся напряжении.

Эти и другие алгоритмы прогноза землетрясений, методы определения риска, ущербов и стратегии принятия решений при прогнозе возникли в течение последних десятилетий. Одной из основных причин активного развития идей и принципов прогноза катастроф в сейсмологии являются хорошо налаженные долговременные региональные и мировые службы сбора рутинных данных, дающие возможность

сделать полигоном для исследований весь мир. Полученные длинные ряды наблюдений существенно облегчают применение методов статистического анализа и проверки гипотез.

Проведенные работы показали, что аналогичные системы могут быть эффективно использованы для прогнозирования рецессий американской экономики, скачков безработицы в западноевропейских странах, скачков тяжких преступлений на региональном уровне в России, а также в других задачах, связанных с прогнозом динамики социально-экономических систем. Главным в настоящее время здесь является наличие адекватных данных, отражающих результаты мониторинга.

Информационные потоки в КСНМ. КСНМ представляет собой, прежде всего, информационную систему, поэтому принципиальное значение и для проектирования, и для использования системы имеет понимание информационных потоков в этом объекте (рис. 5). Если взглянуть на эту схему с позиции триады “субъект–средство–объект”, то роли распределяются следующим образом.

Субъектом КСНМ в настоящее время представляется МЧС РФ. Полученные прогнозы, результаты мониторинга, оценки и проведенный анализ будет поступать в центральный аппарат МЧС РФ и в Национальный центр управления в кризисных ситуациях (заметим, что в силу достаточно большой универсальности системы в качестве субъектов могут выступать и другие структуры, например: Экспертный совет при МЧС РФ, Правительственная комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности, Совет безопасности РФ и др.).

Объектом, входом для экспериментального стенда, являются различные типы данных и знаний, поступающие из разных источников извне Российской академии наук и получаемые в рамках самой РАН. Данные представляют собой тот “сырец”, на основе которого и будет производиться мониторинг и прогноз. Отметим, что бедой многих существующих систем является отсутствие необходимых знаний и наличие массивов информации, которая не востребована или вообще не может быть использована. Поэтому в режиме штатной работы задачей экспериментального стенда является интеграция, постоянное пополнение и систематизация базы знаний. Эта база во многом будет опираться на те разработки, которые проводились и ведутся в настоящее время в РАН. Другая база — база данных интегрирует информацию из нескольких источников и является основой для специалистов по моделированию, прогнозу, для экспертов.

Отметим, что формирование и наполнение базы данных и базы знаний представляется в настоящее время разработкой общего для

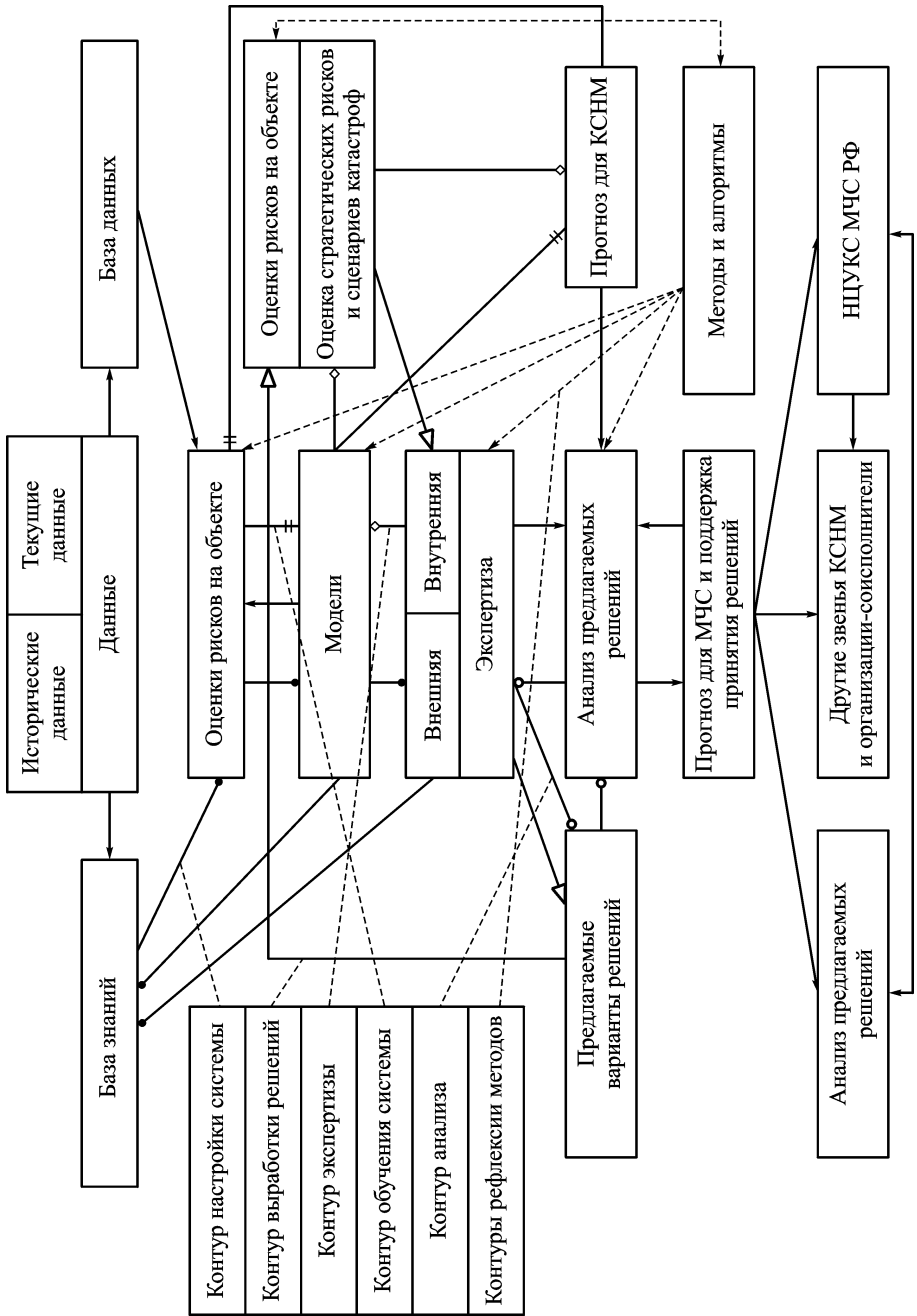


Рис. 5. Информационные потоки в КСНМ

РАН информационного ресурса, который может играть важную интегрирующую роль и намного повысить отдачу в области управления рисками от ряда коллективов и конкретных специалистов. Следует особо подчеркнуть, что наличие базы знаний позволяет аккумулировать и “подхватить” тот потенциал, которым обладают исследователи старшего поколения, которые в ближайшие годы могут покинуть РАН. В настоящее время основные знания в области рисков чрезвычайных ситуаций природного характера в РФ содержатся в шеститомнике [12–17] и атласе [18]. Историческая часть базы данных и базы знаний особенно важна, так как многие стратегические проблемы успешно решались 20 и более лет назад и нынешнее поколение исследователей в отсутствие адекватных базы данных и базы знаний будет обречено либо на копирование “подходов общего пользования”, используемых в других странах и не всегда применимых в российской реальности, либо на “изобретение велосипеда”, когда НИОКР или ОКР ведется, так как исследователи не знают об уже выполненных работах.

Принципиальное значение для работы экспериментального стенда имеют контуры информационных потоков. На рис. 5 они отмечены стрелками разного вида.

Организационная структура стенда. Из схемы информационных потоков следует простейшая организационная структура, которая могла бы воплощать информационные задачи системы (рис. 6).

Руководство проекта, занимающееся представлением полученных результатов вовне, поиском субъектов, заинтересованных в работе КСНМ, и собственно администрированием проекта, находится в ядре всей системы. “Ближний круг” представляют несколько структур, занимающих одинаковое положение в иерархии. В отличие от традиционной иерархической системы предполагаются тесные горизонтальные связи между всеми этими подразделениями, к каковым относятся *блок данных, знаний и мониторинга, группа социальных технологий, научный блок, группа подготовки прогноза и предложений, системная поддержка проекта, группа ОКР, группа поддержки экспертного совета*. Охарактеризуем общие задачи некоторых из этих подразделений.

Блок данных, знаний и мониторинга занимается заполнением базы данных и базы знаний, администрированием информационных потоков в целом и результатов мониторинга в частности. Исходя из этого он состоит из *группы обеспечения мониторинга*, группы, обеспечивающей работу *фильтра данных и знаний* и интерпретатора поступающих информационных потоков, а также группы, занимающейся *администрированием баз данных и знаний*.

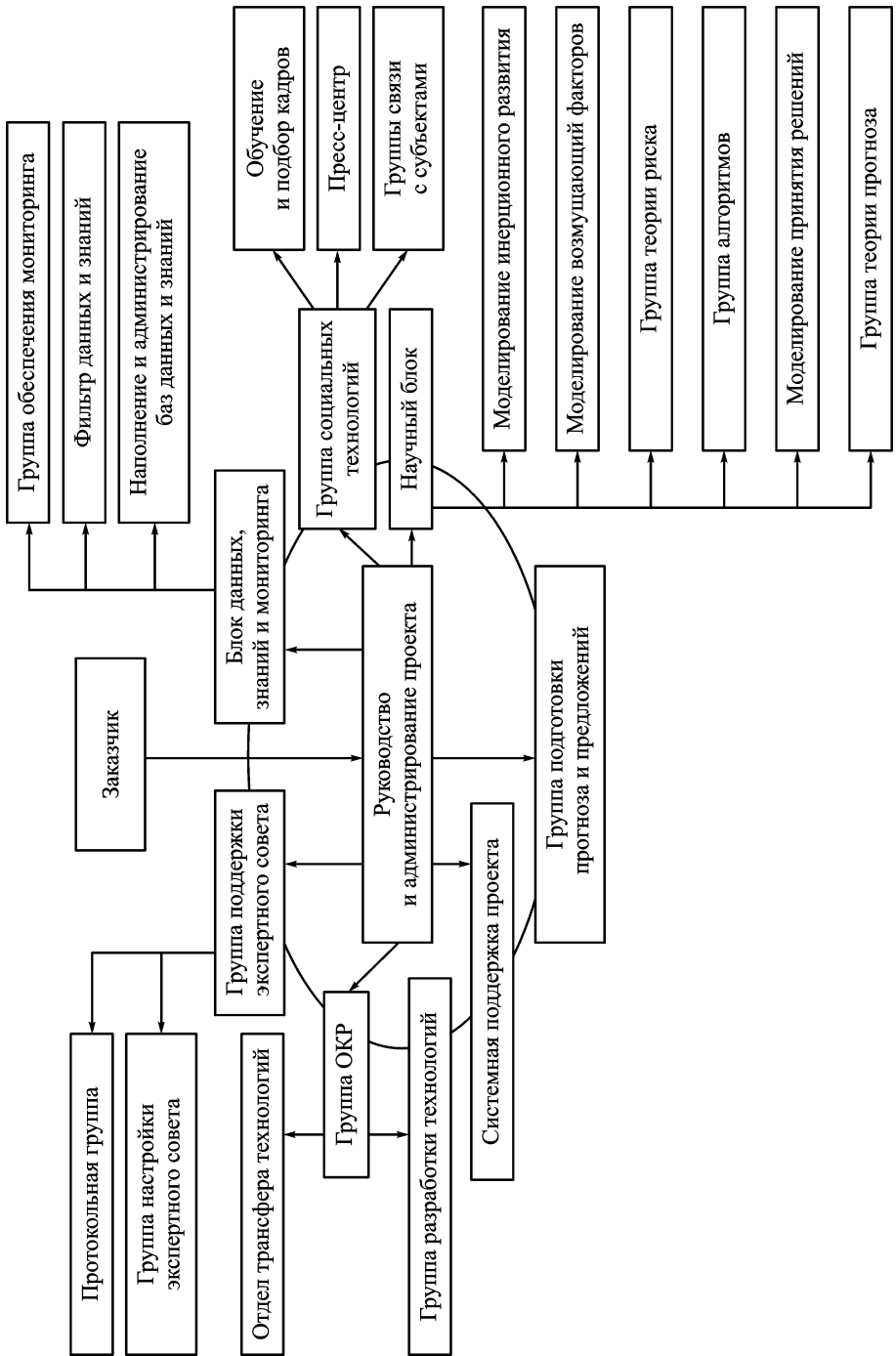


Рис. 6. Организационная структура КСНМ

Важную роль в успехе проекта может сыграть *группа социальных технологий*. Именно она осуществляет связь стенда с обществом, элитами, с лицами, принимающими решения. Именно она позиционирует всю систему в информационном и административном пространствах. Эта группа состоит из блока, занимающегося *обучением и подбором кадров, пресс-центра и группы связи с субъектами*. В случае успеха проекта, естественно, появляется желание использовать наработанную технологию в других областях, перенести данные, знания и созданные подходы в другие организации.

Кроме того, предлагаемые структуры достаточно универсальны, и ориентированы на мониторинг и оценку нового, появляющегося в различных сферах, поэтому могут быть востребованы в ряде административных структур и регионов России. Пресс-центр обеспечивает представление результатов и самой комплексной системы в информационном пространстве. Речь идет как о “бумажных” изданиях, так и об электронных публикациях¹ и об информационной политике в целом. Собственно, информация о прогнозах, о ведущихся исследованиях и имеющихся возможностях может оказаться важным инструментом управления рисками. Группа связей с субъектами ориентирована на поиск новых субъектов, заинтересованных в развитии и использовании создаваемой системы.

Поскольку речь идет о системе научного мониторинга, особую роль в ней играет *научный блок*, состоящий из следующих подразделений: *моделирование инерционного развития, моделирование возмущающих факторов, групп теории риска, алгоритмов, моделирования принятия решения, теории прогноза*. В отличие от многих других систем, в настоящей предполагается моделирование инерционного развития изучаемых объектов. Для того чтобы изучать отклонения, кризисы и патологии, следует представлять норму, выявлять основные тенденции и ту траекторию развития, которая реализуется в настоящее время. Одна из групп осуществляет моделирование возмущающих факторов.

Обратим внимание на большой задел, имеющийся в этой области в РАН, на своеобразную научную культуру, созданную в разных научных школах. основополагающие результаты были получены в школе академика И.М. Гельфанда в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН [23], в школе академика Н.Н. Моисеева в Вычислительном центре им А.А. Дородницына РАН [11], в школе академика О.И. Ларичева в Институте системного анализа РАН [24, 25].

¹<http://www.keldysh.ru>; <http://risk.keldysh.ru>; <http://spkurdyumov.narod.ru>; <http://www.smi-svoi.ru>; <http://www.nonlin.ru>; <http://www.krizis-rus.ru>

Группа опытно-конструкторских разработок во многом реализует пожелание Д.И. Менделеева, о том, чтобы система работала не в принципе, а в металле. Предложенные исследователями подходы должны находить конкретное воплощение в технологическом пространстве, которое согласуется с принятыми ГОСТами, имеющимся законодательством и может быть формализовано, защищено с патентной точки зрения и передано другим организациям. Поэтому группа ОКР состоит из двух подразделений — группы разработки технологий и отдела трансфера.

Принципиальную роль в рамках КСНМ играет экспертный совет. Однако работа с экспертным советом требует фиксации оценок, подходов, мнений, результатов экспертизы, а также предварительной работы с членами экспертного совета. Работы с рядом медицинских задач показывают, что организация консилиума, выявление неявного экспертного знания представляет собой отдельную проблему.

В настоящее время разработана схема взаимосвязей экспериментального стенда с другими научными организациями РАН, представленная на рис. 7 (более темным цветом помечены те организации, с которыми совместные исследования в рамках создания экспериментального стенда уже ведутся).

Основные выводы и предложения. КСНМ должна быть ориентирована на крупные и значимые инициативы, которые могли бы поднять уровень управления рисками в России с оперативного на тактический и далее, с тактического на стратегический. В этой связи представляется разумным высказать несколько примеров крупных инициатив, которые могли бы быть поддержаны в рамках экспериментального стенда КСНМ, а впоследствии и самой системой.

В настоящее время весьма большой представляется опасность аварий и катастроф на тепловых станциях России. Она обусловлена значительным износом генераторов, ресурсы которых многократно продлевались. Аварии на тепловых станциях могут привести к значительным экономическим потерям и затронуть миллионы (как это было в России в 2004 г.) или десятки миллионов (как это было в США и Канаде в последние десятилетия) человек. В этой связи предлагается организовать систему мониторинга, основанную на особо точном измерении скоростей вращения валов генераторов тепловых станций с последующей компьютерной обработкой данных и автоматическим отключением генераторов в предаварийных ситуациях (рис. 8).

В рамках проведенной работы были оценены ущербы от возможных катастроф, экономический эффект от предлагаемых мер и сформирована кооперация исследователей и разработчиков, включающая

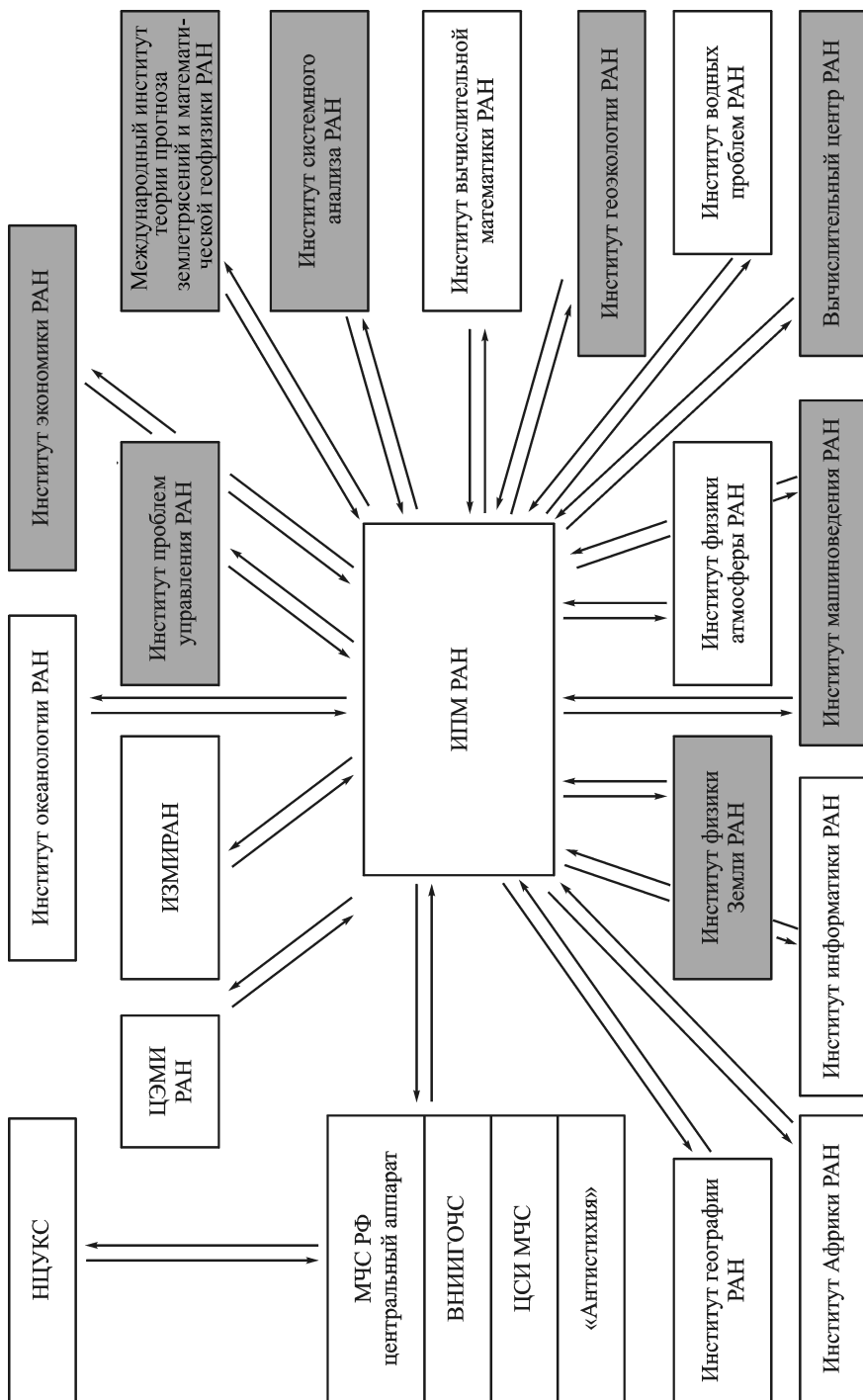
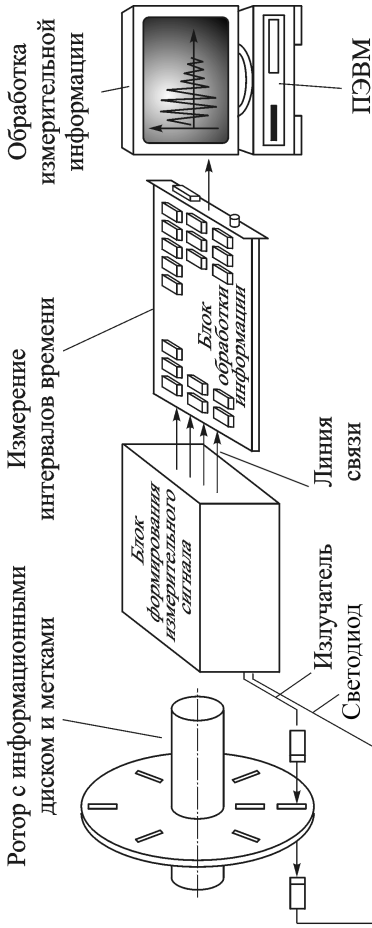


Рис. 7. Системное окружение проекта

Взрыв на Каширской ГРЭС



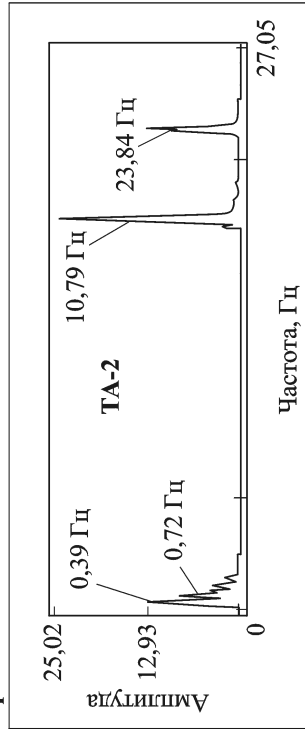
Схема фазохронометрического контроля



Спектр крутильных колебаний валопровода

Режим функционирования турбоагрегата

Правильный



Неправильный

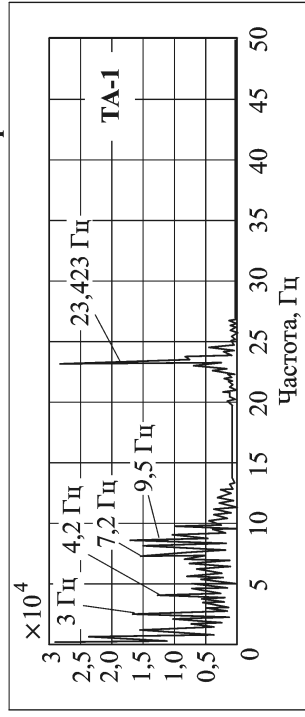


Рис. 8. Объект, принципиальная схема и пример результата работы методов фазохронометрического контроля характеристик турбоагрегата

сотрудников РАН, исследователей из МГТУ им. Н.Э. Баумана и ряд руководителей тепловых станций. Предложенный подход обладает большой универсальностью, он был успешно апробирован на турбинах определенного класса, однако, как показали предварительные исследования, применим и к значительно более широкому классу турбоагрегатов.

Принципиальной проблемой, возникающей при управлении рисками, являются ресурсы, которые без ущерба для государства и общества могут быть направлены в эту сферу. В ходе исследований выявлен большой источник ресурсов, в привлечении которого система мониторинга и, в частности, экспериментальный стенд, могут сыграть принципиальную роль. В современной России потенциально имеется возможность, как утверждают эксперты, увеличить экспорт древесины до 40–50 млрд. долл. Отметим, что в отличие от нефти, газа и руд древесина — возобновляемый ресурс. В настоящее время “белый” экспорт древесины составляет около 2 млрд. долл., “черный” и “серый” — его значительно превышают. Типичная схема “черного” вывоза древесины предусматривает вырубку леса и последующие пожары на значительных площадях. Нынешние технологии авиационного и космического зондирования, а также имеющиеся в России геоинформационные системы позволяют оценивать состояние лесов, проводить мониторинг пожаров и отличать криминальные пожары, направленные на сокрытие результатов хозяйственной деятельности, от естественных. При поддержке силовых структур “черный” и “серый” сектора лесозаготовок могут быть приведены в правовое поле. Если хотя бы одна десятая от экономических выгод, полученных при этом, будет направлена на задачи исследования и мониторинга (именно 3–4 млрд. долл.), то это позволит решить многие проблемы в сфере НИОКР России, а также в сфере мониторинга опасных явлений и процессов.

Важнейшей проблемой в настоящее время является реальная оценка тех бедствий и катастроф, которые могут быть предупреждены и предотвращены в России и для ликвидации которых у страны достаточно сил и средств. В течение последнего десятилетия в России не было бедствий масштаба землетрясения в Спитаке или аварии в Чернобыле. Однако пределы возможностей России в области управления рисками в настоящее время не имеют адекватной объективной оценки.

Это не позволяет принимать обоснованных политических и организационных решений, поэтому одной из ключевых задач экспериментального стенда и КСНМ может стать выяснение гипотетических катастроф в природной, техногенной и социальной сферах (включая возможные террористические акты большого масштаба), а также методов и структур, необходимых для того, чтобы ответить на эти “вызовы”

(включая оценку необходимых материальных, кадровых, информационных и организационных ресурсов).

Проведенный анализ показал, что организация экспертной работы и ее информационное обеспечение и в РАН, и в МЧС РФ значительно отстают от имеющихся технологических возможностей, а в случае чрезвычайных ситуаций — и от тех потребностей, которые будут возникать. Представляется целесообразным предварительная проработка с рядом экспертов типичных, нестандартных чрезвычайных и кризисных ситуаций с целью уточнения состава экспертных групп, необходимых для принятия решений, и материалов для “настройки” экспертного сообщества на решение соответствующих проблем. Новые информационные технологии, широко внедряемые в настоящее время на Западе, позволяют организовывать дистанционные экспертные сообщества, обеспечивающие эффект присутствия и успешно работающие в чрезвычайных ситуациях в режиме реального времени.

Принципиальной для системы научного мониторинга является обратная связь между лицами, принимающими решения, аппаратами соответствующих министерств и ведомств и исследователями. С этой точки зрения создаваемый экспериментальный стенд позволяет обеспечить значительно более быструю, короткую и надежную обратную связь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В л а д и м и р о в В. А., В о р о б ь е в Ю. Л., М а л и н е ц к и й Г. Г. и др. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика. – М.: Наука, 2000. – 432 с.
2. К у р д ю м о в С. П., М а л и н е ц к и й Г. Г. Нелинейная динамика и проблемы прогноза // Вестник РАН. – 2001. – Т. 71. – № 3. – С. 210–244.
3. Кризисы современной России и научный мониторинг / Г.Г.Малинецкий, И.Г.Медведев, В.И.Маевский и др. // Вестник РАН. – 2003. – Т. 73. – № 7. – С. 579–593.
4. М а л и н е ц к и й Г. Г., П о д л а з о в А. В., К у з н е ц о в И. В. О национальной системе научного мониторинга // Вестник РАН. – 2005. – Т. 75. – № 7. – С. 1–16.
5. T H E S I S . Риск, неопределенность, случайность // Междисциплинарный академический центр социальных наук. – 1994. – Вып. 5.
6. К а п и ц а С. П., К у р д ю м о в С. П., М а л и н е ц к и й Г. Г. Синергетика и прогнозы будущего. – М.: Эдиториал УРСС, 2003. – 288 с.
7. М а л и н е ц к и й Г. Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент / Синергетика: от прошлого к будущему. – М.: ЛКИ, 2007. – 312 с.
8. Б е к У. Общество риска. На пути к другому модерну. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 384 с.
9. М е ж д у н а р о д н а я конференция “Глобальные проблемы как источник чрезвычайных ситуаций”, 22–23 августа 1998 г. Доклады и выступления. – М.: URSS, 1998. – 320 с.
10. М о с е е в Н. Н. Математика ставит эксперимент. – М.: Наука, 1982.

11. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
12. Природные опасности и общество: Тематический том / Под. ред. В.А. Владимирова, Ю.Л. Воробьева, В.И. Осипова. – М.: КРУК, 2002.
13. Сейсмические опасности: Тематический том / Под. ред. Г.А. Соболева. – М.: КРУК, 2000.
14. Экзогенные геологические опасности: Тематический том / Под. ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. – М.: КРУК, 2002.
15. Геокриологические опасности: Тематический том / Под. ред. Л.С. Гарагуля, Э.Д. Ершова. – М.: КРУК, 2000.
16. Гидрометеорологические опасности: Тематический том / Под. ред. Г.С. Голицына, А.А. Васильева. – М.: КРУК, 2001.
17. Оценка и управление природными рисками: Тематический том / Под ред. А.Л. Рагозина. – М.: КРУК, 2003.
18. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / Под общей редакцией С.К. Шойгу. – М.: ИПЦ Дизайн. Информация. Картография, 2005.
19. Будущее России в зеркале синергетики: Сб. статей / Под ред. Г.Г. Малинецкого. – М.: КомКнига, 2006. – 272 с.
20. Малинецкий Г. Г. Экспертиза — главная функция современной российской науки // Российский химический журнал. – 2007. – Т. LI. – № 3. – С. 24–40.
21. Кульба В. В., Архипова Н. И. Управление в чрезвычайных ситуациях. – М.: РГГУ, 1995, 1998.
22. Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б., Подлазов А. В. Нелинейная динамика. Подходы, результаты, надежды. – М.: КомКнига, 2006. – 208 с.
23. Котов Ю. Б. Новые математические подходы к задачам медицинской диагностики / Синергетика: от прошлого к будущему. – М.: Эдиториал УРСС, 2004. – 328 с.
24. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
25. 30 лет Институту системного анализа Российской академии наук: История создания и развития Института системного анализа. 1976–2006 гг. – М.: КомКнига, 2006. – 472 с.
26. E M - D A T: The OFDA/CRED international disaster database. Université Catholique de Louvain–Brussels–Belgium. <http://www.em-dat.net>.
27. Информационная безопасность систем организационного управления. Теоретические основы: В 2 т. / Отв. ред. Н.А. Кузнецов, В.В. Кульба. – М.: Наука, 2006.

Статья поступила в редакцию 8.10.2007

Георгий Геннадьевич Малинецкий родился в 1956 г., в 1979 г. окончил МГУ им. М.В. Ломоносова. Д-р. физ.-мат. наук, зам. директора по научной работе Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Специалист в области прикладной математики, математического моделирования нелинейных процессов и нелинейной динамики. Автор более 400 научных работ, в том числе шести монографий.

G.G. Malinetskii (b. 1956) graduated from the Lomonosov Moscow State University in 1979. D. Sc. (Phys.-Math.), deputy director on scientific work of RAS Institute of Applied Mathematics n. a. M.V. Keldysh. Author of 400 publications including 6 monographs in the field of applied mathematics, mathematical simulation of nonlinear processes and nonlinear dynamics.

Николай Алексеевич Митин родился в 1958 г., в 1980 г. окончил МГУ им. М.В. Ломоносова. Канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотрудник Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Автор 83 научных публикаций в области математического моделирования социально-психологических процессов, синергетики.

N.A. Mitin (b. 1958) graduated from the Lomonosov Moscow State University in 1980. Ph. D. (Phys.-Math.), senior researcher of RAS Institute of Applied Mathematics n. a. M.V. Keldysh. Author of 83 publications in the field of mathematical simulation of social and psychological processes, synergy.

Вадим Викторович Шишов родился в 1948 г., в 1971 г. окончил МГУ им. М.В. Ломоносова. Канд. хим. наук, ст. научн. сотрудник Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Автор более 50 научных публикаций и 12 изобретений в области кризисного управления и управления развитием.

V.V. Shishov (b. 1948) graduated from the Lomonosov Moscow State University in 1971. Ph. D. (Chem.), senior researcher of the RAS Institute of Applied Mathematics n.a. M.V. Keldysh. Author of more than 50 publications and 12 inventions in the field of crisis management and management of development.

Петр Леонидович Отоцкий родился в 1982 г., в 2005 г. окончил МФТИ. Научный сотрудник Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Автор 2 научных публикаций. Специализируется в области управления инновациями и развитием.

P.L. Ototskii (b. 1982) graduated from the Moscow Physical and Technical Institute in 2005. Researcher of RAS Institute of Applied Mathematics n. a. M.V. Keldysh. Author of 2 publications and 12 inventions. Specializes in the field of management of innovations and development.

Василий Николаевич Ткачёв родился в 1946 г., в 1969 г. окончил Калининградский технический институт рыбной промышленности и хозяйства. Научный сотрудник Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Автор трех научных публикаций. Специалист в области автоматизированных систем управления.

V.N. Tkachyov (b. 1946) graduated from the Kaliningrad Technical Institute for Fish Industry in 1969. Researcher of RAS Institute of Applied Mathematics n. a. M.V. Keldysh. Author of 3 publications. Specializes in the field of management systems.

Иван Владимирович Десятов родился в 1984 г., в 2007 г. окончил МФТИ. Мл. научн. сотрудник Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Автор 2 научных публикаций. Специализируется в области управления инновациями.

I.V. Desyatov (b. 1984) graduated from the Moscow Physical and Technical Institute in 2007. Junior researcher of RAS Institute of Applied Mathematics n. a. M.V. Keldysh. Author of 2 publications. Specializes in the field of management of innovations.

Евгений Петрович Кузнецов родился в 1984 г. в 2007 г. окончил МФТИ. Мл. научн. сотрудник Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Автор одной научной публикации. Специализируется в области управления инновациями.

Ye.P. Kuznetsov (b. 1984) graduated from the Moscow Physical and Technical Institute in 2007. Junior researcher of RAS Institute of Applied Mathematics n. a. M.V. Keldysh. Author of 1 publication. Specializes in the field of management of innovations.

Сергей Анатольевич Науменко родился в 1982 г., в 2004 г. окончил Харьковский национальный университет радиоэлектроники. Аспирант Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Автор 3 научных публикаций. Специализируется в области теории алгоритмов, математического моделирования биологических процессов и систем.

S.A. Naumenko (b. 1982) graduated from the Khar'kov National University for Radio Electronics in 2004. Post-graduate of the RAS Institute of Applied Mathematics n.a. M.V. Keldysh. Author of 3 publications. Specializes in the field of theory of algorithms, mathematical simulation of biological processes and systems.

Магомед-Герей Меджидович Зульпукаров родился в 1978 г., окончил МИФИ. Канд. физ.-мат. наук, Мл. научн. сотрудник Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Автор 10 научных работ в области нелинейной динамики, математического моделирования, математической кибернетики.

M.-G. M. Zul'pukarov (b. 1978) graduated from the Moscow Engineering and Physical Institute. Ph. D. (Phys.-Math.), junior researcher of RAS Institute of Applied Mathematics n. a. M.V. Keldysh. Author of 10 publications in the field of nonlinear dynamics, mathematical simulation, mathematical cybernetics.

Михаил Сергеевич Бурцев родился в 1977 г., Канд. физ.-мат. наук, Мл. научн. сотрудник Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН.

M.S. Burtsev (b. 1977) – Ph. D. (Phys.-Math.), junior researcher of RAS Institute of Applied Mathematics n. a. M.V. Keldysh.

Андрей Викторович Подлазов родился в 1973 г., в 1996 г. окончил МФТИ. Канд. физ.-мат. наук, Ст. научн. сотрудник Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Автор 53 научных работ в области математического моделирования, синергетики, самоорганизованной критичности, управления риском, теоретической демографии, исторической динамики, солнечных вспышек.

A.V. Podlazov (b. 1973) graduated from the Moscow Physical and Technical Institute in 1996. Ph. D. (Phys.-Math.), senior researcher of RAS Institute of Applied Mathematics n. a. M.V. Keldysh. Author of 53 publications in the field of mathematical simulation, synergy, self-organized criticality, risk management, theoretical demography, solar flares.

Игорь Васильевич Кузнецов родился в 1945 г. Канд. техн. наук, зам. директора Международного института теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН. Автор 50 научных публикаций в области прогноза критических явлений, нелинейных динамических систем, моделирования, геофизики.

I.V. Kuznetsov (b. 1945) – Ph. D. (Eng.), deputy director of RAS International Institute of Theory of Earthquakes and Mathematical Geophysics. Author of 50 publications in the field of prediction of critical effects, nonlinear dynamical systems, simulation, geophysics.

Михаил Иванович Киселёв родился в 1935 г., в 1959 г. окончил МГУ им. М.В. Ломоносова. Д-р. физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой “Метрология и взаимозаменяемость” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Специалист в области прикладной физики и информационно-метрологического обеспечения производства и эксплуатации сложных технических систем, автор более 150 научных работ, в том числе монографии и более 40 изобретений.

M.I. Kisilyov (b. 1935) graduated from the Lomonosov Moscow State University in 1959. D. Sc. (Phys.-Math.), professor, head of “Metrology and Interchangeability” department of the Bauman Moscow State Technical University. Author of more than 150 publications including a monograph and more than 40 inventions in the field of applied physics and informational and metrological assurance of production and operation of complex technical systems.

Яков Владимирович Чивилёв родился в 1979 г. в 2004 г. окончил МГТУ им. Н.Э.Баумана. Ассистент, автор более 15 научных работ в области автоматизации, математического и имитационного моделирования.

Ya.V. Chiviliyov (b. 1979) graduated from the Bauman Moscow State Technical University in 2004. Assistant, author of more than 15 publications in the field of automation, mathematical and imitational modeling.

Дмитрий Вячеславович Серебряков родился в 1979 г., в 2002 г. окончил МФТИ.

D.V. Serebryakov (b. 1979) graduated from the Moscow Physical and Technical Institute in 2002.

Олег Петрович Иванов родился в 1940 г. Канд. геолог.-минерал. наук. Автор более 160 научных публикаций, в том числе монографии и учебного пособия в области синергетического анализа эволюционных и опасных природных процессов, включая вопросы строения и развития Вселенной, Земли, биосферы, и процессов самоорганизации в областях геодинамики и сейсмотектоники.

O.P. Ivanov (b. 1940) – Ph. D. (Geolog.-Mineralog.). Author of more than 160 publications including monographs and practical book in the field of synergetic analysis of evolution and dangerous natural processes including aspects of structure and development of the Universe, Earth, biosphere, processes of self-organization in areas of geodynamics and seism tectonics.

Татьяна Сергеевна Ахромеева родилась в 1956 г., окончила МФТИ. Канд. физ.-мат. наук, научн. сотр. Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Автор 45 научных работ в области математического моделирования, диффузионного хаоса.

T.S. Akhromeeva (b. 1956) graduated from the Moscow Physical and Technical Institute. Ph. D. (Phys.-Math.), junior researcher of RAS Institute of Applied Mathematics n. a. M.V. Keldysh. Author of 45 publications in the field of mathematical simulation, diffusion chaos.

Сергей Александрович Посашков родился в 1956 г. Канд. физ.-мат. наук, директор института Финансовой академии при Правительстве РФ.

S.A. Posashkov (b. 1956) — Ph. D. (Phys.-Math.), director of Financial Academy Institute at RF Government.

Светлана Аркадьевна Торопыгина родилась в 1963 г. Мл. научн. сотр. Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН.

S.A. Toropygina (b. 1963) – junior researcher of RAS Institute of Applied Mathematics n. a. M.V. Keldysh.

Владимир Владимирович Лукин родился в 1985 г. В 2008 г. окончил МГТУ им. Н.Э.Баумана. Аспирант Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Автор 7 научных работ.

V.V. Lukin (b. 1985) — graduated from the Bauman Moscow State Technical University in 2008. Post graduate of RAS Institute of Applied Mathematics n.a. M.V.Keldysh. Author of 7 publications.