

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2021-14-3-111-117>

УДК 620.9

Проект противодействия развитию катастроф на природно-техногенных объектах инфраструктуры России

Дедученко Ф. М.

Институт проблем нефти и газа РАН (ИПНГ РАН)
ул. Губкина, 3, 119333, г. Москва, Россия

Поступила / Received 29.06.2021

Принята к печати / Accepted for publication 21.09.2021

Проблемно-ориентированный проект противодействия развитию катастроф (далее — Проект ПРК) разрабатывался как своеобразная реакция на два обстоятельства:

- резкое увеличение в мире с конца 1970-х годов нарастающим темпом (по сценарию эпидемии) числа чрезвычайно затратных по последствиям техногенных катастроф — технологических аварий (информация из Международной базы данных о чрезвычайных ситуациях EM-DAT [1] Международного Центра исследований эпидемиологии катастроф — CRED и Бюро ООН по снижению риска стихийных бедствий — UNISDR).
- отсутствие альтернатив инновационному пути развития России с центральной ролью в нём системообразующих технологий [1].

Серьёзность и масштаб уже выполненных работ по Проекту ПРК демонстрируют осознание в создавшейся ситуации критической востребованности многолетнего отечественного проблемно ориентированного задела, включающего созданные работающие прототипы систем защиты от катастроф. В его основе реализуемые инновационным профессиональным объектно-ориентируемым инструментарием системный подход и новая технология исследования природно-техногенных объектов (ПТО). На данный момент разработка Проекта ПРК практически завершена. Кроме того, проведена многоступенчатая его защита во многих высоких инстанциях с получением соответствующих во всех случаях позитивных заключений. В этих условиях (в канун развертывания работ по Проекту ПРК) было принято решение о целесообразности публикации по нему серии тематически увязанных между собой научно-технологических материалов, первый из которых представлен настоящей статьёй.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аварии и катастрофы, эпидемия техногенных катастроф, система и технология противодействия развитию катастроф, профессиональный инструментарий

Адрес для переписки:

Дедученко Ф. М.
Институт проблем нефти и газа РАН (ИПНГ РАН)
ул. Губкина, 3, 119333, Москва, Россия
e-mail: director@ipng.ru

Address for correspondence:

Felix M. Deduchenko
Oil and Gas Institute, RAS
3 Gubkin St., Moscow, Russia 119333
e-mail: director@ipng.ru

Для цитирования:

Дедученко Ф. М. Проект противодействия развитию катастроф на природно-техногенных объектах инфраструктуры России. Надежность и безопасность энергетики. 2021. – Т. 14, №3. – С. 111 – 117.
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2021-14-3-111-117>

For citation:

Felix M. Deduchenko [Project of Counteracting Catastrophic Developments at Nature-Man-Made Objects in Russia]. *Na-dezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry*. 2021, vol. 14, no. 3, pp. 111–117 (in Russian).
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2021-14-3-111-117>

Project of Counteracting Catastrophic Developments at Nature-Man-Made Objects in Russia

Felix M. Deduchenko

Oil and Gas Institute, RAS

3 Gubkin St., Moscow, Russia 119333

The problem-oriented project to counteract the development of catastrophes (henceforth the CDC Project) was set up as a particular response to two factors:

- Since the late 1970s, a rapidly advancing worldwide pandemic of technological accidents (catastrophes), highly costly in terms of their consequences, has been emerging (see the data in the Emergency Events Database (EM-DAT) [1] of the Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) and the United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR).
- There are no alternatives to the innovative evolution of Russia, with the key role played by systemic technologies [1].

At this point, the problem-oriented groundwork has been laid in Russia for many years, including operational prototypes of catastrophe protection systems. The large-scale and fundamental works completed so far within the CDC Project attest to the perception of the critical demand for it. The Project is based on a systemic approach and a new technology of the problem-oriented innovative professional instrumentarium of research on nature-man-made objects (NMMOs). To date, the design of the CDC Project has been practically completed. Moreover, the Project has passed several tiers of critical review analysis at higher authorities, with relevant positive opinions offered in every case. Under the circumstances (just before further rollout of works under the CDC Project), a decision was made to advise appropriate publication of a series of thematically related articles on academic and technological issues, this paper being the first of them.

KEY WORDS: accidents and catastrophes, epidemic of technological catastrophes, systemic approach and technology of counteracting the development of catastrophes, professional instrumentarium

1. Резюме Проекта ПРК

1.1. В ретроспективе развитие направления промышленной безопасности в России было связано с приобщением в 60-ые годы к разработке соответствующих технологий, адаптированных к сверхмощным жидкостным ракетным двигателям (ЖРД) космического назначения. Мотивация — чрезвычайная сложность проблемы и высокая затратность проведения огневых доводочных испытаний ЖРД с их огромным числом аварийных исходов, разрушением двигателей и стендовых сооружений. Изначально были поставлены две определившие судьбу всей программы задачи:

1. Выяснить механизм взрывоподобного развития аварий в ЖРД (характерное время — 30–70 мс);
2. Создать и освоить производство систем аварийной защиты (САЗ) ЖРД, не допускающих разрушения материальной части.

По задаче 1 было выяснено и подтверждено экспериментально существование не одного, как и ныне по ГОСТ, а двух типовых сценариев аварий, отличающихся масштабом потерь, но, главное, физическими механизмами их возникновения и развития:

- обычные локальные аварии. Функциональными единицами, в которых происходило их развитие, были агрегаты ЖРД;
- в среднем на 4 порядка более затратные системные аварии (катастрофы). Функциональными единицами, в которых происходило их развитие, были ЖРД в целом.

Важно то, что в последующем при выполнении

фронта конверсионных НИОКР существование двух механизмов развития аварийных исходов было подтверждено и в отношении практически всех типов сложных общетехнических систем.

Что касается задачи 2, то она оказалась существенно более сложной в исполнении, включавшего:

- обеспечение доказательной информативности исходных данных о динамике ЖРД;
- обеспечение достаточной наблюдаемости и управляемости ЖРД;
- разработку быстродействующих алгоритмов принятия решений о текущем нормальном или аварийно-опасном состоянии ЖРД;
- создание конструкций сверхбыстродействующих исполнительных механизмов (актуаторов) по противодействию развитию катастроф в ЖРД и т. п.

1.2. Как уже отмечалось, беспрецедентное обострение состояния дел в мире по промышленной безопасности стала определять нарастающим темпом развивающаяся эпидемия высокозатратных со многими разрушениями и жертвами катастроф. При этом сопутствующие ей техногенные воздействия на литосферу, гидросферу и атмосферу Земли в последние годы не только способствовали активизации природных катастроф, но и привели к проявлению их нового более опасного типа в форме связок — природно-техногенных катастроф.

Множество предпринимавшихся все эти годы нескоординированных попыток повлиять на ситуацию в нужном направлении к успеху не привели — ни технологии, ни средства обнаружения-противодействия

развитию катастроф в мире до сих пор не созданы. Причины этого были выяснены — при выраженном системном характере проблема безопасности традиционно продолжала дробиться на отдельные мало связанные фрагменты, по узкопрофильным направлениям, сферам влияния и зонам ответственности. В результате успехам в теории (а они налицо) не сопутствовали значимые в прикладном плане адекватные им технологии безопасной эксплуатации техногенных объектов. Показательно также и то, что эту комплексную высоко затратную проблему каждая страна и Россия в их числе безуспешно пыталась решать, исходя из собственных возможностей и опыта. Так, по заслуживающему внимание мнению ИПМ РАН им. М.В. Келдыша [2], при исключительной прикладной значимости подконтрольности приближения техногенного объекта к критическому состоянию и прогнозирования его поведения, налицо «бедственная картина в России в области предотвращения техногенных катастроф». Таким образом, на данном этапе в центре внимания вынуждено оказались проблемы безопасности, включающие раннее обнаружение, мониторинг и противодействие развитию как традиционных, так и объявившихся новых угроз.

1.3. В порядке реагирования на развитие эпидемии катастроф в НПО Энергомаш им. академика В. П. Глушко была принята к исполнению тридцатилетняя программа (по постановлению Правительства) конверсионных НИОКР — аналогов ранее проведенных по ракетной тематике. Их направленность — обеспечение безопасности территориально распределенных в общем случае ПТО инфраструктуры России. Тогда же было принято предложение ООО «Космические технологии» о выполнении этих НИОКР в форме разработки проекта, ориентированного на противодействие развитию аварий и катастроф. При этом им охватывался класс распространенных многоэлементных неравновесных управляемых ПТО, способных реагировать на внешние воздействия самоорганизацией своих структур. Современная точка зрения [2–4] на такого рода «обычные» технические системы позволила дать объяснение неизменным трудностям, сопутствовавшим работе с ними. Главная из них — в таких системах не работает привычный детерминистский принцип причинности, когда любое действие может иметь только одно последствие. Востребованным оказался иной неопредетерминистский инструментарий с нечёткой логикой принятия решений, адекватной новому восприятию систем, в которых причина может иметь несколько следствий.

Важно учитывать, что такие ПТО обладают внешними средами, из которых черпают всё необходимое для своего существования. При этом взаимодействия в парах «элемент i ПТО — элемент j ПТО» и «ПТО — окружающая среда» физически могут быть односторонними и двусторонними.

Ко времени становления Проекта ПРК относится формирование постояннодействующего коллектива инициаторов разработки-реализации Проекта ПРК. В

него вошли специалисты от ООО «Космические технологии» (основатель Проекта), РАН, ИПНГ РАН, ИМАШ РАН, ИПУ РАН, РАЕН, ИНГЭ РАЕН, РТУ «МИРЭА», Союза нефтегазопромышленников России, ООО «Газпром добыча Ямбург».

Основные цели Проекта ПРК включают:

- создание и освоение производства объектно-ориентируемой ассортиментной линейки профессионального инструментария противодействия развитию катастроф (ПИ ПРК);
- создание и освоение производства объектно-ориентируемой системы противодействия развитию катастроф (СПРК);
- разработку и реализацию технологии, адекватной новому подходу к решению проблем противодействия развитию аварий и катастроф;
- коммерциализацию Проекта ПРК.

Современное состояние дел по Проекту ПРК может быть охарактеризовано как этап принятия решений о его новом системообразующем статусе — Стратегии противодействия развитию аварий и катастроф на природно-техногенных объектах РФ. Её разработка проводилась в развитие двух программных документов, определяющих основные направления государственной промышленной политики РФ:

- Стратегии региональной промышленной политики РФ Министерства промышленности и торговли РФ;
- Энергетической стратегии РФ на период до 2035 года Министерства энергетики РФ.

2. Профессиональный инструментарий противодействия развитию катастроф

Обращает на себя внимания тот общеизвестный факт, что при семидесятилетнем стаже активного развития системного подхода его роль до сих пор ограничивается лишь постановками задач, но не их решением. Что касается направления промышленной безопасности, то исследование данного вопроса показало, что всё дело в отсутствии адекватного системному подходу развитого профессионального инструментария ПИ ПРК. Основная цель его создания — информационное программно-аппаратное обеспечение системного подхода к исследованию постоянно изменяющих свое состояние в ходе эксплуатации сложных ПТО инфраструктуры и их составляющих компонент. Сам Проект ПРК на протяжении всего своего жизненного цикла от стадии разработки выходной продукции до стадии её штатной эксплуатации, демонстрировал как велика и многофункциональна роль ПИ ПРК. Имея в виду предстоящую коммерциализацию Проекта ПРК, речь фактически должна идти о создании многокомпонентной проблемно-ориентированной ассортиментной линейки профессионального инструментария, допускающей беспрецедентно широкую её вариабельность в зависимости от типов ПТО, их текущего состояния, поставленных задач и требований заказчиков.

Опыт выполнения Инициаторами Проекта ПРК

практически всех пионерских упреждающих работ по безопасности, тем более по ЖРД и конверсионных НИОКР на объектах энергетики — ТЭС, ГРЭС, АЭС мощные дизель-генераторы, нефтегазовые промыслы и т. п. — свидетельствует о необходимости проведения на постоянной основе целевых натурных испытаний ПТО. При этом в первую очередь решались задачи получения доказательно информативных экспериментально воспроизводимых исходных данных в обеспечение достаточной наблюдаемости ПТО. Следующими по значимости были задачи отработки методов, технологий безопасности, предвестников катастроф и правил принятия решений о противодействии им, реализующих их быстродействующих исполнительных механизмов, соответствующих программно-аппаратных средств и т. п. Естественно, без соответствующего инструментария выполнение данной программы было бы невозможным. Поэтому во всех без исключения случаях, когда при выполнении НИР и ОКР их технический уровень превышал воз-

можности экспериментальной базы, которой располагала команда исполнителей, на первом этапе в обязательном порядке создавался адекватный поставленным целям и задачам профессиональный инструментарий.

На рисунках 1–4 представлены четыре образца изготовленного в разные годы в обычном (рисунки 1–3) и сертифицированном на взрывобезопасность (рисунок 4) исполнениях профессионального инструментария (ПИ-1 — ПИ-4). Из них на рисунках 1–2 — варианты переносные, а на рисунках 3–4 — варианты стационарные.

Все варианты инструментария включали территориально распределяемые системы измерения параметров ПТО быстрого развертывания-свертывания с числом каналов соответственно 6, 16, 32 и 64. Длительный опыт их активного использования при натурных испытаниях разных типов ПТО позволил определить облик планируемого к освоению производства объектно-ориентируемого инструментария, без ко-



Рисунок 1. ПИ-1: число каналов — 6; исполнение — общетехническое; тип объектов — предприятия энергетики

Figure 1. PI-1: channels — 6 pcs; design — ordinary; designation: power plants



Рисунок 2. ПИ-2: число каналов — 16; исполнение — общетехническое; тип объектов — судовые газотурбинные установки и дизель-генераторы

Figure 2. PI-2: channels — 16 pcs; design: ordinary; designation — marine gas turbine units and diesel generators



Рисунок 3. ПИ-3: число каналов — 32; исполнение — общетехническое; тип объектов — судовые газотурбинные установки, АЭС

Figure 3. PI-3: channels — 32 pcs; design: ordinary; designation — marine gas turbine units and nuclear power plants



Рисунок 4. ПИ-4: число каналов — 64; исполнение — взрывобезопасное; тип объектов — нефтегазовые промыслы, синхронизация — GPS

Figure 4. PI-4: channels — 64 pcs; design: explosion-proof; designation — oil and gas fields; synchronization — GPS

торого не только создание, но и эксплуатация современной продукции по безопасности была бы затруднительной. Доведенный до уровня обоснованного детализированного ТЗ, имея самостоятельное технологическое и рыночное значение, ПИ ПРК допускает коммерциализацию из-за неблагоприятной ситуации в мире по техногенной безопасности (см. п. 1).

Тот факт, что системы измерения параметров ПТО должны формироваться под объект и ставящиеся задачи по его безопасности, а не наоборот, в ракетном космическом двигателестроении давно стал прописной истиной. Однако, введение 40–50 лет назад стандартов и последовавшее появление «на все случаи жизни» так называемых штатных систем измерения параметров ПТО вошло в явное противоречие с отмеченным выше фактом — такие системы измерения по большей части оказывались малоинформативными для решения сложных технологических проблем безопасности.

Выход из положения был найден и экспериментально отработан в рамках Проекта ПРК в ходе выполнения комплекса упомянутых выше упреждающих конверсионных НИОКР. При очевидных нецелесообразности и нерентабельности изменения статуса штатных систем измерения параметров ПТО, тем не менее, как показали результаты проведенных исследований, обеспечение требуемой наблюдаемости ПТО, диктуемой постановками современных задач их техногенной безопасности, оказалось вполне возможным. С этой целью последовательно по времени разрабатывались во многом потенциально пригодные для воспроизводства компоненты упомянутой выше ассортиментной линейки ПИ ПРК. В них использовались нештатные, как правило, избыточные системы измерения параметров ПТО быстрого развертывания-свертывания (для оперативности) с бескабельной системой передачи-документирования данных, особенно важной для условий Арктической зоны РФ. Допустимость широкого варьирования номенклатуры и конфигураций систем измерения параметров ПТО обеспечила возможность формирования доказательно информативных систем измерения «под ПТО и поставленные задачи». В плане же использования выходной продукции Проекта ПРК, ее внедрения и технического обслуживания в сопряжении с ПТО излагаемый подход, как показал анализ, на текущий момент, похоже, альтернатив не имеет.

Представим отражающие новизну, наиболее важные системообразующие качества, решаемые задачи и особенности ПИ ПРК:

1) В случае ПИ ПРК его качество проблемной ориентированности выражается в полноценном информационном обеспечении Системного подхода в отношении наблюдаемости и управляемости ПТО по критериям противодействия развитию катастроф. При этом под доказательной информативностью понимается экспериментальная воспроизводимость практически всех результатов обработки-анализа проведенных натурных испытаний ПТО. На практике работоспособной в

Системном подходе является многозвенная цепочка процедур, большая часть звеньев которой может быть реализована средствами ПИ ПРК: «Профессиональная подготовка ПТО к испытаниям — Проведение натурных испытаний ПТО — Обработка-анализ результатов испытаний — Реализация системного подхода — Принятие решений — Исполнение решений — Подтверждение эффективности».

2) В ПИ ПРК изначально закладывается важное потребительское качество его объектной ориентированности, допускающее возможность начальной и актуализируемой по регламенту глубокой адаптации ПИ ПРК к постоянно меняющимся своё состояние ПТО на его локальных и системном уровнях. На сегодняшний день такая адаптация, если она и предусматривается, является разовой процедурой, не учитывающей даже радикальные изменения в ПТО (например, после его ремонтов, тем более капитальных).

3) Идея одной из перспективных упрощающих процедур по техногенной безопасности была предложена американским ученым Джоном Касти. В её основе — редукция ПТО по уровням безопасности. Довести идею до конструктивного уровня её автору и его последователям не удалось (соответствующая технология отработана не была). Это было сделано в рамках Проекта ПРК. Причина — его Инициаторы в то время уже располагали продвинутыми версиями системно организованных ПИ ПРК, использование которых радикально упростило решение задач редукции ПТО.

4) Реализация в ПИ ПРК процедур обработки-анализа результатов натурных испытаний ПТО, принятия решений порознь в каждом из сформированных уровней безопасности (локальных и системном) с последующим переносом программной продукции в среды соответствующих подсистем СПРК.

5) Восполнение подконтрольности входящих в состав ПТО элементов (если принято соответствующее решение), изначально не охваченных системой контроля и тем более защиты от аварий и катастроф (часто встречающиеся ситуации) с последующим переносом программной продукции в среды соответствующих подсистем СПРК.

6) Идентификация средствами ПИ ПРК спусковых механизмов возбуждения аварий и технологических катастроф, определения мест их дислокации в ПТО (с точностью до уровня безопасности) и отработки способов противодействия их развитию. Перенос программной продукции в среды соответствующих подсистем СПРК.

7) Реализация в ПИ ПРК процедур обработки — анализа результатов натурных испытаний ПТО с целью учета взаимодействия ПТО с компонентами его внешней среды. Перенос программной продукции в среды соответствующих подсистем СПРК.

8) Реализация формирования средствами ПИ ПРК доказательно информативных систем измерения параметров порознь в каждом из локальных и системном уровнях безопасности ПТО.

9) Реализация возможности передачи в ПИ ПРК

данных об измерениях его модулями территориально распределенных параметров ПТО средствами беспроводных сенсорных сетей (радио, GSM/GPRS, ZigBee, Wi-Fi, WiMAX, LTE, LPWAN) с датчиками телеметрии (со встроенными модулями связи) или с устройствами связи с обычными датчиками.

10) Формирование и поддержание средствами ПИ ПРК объектно-ориентированных баз данных в обеспечение разработки, создания, освоения производства, эксплуатации и технического обслуживания выходной продукции Проекта ПРК как по критериям локальной, так и системной безопасности ПТО.

11) Как известно, в основу ныне действующих в России штатных паспортов безопасности ПТО положены исключительно критерии локальной безопасности составляющих их элементов. И это при том, что давно установленным является факт: безопасность — характеристика системы, а не её элементов. То есть, существующие паспорта безопасности не имеют никакого отношения к таким принципиально системным и крайне опасным явлениям, как техногенные катастрофы, эпидемия которых в мировом масштабе развивается вот уже 40 лет.

Главным преимуществом новых отработанных в рамках Проекта ПРК паспортов безопасности является то, что их выходные данные построены на критериях и локальной и системной безопасности ПТО в целом.

12) Реализация на базе ПИ ПРК объектно-ориентированного системного программного обеспечения и технологий новой подлежащей согласованию в Главном управлении МЧС России системы паспортизации ПТО по критериям защиты от локальных и системных аварий. Перенос программной продукции в среды соответствующих подсистем СПРК.

13) Реализация в ПИ ПРК сопутствующих проведенным натурным испытаниям ПТО расчетов состояний его элементов и ПТО в целом. Сопоставительный анализ полученных результатов.

14) Реализация средствами ПИ ПРК процедур получения пространственно-временных характеристик ПТО по данным проведенных его целевых натурных испытаний. Как известно, вопрос об обеспечении информативности испытаний — один из центральных и трудно решаемых. В этом контексте понятна продиктованная отчаянием и чувством безнадёжности категоричность точек зрения двух известных академиков РАН [3, 4], полностью и без оговорок разделяемую разработчиками Проекта ПРК:

- Д. С. Львова — «Системы измерений, которыми мы пользуемся, с самого начала создают прогнозный период, близкий к нулю»;

- Д. В. Рундквиста — «Важны измерения и пространственных и временных параметров сложных систем, без которых говорить о каком-то пределе прогнозирования просто бессмысленно».

Тем не менее, как показали результаты проведенной опытной эксплуатации ПИ ПРК, осознанное управление горизонтами прогнозов локальных и системных аварий в реальных условиях

эксплуатации ПТО отнюдь не безнадёжная задача.

15) Неформальная реализация средствами ПИ ПРК чрезвычайно важного для решения класса задач по безопасности ПТО главного признака его системности — общих законов согласованного развития составляющих ПТО элементов, взаимосвязей, целей [5].

16) Восполнение средствами ПИ ПРК штатно неосвоенных по разным причинам частотных диапазонов измерения параметров ПТО (например, вибрационных параметров нефтегазовых промыслов в диапазоне ниже 30 Гц, в котором часто развивается потенциально опасная системно обусловленная динамика промысла).

17) Восполнение средствами ПИ ПРК до сих пор штатно не измеряемых крутильных и скручивающих колебаний валов оборудования роторного типа, высокоинформативных в отношении развития класса относительно частых торсионных катастроф.

18) Открытость ПИ ПРК, как и всей выходной продукции по Проекту ПРК, для их активного авторского сопровождения с целью повышения показателей коммерциализации в целом по Проекту ПРК.

19) Возможность выполнения фронта работ по тематике Проекта ПРК по договорам с заказчиками с использованием ПИ ПРК.

20) Предусмотрена оперативная адаптация ПИ ПРК к процессам подготовки и обучения кадров по тематике Проекта ПРК в целом или его локальным направлениям, обработке и анализу результатов натурных испытаний ПТО, техническому обслуживанию самих ПТО, программно-аппаратных средств ПИ ПРК, СПРК и т. п. (вопрос согласован с руководством РТУ «МИРЭА»);

21) Что касается освоения производства ПИ ПРК, то проведенный анализ ситуационной обстановки привел к пониманию необходимости:

- реализации в ПИ ПРК качества его объектной ориентированности;
- создания ПИ ПРК в вариантах переносного и стационарного исполнения;
- обязательной сертификации ПИ ПРК во всех вариантах его исполнения;
- создания ПИ ПРК во взрывобезопасном и общетехническом вариантах исполнения.

22) Регистрация и документирование средствами ПИ ПРК измеряемых параметров ПТО при проведении их натурных испытаний, результатов их обработки и анализа, сопутствующих расчетов и заключений.

23) Реализация средствами ПИ ПРК качества объектной ориентированности СПРК — её начальной адаптации к ПТО (при вводе СПДИ в эксплуатацию) и актуализируемой адаптации по устанавливаемому регламенту).

Выводы

1. Давно установлено, что безопасность ПТО является характеристикой системы, а не её элементов. Однако, в реальных условиях эксплуатации ПТО все

современные критерии обеспечения их безопасности до сих пор исходят из того, что безопасными должны быть все элементы ПТО (принципиально ошибочная позиция!).

2. Состояние дел в промышленной безопасности адекватно характеризует авторитетное заключение ИПМ РАН о «бедственной картине в России в области предотвращения катастроф» [2] при одновременном развитии в мире в течение последних сорока лет эпидемии техногенных катастроф.

3. При весьма значимом продвижении в теории средства обнаружения-парирования катастроф до сих пор не созданы. Причина — тотальное отсутствие адекватного инструментария для отработки соответствующих технологий.

4. Проектом ПРК представлен выход из создавшегося критического положения. В его основе реализуемые создаваемой многокомпонентной объектно-ориентированной ассортиментной линейкой профессионального инструментария системный подход и новая технология исследования ПТО.

5. В настоящее время в стадии решения находится вопрос о новом статусе Проекта ПРК — Стратегии РФ противодействия развитию аварий и катастроф.

Список использованных источников

1. Международная база данных о чрезвычайных ситуациях EM-DAT. Доступ – <https://public.emdat.be/>
2. Малинецкий Г. Г. Стратегия разгрома. Инновации 2016; 6 (212); 17–23.
3. Малинецкий Г. Г. и др. Будущее России и стратегические риски. Труды 24-й Международной научной конференции "Пробле-

мы управления безопасностью сложных систем". Издательский Центр РГГУ 2016; 3–12.

4. Малинецкий Г. Г. Чудо самоорганизованной критичности, с. 13 – 44 в книге Бак П. Теория самоорганизованной критичности. Синергетика: от прошлого к будущему 2017; 276.

5. Per Bak, How nature works (The Science of Self-Organized Criticality). Теория самоорганизованной критичности. Синергетика: от прошлого к будущему 2017; 276.

6. Бочков А. П., Барановский А. М., Гильванов Р. Г. Оценка согласованности и совместимости технических систем в составе сложных организационно-технических систем Системы управления, связи и безопасности 2020; 1; 284 – 301.

References

1. The International Disaster Database EM-DAT, access – <https://public.emdat.be/>
2. Malinetsky G. G. Strategy of rout. Innovations 2016; 6 (212); 17–23.
3. Malinetsky G. G. et al. The future of Russia and strategic risks (in Russian). In: Proceedings of 24th International scientific conference "Problems in security control of complex systems". Moscow, RGGU Publishing Center 2016; 3–12.
4. Malinetsky G. G. The wonder of self-organized criticality (in Russian), p. 13 – 44. In: book Bak P. How nature works: the science of self-organized criticality. New York, NY, USA: Copernicus 2017; 276.
5. Bak P. How nature works: the science of self-organized criticality. New York, NY, USA: Copernicus 2017; 276.
6. Bochkov A. P., Baranovskii A. M., Gilvanov R. G. Assessment of consistency and compatibility of technical systems in complex organizational and technical systems. Systems of Control, Communication and Security 2020; 1; 284 – 301.

