

Проактивный менеджмент безопасности и проактивное поведение персонала как ресурсы инжиниринга устойчивости^{**}

С. А. Маничев, Н. Н. Лепехин

Санкт-Петербургский государственный университет,
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

Для цитирования: Маничев С. А., Лепехин Н. Н. Проактивный менеджмент безопасности и проактивное поведение персонала как ресурсы инжиниринга устойчивости // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. 2020. Т. 10. Вып. 1. С. 33–45.
<https://doi.org/10.21638/spbu16.2020.103>

В статье обосновывается актуальность обеспечения техносферной безопасности социотехнических систем на основе проактивного менеджмента и проактивного рабочего поведения. Описывается развитие представлений о роли человеческого фактора в решении проблемы комплексной адаптивной безопасности социотехнических систем. Современные организации должны уметь адаптивно работать в непредсказуемой социальной, политической и климатической среде с вероятностью непредвиденного резонансного сочетания технических, климатических и гуманитарных угроз, обладая возможностями комплексной адаптивной системы, в связи с чем возрастает роль человеческого фактора как активного элемента социотехнической системы. Дается сравнительная характеристика концепций классического менеджмента безопасности (SMS), высоконадежной организации (HRO) и инжиниринга устойчивости (RE) для обеспечения безопасности социотехнических систем в динамичной техносферной среде. Классический менеджмент безопасности (Safety-I) пытается предупредить будущие инциденты на основе учета прошлых событий, что не отражает динамики изменений внешней и внутренней среды. Создаются избыточные контуры контроля, снижающие вариабельность деятельности, что сказывается на потере эффективности большинства организаций и не обеспечивает абсолютной безопасности. Инжиниринг устойчивости (Safety-II) признает принципиальную вариабельность деятельности и рассматривает нормальную вариабельность как потенциал для проактивного обеспечения безопасности. Анализ роли человеческого фактора позволяет говорить о необходимости внедрения проактивного менеджмента безопасности для предупреждения возникновения опасных резонансных состояний в деятельности системы. Проактивное рабочее поведение персонала обеспечивает адаптацию функций к меняющимся условиям внешней и внутренней среды организации и антиципацию опасных резонансных вариабельностей рабочей деятельности. Синтез традиционного подхода к безопасности Safety-I и Safety-II, основанного на внедрении инжиниринга устойчивости, позволяет предупредить опасные резонансные отклонения в деятельности, сохраняя необходимый уровень производительности и качества.

Ключевые слова: техносферная безопасность, инжиниринг устойчивости, Safety-II, проактивный менеджмент безопасности, антиципация, проактивное рабочее поведение.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ: проект «Проактивное поведение в современном дизайне работы» № 19-013-00947.

Динамика развития техносферы как среды жизнедеятельности человека ставит проблему обеспечения комплексной безопасности, включающей вопросы защиты от стихийных бедствий (землетрясений, наводнений, пожаров), предотвращения экологических угроз, энергетической безопасности, транспортной безопасности, безопасной жизни и работы людей в мегаполисах и многие другие вопросы [1]. Угроза неконтролируемого роста негативных последствий природных катастроф и техногенных аварий делает актуальной задачу научного обоснования современной концепции безопасности социотехнических систем как в нормальных условиях функционирования, так и в условиях чрезвычайных ситуаций. Особое значение приобретает потенциал человеческого фактора как активного элемента, управляющего безопасностью социотехнической системы [2].

Цель статьи — обоснование значения проактивного менеджмента безопасности и проактивного рабочего поведения персонала для обеспечения безопасности современных социотехнических систем в динамичной среде [3].

Развитие представлений о роли человеческого фактора в обеспечении безопасности социотехнических систем

Представление о значении человеческого фактора для обеспечения безопасности за последние десятилетия радикально изменились. Меняются также принципы управления безопасностью, что вызывает необходимость изменения роли специалистов по безопасности и содержания их взаимодействия с руководителями и персоналом организации [4].

В первом периоде развития концепции безопасности внимание было сосредоточено на безопасности инженерных решений в технических системах, при этом человеческий фактор и социальный аспект мало принимались во внимание, поскольку представлялось, что инциденты возникают главным образом по техническим причинам. Второй период связан с необходимостью выхода за рамки чисто технической безопасности в результате обнаружившихся ограничений и недостатков человеко-машинного интерфейса. Сложные технические системы с их многочисленными датчиками контроля превышали пороги когнитивных способностей операторов, обрабатывающих многочисленные входные сигналы, что привело к значительному росту доли фактора человеческой ошибки в инцидентах. Классическим примером такого рода явилась авария на АЭС Three Mile Island (Трехмильный остров) в 1979 г. Исходным событием были относительно локальные и небольшие отказы оборудования, однако основным катализатором развития системной аварии явились ошибочные действия операторов, которые для принятия верного решения в первые минуты относительно небольшого технического сбоя не смогли выделить приоритетную и релевантную информацию, поступившую из сотни никак не ранжированных по степени важности и одновременно сработавших аварийных сигналов, и приняли ошибочную версию аварии, которой продолжали придерживаться несколько часов. Концепция и практика данного периода безопасности сосредоточились на профилактике ошибок за счет совершенствования дизайна рабочего места и создания человеко-машинных интерфейсов, отвечающих физическим и когнитивным возможностям персонала, что стало стандартом при разработке социально-технических систем [5].

Знаковыми событиями для третьего периода развития концепции безопасности стали авария на Чернобыльской АЭС и катастрофа «Челленджера», которые заставили признать интегральное значение организационных и социальных аспектов культуры безопасности социотехнической системы, которая определяется как комплекс поведения и установок персонала, менеджмента, организации и отрасли в целом, направленных на обеспечение безопасности в качестве первоочередного приоритета. Было признано, что состояние культуры безопасности зависит не только от оперативного персонала, его установок и владения безопасными приемами работы, но и от фактора поддержки и продвижения норм культуры безопасности на уровне всей отрасли и даже более широкой социальной среды. Эксперты предпринимали усилия для разработки инструментов повышения уровня культуры безопасности в конкретных организациях [6]. Несмотря на достигнутый прогресс, подчеркивается необходимость регулярных мероприятий, направленных на оценку уровня безопасности на рабочем месте и формирования паттернов безопасного поведения в деятельности на рабочем месте [7].

В настоящее время происходит оформление комплексной междисциплинарной гуманитарно-социотехнической концепции безопасности, для которой ключевым является вопрос не только внедрения норм культуры безопасности в организации, но и поддержания ее на уровне, соответствующем постоянным изменениям и высокодинамичным инновациям в отрасли и социуме [8]. Одновременно с этим выдвигается еще одно важное требование: современная социотехническая система должна быть готова к непредвиденным природным аномалиям — землетрясениям, наводнениям, пожарам и т. п. Такое состояние организации описывается как комплексная адаптивная система (complex adaptive systems (CAS)) [9].

В ответ на эти требования сформировались два подхода к решению проблемы комплексной адаптивной безопасности: создание высоконадежной организации (High Reliability Organizations (HRO)) и инжиниринг устойчивости (Resilience Engineering (RE)). Подходы отличаются акцентом в отношении двух параметров безопасности — контроля и адаптации [10].

В основе теории высоконадежной организации (HRO) лежит утверждение, что надежной является организация, которая, эксплуатируя опасные технические системы с соблюдением высоких требований безопасности и сохраняя высокие показатели производительности, отдает безусловный приоритет в пользу предупреждения любых рисков и инцидентов [11]. Концепция HRO исходит из того, что инциденты могут быть предотвращены с помощью хорошего организационного проектирования и управления, что подразумевает нормативную избыточность контуров управления, обратной связи и контроля. В организации имеется четкая карта соответствующих угроз, рисков и нежелательных событий, поэтому для обеспечения устойчивости в случае непредсказуемых событий в деятельности поддерживаются неоптимальные, но надежные состояния процессов и избыточных ресурсов: буфера безопасности, сверхнормативные запасы и т. п.

В такой организации внедряется «культура надежности», которая прививает ценности «осторожности и еще раз осторожности», безусловного соблюдения правил, процедур и регламентов. В культуре надежности безопасность является основной целью и индивидуальным приоритетом в полномочиях оператора, что позволяет вмешаться, сообщить о ненормальных событиях, изменить деятельность

и даже остановить ее в случае угрозы опасности. Осуществляется процесс постоянного обучения по разработанному, документированному и постоянно развивающемуся набору процедур и практик, у персонала воспитывается настороженность, хроническое беспокойство и практика воображения, что «может пойти не так».

Следует отметить, что в отличие от классического менеджмента безопасности, который ориентируется на формальную и предписывающую регуляцию «сверху вниз», а также жесткий контроль отклонений фактической деятельности от регламентированной, «мягкие» концепции HRO предполагают децентрализованные контуры управления и предполагают возможность генерировать вмешательство сотрудников в случае нарушения культуры надежности, делегируя им права и коммуникативные возможности [10; 12].

Современная концепция безопасности, основанная на инжиниринге устойчивости (Resilience Engineering (RE)) в качестве главного ресурса безопасности, рассматривает адаптивные возможности проактивной деятельности по обеспечению безопасности на уровне работника, рабочей группы (команды), менеджмента и социотехсистемы в целом. Поскольку организациям приходится работать в среде с непредвиденными сочетаниями технических, социальных и гуманитарных угроз, им необходимы дополнительные контуры управления: классический подход к управлению безопасностью «сверху вниз» (высокоцентрализованная, формализованная и иерархическая структура) дополняется адаптивным контуром управления «снизу вверх» (децентрализованной, сетевой, командной (team) структурой для тактических/оперативных вопросов), способной быстро перенастраиваться на управление в чрезвычайных ситуациях [13]. Для данной концепции ключевым является вопрос: как не только внедрить нормы высоконадежной организации, но и поддерживать ее деятельность на уровне, соответствующем постоянным изменениям и высокодинамичным инновациям в отрасли и социуме? Современные социотехнические системы меняют свою внутреннюю среду быстрее, чем это возможно описать в многочисленных регламентах и руководствах, и одновременно среда, в которой они работают, меняет свои параметры быстрее, чем это удастся зафиксировать и полностью учесть средствами мониторинга. Такая непредсказуемость среды требует от современных социотехнических систем проактивной деятельности в отношении возможных, но на данный момент неизвестных сочетаний технических, социальных и гуманитарных угроз, природных аномалий — землетрясений, наводнений, пожаров и т. п. [14].

В этих условиях необходимы дополнительные контуры управления: классический подход к управлению безопасностью «сверху вниз» необходимо увязать с антиципацией и проактивным обеспечением безопасности персоналом «снизу вверх». Исходя из задачи обеспечения безопасности на основе антиципации, понятие проактивного рабочего поведения признает долгие годы игнорируемое противоречие между «работой как она проектируется» и «работой как она в реальности делается исполнителем» (Work as designed/imagined vs Work as done). Более того, именно способность персонала адаптивно и проактивно отвечать на изменения внешней и внутренней среды рассматривается в качестве главного ресурса обеспечения безопасности в современных условиях [15–17].

Безопасность системы как предупреждение аварий и инцидентов (Safety-I).

Традиционная парадигма безопасности (Safety-I) по умолчанию предполагает, что социотехнические системы могут безопасно работать, если они хорошо разработаны и тщательно обслуживаются, все процедуры являются полными и правильными, даже незначительные непредвиденные обстоятельства заранее просчитаны и ожидаемы, а операторы ведут себя так, как от них ожидается в соответствии с регламентами (Work as designed/imagined). Такая концепция абсолютной безопасности получила обоснованную критику как зарубежных, так и отечественных специалистов [18].

Усилия по внедрению дополнительных мер безопасности в рамках Safety-I обычно инициируются каким-либо неблагоприятным событием или неожиданным исходом, т. е. несут реактивный характер. Чем больше и серьезнее событие, тем более срочными и масштабными являются мероприятия в области безопасности. Основная их цель состоит в том, чтобы предотвратить появление подобного события в будущем, имея опыт прошлого, выявить и устранить причины (опасности), а также найти способы локализовать последствия аварии. Анализ инцидента, как правило, включает описание того, что на самом деле произошло, в сравнении с тем, что было необходимо делать (предписания/регламенты), и классификацию фактических действий как ту или иную форму несоблюдения требований (Work as done vs Work as designed/imagined). Теоретические модели анализа инцидентов и оценки рисков опираются на кредо причинности, сосредоточивают внимание на том, что в прошлом «пошло не так», акцентируют внимание на ошибочных действиях, имевших место в прошлом, и на том, как в последующем устранить ошибки.

В основе менеджмента безопасности Safety-I, направленного на поддержание внедренных стандартов, предупреждение ошибочных процессов, лежит «вычисление» потенциальных причин и обеспечение контроля, при котором количество ошибок/инцидентов/сбоев будет как можно меньшим. Важная задача — контроль внедренных регламентов, и, когда деятельность персонала начинает отличаться от того, что было предписано, менеджмент должен акцентировать внимание на соблюдении правил выполнения работы. Данный подход является реактивным, поскольку основан на реагировании на ошибочные либо рискованные действия, а принимаемые меры обычно содержат контроль соблюдения требований, мониторинг нарушений, устранение причин нарушений, которые были выявлены. При резком возрастании нежелательных событий реактивное управление неизбежно запаздывает, а действия менеджмента становятся неадекватными, поскольку отстают от динамики событий. Анализ действий менеджмента Фукусимы выявил отсутствие проактивной способности предупреждать негативное развитие событий, показал яркие примеры запаздывающего реагирования и потери контроля над ситуацией [19].

Концепция Safety-I вызвала критику у теоретиков по нескольким основаниям: во-первых, состояние безопасности определяется отсутствием негативных событий, но, когда они происходят, этой безопасности уже нет; во-вторых, уровень состояния безопасности измеряется не по ее наличию как качества, а по количеству инцидентов ее нарушения; в-третьих, изучение состояния безопасности происхо-

дит посредством анализа аварий и инцидентов, т.е. ситуаций, когда безопасность как таковая отсутствовала. Иными словами, наблюдается парадокс в создании культуры безопасности: безопасность определяется и измеряется на основе ее отсутствия, а не присутствия. Инциденты и аварии — это «черные дыры» безопасности, представляющие собой ее отсутствие. Однако наличие безопасности — это когда все идет хорошо и инцидентов «не происходит». Надо знать, «что происходит», в условиях безопасности, поскольку невозможно управлять данной безопасностью, если вы не знаете, что происходит. Реальная концепция безопасности (Safety-II) должна быть основана на понимании того, «что происходит», когда «ничего неблагоприятного не происходит». Понимание производственной динамики в условиях отсутствия инцидентов является ключом к обеспечению реальной безопасности [20; 21].

Кризис Фукусимы, где произошло одновременное сочетание непредвиденного стихийного бедствия, латентно-спроектированной техногенной аварии (нахождения аварийных генераторов в подвальных помещениях), нехватки энергетических, технических и персональных ресурсов, социально-экономического коллапса, неготовности институтов управления и аварийной медицины, а главное — неготовности мышления как специалистов, так и общества в целом предвидеть возможность подобной катастрофы, обнаружил необходимость развития концепции для устойчивого управления безопасным состоянием глобальной социотехнической системы в случае практически неизбежных аварий. Сформировалось представление о необходимости разработки концепции безопасности, которая обеспечивала бы устойчивость больших социотехнических систем и их окружения даже в случае крайне маловероятных или совсем непредвиденных ситуаций [22].

Инжиниринг устойчивости социотехнических систем на основе проактивной варибельности рабочей деятельности

Новому уровню безопасности отвечает концепция Resilience Engineering — инжиниринга устойчивости. Понятие *resilience* — устойчивость, жизнеспособность — используется в социальных науках и психологии для описания способности индивида, группы, организационной системы адаптивно и успешно функционировать в случае неблагоприятно изменившихся внутренних и внешних условий [23; 24].

Инжиниринг устойчивости критически пересмотрел роль человеческого фактора в возникновении инцидентов. Классическое представление о человеческом факторе рассматривает работника как потенциального субъекта возможных ошибочных действий и отклонений. Поэтому в анализе инцидента часто присутствует задача найти «человеческую ошибку» (небрежность, неопытность, аттитюд, действие), которая была первичной (или даже коренной) причиной либо инициирующим событием. С течением времени обнаружилось, что само по себе понятие «ошибка работника» недостаточно, потому что существуют факторы деятельности или условия работы, которые вынуждают работника к ошибочным действиям или отклонениям. Это не устранило понятия «человеческая ошибка», но превратило его из неотъемлемых свойств человеческой природы в следствие неприемлемых условий труда и перегрузок. В противоположность традиционной концепции явной или вынужденной человеческой ошибки инжиниринг устойчивости исходит

из того, что ошибка и успешный результат работника имеют один и тот же источник, т. е. являются двумя сторонами одной медали — неизбежной вариабельности рабочей деятельности [25].

Разработчики концепции безопасности на основе инжиниринга устойчивости увидели проблему не в создании убедительной модели причин аварийных действий, а в том, чтобы понять, почему и каким образом большую часть времени социотехническая система и персонал работают безопасно. Понимание того, как мы успешно справляемся с неожиданностями рабочего процесса, дает гораздо больше, чем стремление воссоздать прошлые истории негативных цепочек событий, маловероятных для повторения в будущем, и создать предписания для предупреждения гипотетически понятой версии произошедшей аварии. Необходимо переключить мышление исследователей с поиска причин и профилактики отклонений на адаптивное научение, вариабельность действий, поддержку творчества в работе. Современные социально-технические системы требуют непрерывных корректировок, поскольку условия деятельности никогда не соответствуют полностью тем, которые были заданы проектировщиком или менеджментом. Возникает перманентное противоречие между «работой, как она проектируется» и «работой, как она в реальности делается исполнителем» (*Work as done vs Work as designed/imagined*) [15; 16].

Специалисты, группы и организации корректируют свою деятельность, чтобы соответствовать наличным условиям — ресурсам, приоритетам, требованиям, возможностям, конфликтам, прерываниям (информационным, энергетическим, логистическим и т. п.). Поскольку ресурсы (время, рабочая сила, информация) всегда ограничены, такие корректировки являются скорее приблизительными, чем точными. Результирующая вариабельность деятельности неизбежна и в преобладающем числе случаев является правильной реакцией на отклонение условий работы, и именно благодаря ей достигается необходимый результат, а инциденты происходят только в исключительных случаях [26].

Вариабельность нормальной деятельности редко бывает настолько большой, чтобы стать причиной аварии или даже неправильного функционирования. Анализ расследования инцидентов показывает, что, прежде чем что-то пошло не так, данная последовательность процессов и действий до факта инцидента происходила уже много раз, и это всегда приводило к успешным результатам. Но вариабельность нескольких функций может неожиданным образом совпасть в какой-то момент времени, что вызывает непропорционально большие последствия, т. е. произвести нелинейный эффект. Авария в своей сущности является внезапно возникающим (*emergent*), а не результирующим (*resultant*) феноменом, потому что не может быть объяснена только посредством ссылки на неправильные функции конкретных компонентов или частей [27].

Принцип эмерджентности делает несостоятельными как простые, так и эпидемиологические (активные плюс латентные причины) объяснительные модели типа «причина — следствие» в результате усложнения социотехнических систем и сложного взаимодействия между структурными элементами системы. Для сложных систем и сложных аварий исследователи не обнаруживают линейных цепочек «причина — следствие» [28].

Для нелинейных моделей причинности исходным явилось предположение, что инциденты происходят на основе неожиданных комбинаций, временного сочетания

ния условий, кратких по времени совпадений нормальных и безопасных вариативностей деятельности. С учетом данных факторов было введено понятие функционального резонанса, возникающего вследствие временного кризисного взаимодействия нормальных вариативностей в деятельности системы. Нормальная вариативность ряда функций может время от времени резонировать, т. е. функции усиливают друг друга, что приводит к необычно высокой изменчивости одной из функций. Это может быть описано как резонанс функций с нормальной изменчивостью, или функциональный резонанс. Резонансная аналогия подчеркивает, что это явление возникает в динамике и не связано со статичной комбинацией причинных цепочек. Последствия резонанса распространяются не через идентифицируемые линейные цепочки причинно-следственных связей, а через взаимодействие функций. Аварийный функциональный резонанс — это выход системы за пределы нормальной работы, возникающий вследствие непредвиденного взаимодействия нормальных вариаций нескольких функций.

Необходимо не избегание неизбежных вариативностей рабочих процессов, имеющих адаптивный характер, но предотвращение резонансных состояний в системе, что требует предвидения (антиципации) резонансов вариативности как источников опасности. Инциденты предотвращаются путем мониторинга и демпфирования опасной вариативности. Безопасность требует постоянной способности предвидеть возможные события, будущую безопасность системы можно спроектировать, если проанализировать характеристики вариативности в настоящем [28; 29].

Метод анализа функционального резонанса (FRAM), позволяет получить описание функциональной вариативности системы в повседневной деятельности, определить критичные условия возникновения резонансов и дать рекомендации по демпфированию нежелательной вариативности. На первом этапе создается модель основных функций системы и их описание посредством ряда характеристик: входа, выхода, времени, ресурсов и др.; далее определяется потенциальная и фактическая вариативность функций; затем возможный функциональный резонанс на основе зависимостей/связей между функциями и потенциала функциональной вариативности; и наконец, разрабатываются способы мониторинга развития резонанса либо для ослабления вариативности, которая может привести к нежелательным результатам, либо для ее усиления, чтобы достичь нужного результата [29].

Проактивность менеджмента безопасности и проактивное рабочее поведение персонала как ресурс безопасности Safety-II

Концепция безопасности на основе инжиниринга устойчивости предполагает необходимость проактивного поведения персонала в условиях непрерывного развития социально-технической среды и внедрения более мощных информационных технологий. Традиционный подход не гарантирует полной безопасности, поскольку он не успевает создать барьеры безопасности до того, как очередная авария выявит необходимость их внедрения, и, с другой стороны, он тормозит инновации и внедрение в рабочие процессы необходимых вариативностей.

С позиций Safety-II управление безопасностью состоит в том, чтобы обеспечить оптимальную вариативность процессов. Это не может быть сделано реактив-

но, путем внедрения коррекций только после того, как что-то произошло. Необходимо потратить время на то, чтобы понять, «как работа делается на самом деле», какие варибельности процессов допустимы и полезны, а не тратить ресурсы менеджмента на контроль процессов «как они были спроектированы в дизайне работы» [30].

Безопасность обеспечивается тем, что, во-первых, персонал получает возможности в определенных пределах проактивно перенастроить то, что он делает, в соответствии с изменившимися условиями работы и внешней среды. Это должно происходить на всех уровнях организации: от заседаний совета директоров до подметания пола. Во-вторых, руководители и персонал должны иметь подготовку, чтобы научиться выявлять недостатки дизайна работы и компенсировать функциональные сбои, распознавать приоритеты реальных требований и корректировать свою деятельность так, чтобы она отвечала меняющимся условиям [31]. Этим требованиям в большой степени отвечает метод порождающих игр, успешно используемый для подготовки руководителей и эксплуатационного персонала потенциально опасных видов деятельности [32].

Выводы

Обеспечение безопасности современной техносферы требует проактивного управления варибельностью процессов, возникающей вследствие неизбежных изменений как внутренней, так и внешней среды социотехнических систем. Инжиниринг устойчивости делает акцент на анализе процессов, «как они работают на самом деле» в условиях варибельности и как безопасно управлять варибельностью процессов, а не просто запрещать ее. Решающая роль принадлежит проактивному менеджменту и проактивному поведению персонала, способных использовать антиципацию для демпфирования нежелательных варибельностей и предупреждения резонансных эффектов. Синтез концепций Safety-I и Safety-II должен приводить к снижению нежелательных инцидентов в условиях неизбежной варибельности условий внутренней и внешней среды при сохранении необходимого уровня производительности и качества [33]. Традиционная система обеспечения культуры безопасной деятельности должна быть дополнена практикой обучения проактивным методам обеспечения безопасности [34].

Литература

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты // *Фундаментальные и прикладные проблемы комплексной безопасности*. М.: Знание, 2017.
2. Девисилов В. А. Культура безопасности и образование // *Формирование культуры безопасности жизнедеятельности в образовательной среде: приоритеты, проблемы, решения*. М., 2018. С. 19–23.
3. Лепехин Н. Н., Маничев С. А. Обеспечение техносферной безопасности социотехсистем на основе психологических факторов инжиниринга устойчивости // *Материалы научно-практической конференции «Безопасность как фактор устойчивого развития общества»*. Республика Крым, г. Судак, 25–26 сентября 2019 год. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. С. 233–239.
4. Новиков Н. Н. Роль и место специалиста по безопасности в организационной структуре компании // *Безопасность и охрана труда*. 2017. № 2. С. 13–22.

5. Proctor R., Zandt T. Human Factors in Simple and Complex Systems. Boca Raton: CRC Press, 2018.
6. Performing safety culture self-assessments / International Atomic Energy Agency. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2016.
7. Self-assessment of nuclear security culture in facilities and activities / International Atomic Energy Agency. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2017.
8. Wetering R., Mikalef P., Helms R. Driving organizational sustainability-oriented innovation capabilities: a complex adaptive systems perspective // Current Opinion in Environmental Sustainability. 2017. Vol. 28. P. 71–79.
9. Pushnoi G. S. MSP-Model of the Economic Complex Adaptive System (ECAS): Economy as a Complex Adaptive System / Method of Systems Potential (MSP) Applications in Economics: Emerging Research and Opportunities. IGI-Publishing. Hershey; London, 2017. P. 1–30.
10. Pariès J., Macchi L., Valot C., Deharvenge S. Comparing HROs and RE in the light of safety management systems // Safety Science. 2019. Vol. 117. P. 501–511.
11. Casler J. G. Revisiting NASA as a High Reliability Organization // Public Organization Review, Springer. 2014. Vol. 14 (2). P. 229–244.
12. Enya A., Pillay M., Dempsey S. A. Systematic Review on High Reliability Organisational Theory as a Safety Management Strategy in Construction // Safety. 2018. Vol. 4. Issue 1. No. 6. P. 1–18.
13. Borys D., Else D., Legget, S. The fifth age of safety: the adaptive age // Journal of Health & Safety Research in Practice. 2009. No. 1. P. 19–27.
14. Weick K. E., Kathleen M. Managing the Unexpected: Sustained Performance in a Complex World. John Wiley & Sons / N. J. Hoboken. 3rd ed., USA, New Jersey, 2015.
15. Hollnagel E., Woods D., Leveson N. Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Ashgate Publishing, Ltd., 2006.
16. Hollnagel E. Resilience Engineering: A New Understanding of Safety. Ergonomics Society of Korea // Journal of the Ergonomics Society of Korea. 2016. Vol. 35 (3). P. 185–191.
17. Hollnagel E. The nitty-gritty of human factors / S. Shorrock, C. Williams (Eds.). In: Human Factors and Ergonomics in Practice: Improving System Performance and Human Well-Being in the Real World. Boca Raton, FL: CRC Press., 2016. P. 45–64.
18. Федорец А. Г. Менеджмент рисков в техносфере // Безопасность и охрана труда. 2017. № 2. С. 23–35.
19. The Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Disaster: Investigating the Myth and Reality: The Independent Investigation on the Fukushima Nuclear Accident. Routledge, 2014.
20. Reason J. Safety paradoxes and safety culture // Injury Control & Safety Promotion. 2000. No. 7 (1). P. 3–14.
21. Hollnagel E. Is safety a subject for science? // Safety Science. 2014. Vol. 67. P. 21–24.
22. Furuta K. Resilience Engineering — A New Horizon of Systems Safety. In: Ahn J., Carson C., Jensen M. et al. Reflections on the Fukushima Daiichi Nuclear Accident: Toward Social-Scientific Literacy and Engineering Resilience. New York: Springer. 2015. P. 435–454.
23. Леонтьев Д. А. Многоуровневая модель взаимодействия с неблагоприятными обстоятельствами: от защиты к изменению // Материалы III Международной научно-практической конференции. Кострома, 26–28 сентября 2013 г. Т. 1. Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова, 2013. С. 258–261.
24. Back J., Furniss D., Hildebrandt M., Blandford A. Resilience markers for safer systems and organisations. In: Computer safety, reliability, and security. Berlin; Heidelberg: Springer Verlag, Germany, 2008. P. 99–112.
25. Hollnagel E. Barriers and accident prevention. Routledge, London, 2016.
26. Hollnagel E., Nemeth C. P., Dekker S. W. A. (Eds) Resilience Engineering Perspectives. Vol. 1: Remaining Sensitive to the Possibility of Failure. Aldershot, UK: Ashgate, 2008.
27. Nemeth C. P., Hollnagel E. Resilience Engineering in Practice, vol. II: Becoming resilient. Farnham, UK: Ashgate. 2014.
28. Hollnagel E. The ETTO Principle: Why things that go right sometimes go wrong. Farnham, UK: Ashgate, 2009.
29. Hollnagel E. FRAM — the Functional Resonance Analysis Method: Modelling Complex Socio-technical Systems. Farnham, UK: Ashgate, 2012.
30. Hollnagel E. Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management. Farnham, UK: Ashgate, 2014.
31. Wahl A., Kongsvik T., Antonsen S. Balancing Safety-I and Safety-II: Learning to manage performance variability at sea using simulator-based training // Reliability Engineering & System Safety, 2020. Vol. 195. P. 106–698.

32. Третьяков В. П. Порождающие игры как способ развития способности к апперцепции у эксплуатационного персонала энергообъектов // Труды Международной научно-практической конференции «Психология труда, инженерная психология и эргономика 2014» (Эрго-2014) / под ред. А. Н. Анохина, П. И. Падерно, С. Ф. Сергеева. 2014. С. 268–270.

33. Hollnagel E. Safety-II in Practice. Developing the Resilience Potentials. Routledge, 2017.

34. Третьяков В. П., Епатко С. С. Порождающая деловая игра «Охрана труда» // Человеческий фактор в сложных технических системах и средах (Эрго-2018) // Труды Третьей международной научно-практической конференции / под ред. А. Н. Анохина, А. А. Обознова, П. И. Падерно, С. Ф. Сергеева. 2018. С. 548–551.

Статья поступила в редакцию 11 ноября 2019 г.;
рекомендована в печать 12 декабря 2019 г.

Контактная информация:

Маничев Сергей Алексеевич — канд. психол. наук; s.manchev@spbu.ru

Лепехин Николай Николаевич — канд. психол. наук; n.lepehin@spbu.ru

Proactive safety management and proactive behavior of personnel as resources of Resilience Engineering*

S. A. Manichev, N. N. Lepekhin

St. Petersburg State University,
7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

For citation: Manichev S. A., Lepekhin N. N. Proactive safety management and proactive behavior of personnel as resources of Resilience Engineering. *Vestnik of Saint Petersburg University. Psychology*, 2020, vol. 10, issue 1, pp. 33–45. <https://doi.org/10.21638/spbu16.2020.103>

The article substantiates the relevance of ensuring the technosphere safety of socio-technical systems based on proactive management and proactive working behavior. The development of ideas about the role of the human factor in solving the problem of integrated adaptive safety of socio-technical systems is described. Modern organizations should be able to adapt to work in an unpredictable social, political and climatic environment, with the likelihood of an unforeseen resonant combination of technical, climatic and humanitarian threats, possessing the capabilities of a comprehensive adaptive system. As a result, the role of the human factor as an active element of the sociotechnical system is increasing. The comparative characteristics of the concepts of classical safety management systems (SMS), High Reliable Organization (HRO) and Resilience Engineering (RE) are given in terms of the possibilities for ensuring the safety of social and technical systems in a dynamic technosphere environment. Safety management systems (Safety-I) try to prevent future incidents based on past events, which does not reflect the dynamics of changes in the external and internal environment. High Reliable Organizations create excessive control loops and additional resources, which results in the loss of effectiveness of most organizations, and at the same time does not provide absolute safety. Resilience Engineering (Safety-II) relies on the normal variability of activity processes as a potential for proactive safety. Analysis of the role of the human factor suggests the need for the implementation of proactive safety management to prevent the occurrence of dangerous resonant states in the system. The proactive working behavior of personnel ensures the adaptation of functions to changing conditions of the external and internal environment of the

* The study was supported by Russian Foundation for Humanities, project “Proactive behavior in modern work design”, no. 19-013-00947.

organization and the anticipation of dangerous resonant variability of working activity. The synthesis of the traditional approach to safety (Safety-I) and Safety-II, based on the introduction of resilience engineering, allows for the prevention of dangerous resonant deviations in activity, while maintaining the necessary level of productivity and quality.

Keywords: technosphere safety, resilience engineering, Safety-II, proactive safety management, anticipation, proactive working behavior.

References

1. The security of Russia. Legal, socio-economic and scientific-technical aspects. *Fundamental'nyye i prikladnyye problemy kompleksnoy bezopasnosti*. Moscow, Znanie Publ., 2017. (In Russian)
2. Devisilov V.A. Safety Culture and Education. *Formation of a culture of life safety in the educational environment: priorities, problems, solutions*. Moscow, 2018, pp. 19–23. (In Russian)
3. Lepekhin N.N., Manichev S. A. Ensuring the technosphere safety of socio-technical systems based on psychological factors of sustainability engineering. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Bezopasnost' kak faktor ustoychivogo razvitiia obshchestva"*, Respublika Krym, g. Sudak, 25–26 sentiabria 2019 goda. (In Russian)
4. Novikov N.N. Role and place of a specialist in safety in the organizational structure of the company. *Bezopasnost' i okhrana truda*, 2017, no. 2, pp. 13–22. (In Russian)
5. Proctor R., Zandt T. *Human Factors in Simple and Complex Systems*. Boca Raton, CRC Press, 2018.
6. Performing safety culture self-assessments. *International Atomic Energy Agency*, Vienna, International Atomic Energy Agency, 2016.
7. Self-assessment of nuclear security culture in facilities and activities. *International Atomic Energy Agency*, Vienna, International Atomic Energy Agency, 2017.
8. Wetering R., Mikalef P., Helms R. Driving organizational sustainability-oriented innovation capabilities: a complex adaptive systems perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2017, vol. 28, pp. 71–79.
9. Pushnoi G. S. MSP-Model of the Economic Complex Adaptive System (ECAS): Economy as a Complex Adaptive System. *Method of Systems Potential (MSP) Applications in Economics: Emerging Research and Opportunities*. IGI-Publishing, Hershey, London, 2017, pp. 1–30.
10. Pariès J., Macchi L., Valot C., Deharvengt S. Comparing HROs and RE in the light of safety management systems. *Safety Science*, 2019, vol. 117, pp. 501–511.
11. Casler J. G. Revisiting NASA as a High Reliability Organization. *Public Organization Review*, Springer, 2014, vol. 14 (2), pp. 229–244.
12. Enya A., Pillay M., Dempsey S. A. Systematic Review on High Reliability Organisational Theory as a Safety Management Strategy in Construction. *Safety*, 2018, vol. 4, issue 1, no. 6, pp. 1–18.
13. Borys D., Else D., Legget S. The fifth age of safety: the adaptive age. *Journal of Health & Safety Research in Practice*, 2009, vol. 1, pp. 19–27.
14. Weick K. E., Kathleen M. *Managing the Unexpected: Sustained Performance in a Complex World*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 3rd ed., USA, 2015.
15. Hollnagel E., Woods D., Leveson N. *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Ashgate Publishing, Ltd., 2006.
16. Hollnagel E. Resilience Engineering: A New Understanding of Safety. *Ergonomics Society of Korea. Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 2016, vol. 35 (3), pp. 185–191.
17. Hollnagel E. The nitty-gritty of human factors. *Human Factors and Ergonomics in Practice: Improving System Performance and Human Well-Being in the Real World*. Boca Raton, FL, CRC Press, 2016, pp. 45–64.
18. Fedorets A. G. Risk management in the technosphere. *Bezopasnost' i okhrana truda*, 2017, no 2, pp. 23–35. (In Russian)
19. *The Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Disaster. Investigating the Myth and Reality: The Independent Investigation on the Fukushima Nuclear Accident*. Routledge, 2014.
20. Reason J. Safety paradoxes and safety culture. *Injury Control & Safety Promotion*, 2000, no. 7 (1), pp. 3–14.
21. Hollnagel E. Is safety a subject for science? *Safety Science*, 2014, vol. 67, pp. 21–24.
22. Furuta K. Resilience Engineering — A New Horizon of Systems Safety. *Reflections on the Fukushima Daiichi Nuclear Accident: Toward Social-Scientific Literacy and Engineering Resilience*. New York, Springer, 2015, pp. 435–454.

23. Leont'yev D. A. Mnogourovnevaia model' vzaimodeistviia s neblagopriiatnymi obstoiatel'stvami: ot zashchity k izmeneniiu. *Materialy III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Kostroma, 26–28 sentiabria 2013 g., vol. 1, KGU im. N. A. Nekrasova Publ., 2013, pp. 258–261. (In Russian)
24. Back J., Furniss D., Hildebrandt M., Blandford A. Resilience markers for safer systems and organisations. *Computer safety, reliability, and security*. Berlin, Heidelberg, Springer Verlag, 2008, pp. 99–112.
25. Hollnagel E. *Barriers and accident prevention*. Routledge, London, 2016.
26. *Resilience Engineering Perspectives, Volume 1: Remaining Sensitive to the Possibility of Failure*. Hollnagel E., Nemeth C. P., Dekker S. W. A. (Eds). Aldershot, UK, Ashgate, 2008.
27. Nemeth C. P., Hollnagel E. *Resilience Engineering in Practice, vol. II, Becoming resilient*, Farnham, UK, Ashgate, 2014.
28. Hollnagel E. *The ETTO Principle: Why things that go right sometimes go wrong*. Farnham, UK, Ashgate, 2009.
29. Hollnagel E. *FRAM — The Functional Resonance Analysis Method: Modelling Complex Socio-technical Systems*. Farnham, UK, Ashgate, 2012.
30. Hollnagel E. *Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management*. Farnham, UK, Ashgate, 2014.
31. Wahl A., Kongsvik T., Antonsen S. Balancing Safety-I and Safety-II: Learning to manage performance variability at sea using simulator-based training. *Reliability Engineering & System Safety*, 2020, vol. 195, p. 106–698.
32. Tret'yakov V. P. Generating games as a way of developing the apperception ability of operating personnel of power facilities. *Trudy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Psikhologiya truda, inzhenernaia psikhologiya i ergonomika 2014» (Ergo 2014)*, 2014, pp. 268–270. (In Russian)
33. Hollnagel E. *Safety-II in Practice. Developing the Resilience Potentials*. Routledge, 2017.
34. Tret'yakov V. P., Yepatko S. S. The Generating Business Game “Labor Protection”. Human factor in technical systems and environments (Ergo-2018). *Trudy Tret'ei mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, 2018, pp. 548–551. (In Russian)

Received: November 11, 2019

Accepted: December 12, 2019

Authors' information:

Sergey A. Manichev — PhD in Psychology; s.manichev@spbu.ru

Nikolay N. Lepekhin — PhD in Psychology; n.lepehin@spbu.ru