

## Глава 3

# Забота о безаварийности

### Свойства объекта и его защита

От любого технического объекта ожидают прежде всего выполнения тех функций, ради которых он создан, но к нему сверх того предъявляются многосторонние другие требования, например, экономические и экологические. В связи с авариями более всего важно требование эффективно функционировать в аварийных условиях.

Для выполнения возлагаемых на объект функций выдвигают определённые требования к каждому из элементов, составляющих этот объект или управляющих им. Эффективность функционирования зависит от того, на каком уровне находятся *техническое совершенство* и *надёжность* элементов и, следовательно, объекта в целом. Конечно, важнейшую роль играет совершенство взаимодействия элементов.

Недостаток одного из этих свойств лишь в небольшой степени может быть компенсирован наличием другого.

Коллега автора по работе в институте «Энергосетьпроект» и его друг Эрик Петрович Смирнов, который впервые разработал вопросы надёжности применительно к защите энергосистем от коротких замыканий, в то же время был любителем и знатоком футбола. Он любил приводить слушателям его лекций следующий пример высокого технического совершенства при слабой надёжности. В 1940-50-х годах ленинградский футболист Архангельский показывал необыкновенно высокую для того времени технику и стал бы великим футболистом, если бы не частые травмы.

Техническое совершенство определяется перечнем заданных к выполнению функций объекта или его элемента, например: вместимость, высота, производительность, быстрота действия, способность заданным образом правильно реагировать на внешние события, способность развития, простота и удобство обслуживания и т.п. Функции должны выполняться не в любых обстоятельствах, а в рамках определённых тоже задаваемых внешних условий: температура, влажность,

ударное воздействие, вибрация, электромагнитное поле, радиация и т.п. Например, от электронного бытового прибора можно потребовать полного в какой-то мере выполнения своей функции, если напряжение, подведённое к нему извне, не меньше 50% и не больше 120% номинального значения. А устойчивость атомной установки может требоваться даже при землетрясении такого уровня, которое ожидается в среднем один раз в 1000 лет или которое вообще невозможно себе представить в данной местности.

Относительно столь редких событий полезно иметь в виду, что их периодичность вряд ли может быть установлена путём анализа статистических данных, почти всегда это – математически вычисленная гипотеза. Обратим внимание, кстати, и на часто забываемое указание «в среднем»; не исключено и то, что два таких события случатся в один год, а потом 2000 лет пройдут спокойно и т.д. И конечно, данная периодичность землетрясения не означает, что оно случится через 1000 лет: оно может случиться и в ближайшем году или завтра.

Надёжность элементов объекта и объекта в целом задаётся различными статистическими показателями, сущность которых зависит от характера выполняемых функций. Для непрерывно выполняемой функции часто задаётся *наработка на отказ*, т.е. среднее время между двумя отказами выполнить эту функцию. Для разрабатываемого устройства релейной защиты, от которого требуется подействовать или нет в зависимости от того, на каком элементе сети произошло короткое замыкание, упомянутый Смирнов предложил задавать более полноценный показатель, названный им *готовностью*. Под этим понимается вероятность того, что устройство окажется готовым выполнить свою функцию в произвольный момент времени, когда бы ни потребовалось. Периоды, когда устройство выведено из действия для плановой ревизии или для устранения неожиданной неисправности, учитываются как неготовность наряду с периодом, когда в устройстве есть неисправность, но она ещё не выявлена и поэтому не устранена. Занимаясь противоаварийной автоматикой, автор вместе со Смирновым принял этот же показатель надёжности.

Для устройства, которое призвано командовать в аварийных условиях, полезно также нормировать допустимое число случаев излишнего действия, не спровоцированного никаким аварийным событием, т.е. беспричинного действия. Такое тоже случается.

Уязвимость объекта резко увеличивается с ростом его сложности. Представим себе для примера противоаварийную систему управления

объектом состоящей просто-напросто из ста устройств, по надёжности подобных персональному компьютеру, причём для правильного функционирования системы в целом необходимо одновременное правильное функционирование всех таких устройств. Очевидно, что такая система слишком часто окажется или совсем неработоспособной или будет действовать неправильно. Это подсказывает, что сложный объект нельзя просто составить из большого количества элементов. Требуется ещё многое. Эти элементы должны присутствовать в нем в избыточном количестве и гибко взаимодействовать друг с другом, контролировать и, если надо, подменять друг друга в условиях самых разнообразных угроз объекту или системе управления, возникающих как внутри них (в виде отказа чего-либо), так и поступающих извне.

Для большинства противоаварийных устройств крайне важна быстрота действия. Необходимость максимальной скорости во многом определяет построение, в частности, устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики энергосистем. Быстрота действия многих таких устройств доведена до 20÷30 мсек, т.е. до продолжительности одного или полутора периодов промышленной частоты 50 или 60 Гц переменного тока.

Авариям противодействуют разнообразные свойства технического совершенства, надёжности и живучести защищаемого от аварий объекта, но лишь часть этих свойств служит только и непосредственно этой цели, и именно эта часть рассматривается как *противоаварийное управление* в узком смысле этого термина. Ещё сужая взгляд, видим систему автоматики, действующую в ходе аварии с целью предотвратить её дальнейшее развитие, – *противоаварийную автоматику*.

Заметим, что противоаварийное управление – мягкий термин. Мы будем к нему прибегать, когда речь идёт и о более общих проблемах, чем собственно противоаварийная автоматика, – о сумме мероприятий против аварий, о функциях, возлагаемых на эту автоматику, о расчёте необходимых управляющих воздействий автоматики и т.п.

В создании противоаварийного управления участвуют специалисты разных специальностей, каждый из них, решая свою задачу, может произвольно, но нежелательно и даже недопустимо вмешаться в чужую область.

Два таких случая описаны в [1, стр. 125-136]. Так, автор автоматического распределения вырабатываемой в энергосистеме мощности между её генераторами, оптимального в экономическом смысле, не посчитался с тем, что реализация его идеи меч-

тательно требует, чтобы электрическая сеть энергосистемы нигде не ограничивала передачи мощности. В другом случае специалисты в области турбин решили, что система управления каждой из турбин энергосистемы, не обладая почти никакой информацией о происходящем в энергосистеме в целом, может, тем не менее, кардинально улучшить аварийный переходный процесс в ней.

Во избежание неприятностей от несогласованности, в процессе разработки необходим механизм заботы о *непротиворечивости различных мероприятий*. Для этого каждое из них не должно, по возможности, выдвигать дополнительных требований к другим мероприятиям, а если такое требование все-таки необходимо, то оно должно быть минимальным, ясным и, конечно, выполнимым.

Важнейшей особенностью хорошо построенного противоаварийного управления является его *эшелонированность*: различные системы управления призваны на каждой стадии аварийного процесса резервировать действие системы предыдущей стадии и воспрепятствовать развитию процесса к следующей ещё более опасной стадии.

Говоря военным языком, прорыв врагом первой линии обороны – ещё не катастрофа, он наткнётся на вторую линию и т.д. Если имеется одна линия защиты от аварии, прорыв которой происходит в одном случае из двадцати, то такой уровень безаварийности для многих объектов неприемлем, но если создано три подобных линии, то вероятность прорыва составит 0,05 в третьей степени, т.е. 0,000125, иначе говоря, можно надеяться, что только одна авария из десяти тысяч прорвёт все три линии.

Построение эшелонированного противоаварийного управления наглядно выглядит на примере электроэнергетических систем, и мы попробуем конкретизировано это в главе 5 данной части.

### **Создание безаварийности объекта**

Представляется, что вклад в безаварийное функционирование объекта приблизительно одинаков на двух этапах: при создании объекта и во время его функционирования, во всяком случае – эти вклады сопоставимы. Попытаемся охарактеризовать важные аспекты деятельности ответственных лиц на каждом из этих этапов.

Чтобы представить себе сложность создания нового большого объекта, нужно иметь в виду, что этот процесс проходит несколько этапов и для каждого из них нужны учёные и инженеры разных специальностей, и под их руководством трудятся многие и многие исполнители разнообразных работ. Они ведут исследования (если объект не стандартный), продвигаясь от предварительных исследований к анализу итога, ожидаемого в результате создания объекта. Они разрабатывают

документацию для строительства и, если надо, корректируют ее по ходу выполняемых работ. Они выполняют согласно этой документации строительные, монтажные и наладочные работы, они ведут испытания созданного объекта, проверяя его соответствие замыслу. И на каждом из этих этапов возможно появление заблуждений и ошибок, которые впоследствии могут привести к серьёзной аварии.

А за спиной непосредственно действующих организаций стоят финансирующие и контролирующие организации и ведомства, которые в связи с авариями обычно не упоминаются, хотя их деятельность, обеспечивая ресурсы и препятствуя их разворовыванию, может сильно повысить безаварийность. И понятно, к чему ведёт обратное.

На любом этапе создания объекта, как известно, руководствуются действующими нормами и методическими указаниями. В них требования, направленные на безаварийность, должны быть дифференцированы в зависимости от той опасности, которую представляет для общества авария на этом объекте. Если объект традиционен и его создание достаточно чётко регламентировано руководящими материалами, то отступление от них – следствие низкой квалификации, халатности или просто жадности.

Создать хороший объект гораздо сложнее, если его характер таков, что руководящие материалы или не регламентируют важных сторон его создания, или от этих материалов необходимо отступить – ужесточить или смягчить требования к объекту. Тогда требуется разработать новые технические решения, которые должны быть тщательно обоснованы, и тут появляется поле для разнообразнейших фантазий, несогласованностей и фатальных ошибок. Назовём источники наиболее тяжёлых неприятностей.

Во время функционирования объекта в нем могут возникнуть какие-то важные явления, которые к моменту начала разработки не исследованы и в процессе его создания по каким-либо причинам не могли быть достаточно выяснены. Наиболее яркие примеры аварий, имеющих подобные корни, – на Саяно-Шушенской ГЭС [1, стр. 70-84] и в Москве [1, стр. 198-209]. Тут как бы забыли прекрасную пословицу: «Не зная броду, не суйся в воду».

В сложном объекте, как правило, взаимодействует несколько различных технологий, которыми занимаются специалисты и коллективы разных профилей, и руководитель разработки объекта должен уметь выявить возможные из-за этого несогласованности и найти пути их

устранения. Пример разительной несогласованности виден в описании аварии на Саяно-Шушенской ГЭС: генераторам предписана столь большая мощность, что отечественная промышленность (а только от неё в то время разрешалось получать оборудование) и через 50 лет не может снабдить их полноценными высоковольтными выключателями. Совсем элементарный пример несогласованности описан в [1, стр. 109-116]: многочисленные исполнители того, что предписывала исходная документации по автоматике Красноярской ГЭС, поняли одну из надписей на чертеже не буквально, а так, как им предписывала привычка. Не увидев в ней привычных двух слов «без АПВ» (АПВ – автоматическое повторное включение высоковольтного выключателя после отключения им короткого замыкания), они мысленно добавили к ней два слова «с АПВ», так и выполнили автоматику в совершенном противоречии с сутью дела. Это непрошенное повторное включение решительно воспрепятствовало необходимым действиям противоаварийной автоматики, что привело к тяжёлой аварии.

Понятно, что руководители далеко не всегда обладают столь широкой эрудицией и способностью находить компромиссное решение, как требуют обстоятельства. Но если, строго говоря, проектом некому руководить, не слишком ли опасно осуществлять его?

То ли демократизация общественного сознания, то ли недоверие к личности и зато вера в силу организации, особенно государственной, приводят к обычной практике поручать решение сложной проблемы именно организации, игнорируя вопрос о том, имеется ли в ней достаточно профессиональный лидер и доверят ли именно ему руководить проектом. При этом забывают, что главные технические достижения в мире создавались под руководством властных профессионалов. Можно составить длиннейший перечень достижений и имён, но достаточно двух всем известных – Королева и Гейтса.

Автор имел удовольствие 15 лет работать с такого рода руководителем, пусть несколько меньшего масштаба, это – Сергей Сергеевич Рокотян, создатель и главный инженер института «Энергосетьпроект», подробнее о нём – в главе 6 данной части.

В сложном объекте имеются не только главные, но и вспомогательные, второстепенные технологии, и, естественно, основные интеллектуальные и материальные ресурсы прилагаются к главным. Но что отнести к не главным, не всегда очевидно, ведь интересы экономики ресурсов требуют уменьшить число главных. В результате среди

не главных ошибочно могут оказаться технологии, исправное функционирование которых совершенно необходимо для главных. Такое положение, как уже упомянуто, сложилось на атомной станции Фукусима 1 [1, стр. 19-21], где напор стихии выдержал атомный реактор, но катастрофически подвели вспомогательные технологии – его электро-снабжение и водоснабжение.

Самые тяжёлые, трудно исправимые ошибки делаются на начальных этапах создания объекта, и поэтому к начальным этапам должно быть приковано наибольшее внимание и на эти этапы должны быть выделены достаточные ресурсы. Это соображение слишком часто не учитывается, потому что кажется, что решающая работа совершается как раз в конце: её итог хорошо виден. Пример непродуманного начала: неверное определение мощности Саяно-Шушенской ГЭС и мощности его гидроагрегата было сделано на самой начальной стадии создания ГЭС; исправить это в дальнейшем было практически невозможно. Напротив, разночтение документации по автоматике Красноярской ГЭС могло быть легко исправлено на любой из следующих стадий работы.

К сожалению, заказчики работы и специалисты разных профилей говорят на разных технических языках, и, чтобы не получалось подобия Вавилонской башни, при создании сложного объекта нужно не чураться нелёгкого труда по достижению взаимопонимания.

Перед началом разработки будущей техники ей предъявляют более или менее определённые технические требования.

Успешная разработка приводит к промышленному выпуску изделия, которое сопровождается техническими условиями поставки. Это – те условия, которым должно удовлетворять изделие в руках потребителя. Но даже при наличии сформулированных условий, после отказа устройства часто возникает путаница в определении вины – то ли виноват изготовитель, то ли неправильное использование. Обычный подход: изготовитель виноват только в том случае, если в процессе эксплуатации соблюдались все оговорённые им условия. Среди них: устройство использовалось только по своему назначению, поддерживались должны внешние условия (температура, влажность, вибрация, электромагнитные помехи и т.п.), устройство в должны сроки подвергалось ревизии, и не вышла оговорённая изготовителем продолжительность эксплуатации. Пример использования не по назначению

имел место на Саяно-Шушенской ГЭС: гидроагрегат, который в силу своих неприятных особенностей способен постоянно производить мощность, лишь близкую к его полной мощности, заставляли, игнорируя опасность возникающей вибрации, часто снижать мощность вплоть до полной разгрузки.

Кстати, приходилось слышать, что катастрофа на Чернобыльской атомной станции произошла при неправильно организованном эксперименте по расширению способности реактора резкого переходить на более низкую мощность.

Как правило, чем проще устройство, тем требования к нему определённые. К сложным же системам, особенно к развивающимся во времени системам вроде энергосистем, сформулировать требования трудно. Для сразу всей относительно сложной системы, для системы в целом никаких технических условий на поставку обычно не существует и, вероятно, не может существовать, и тогда приходится обходиться какими-либо экономическими или информационными критериями. Вместо технических условий на всю систему в целом существуют многочисленные технические условия на поставку составляющих её частей, и создаётся громадное количество инструкций относительно использования этих частей. В особенности же – относительно того, что должен делать обслуживающий систему персонал в многочисленных разнообразных случаях её функционирования: во время нормальной её работы и в аварийных условиях.

В противоаварийном деле, как и в других областях техники, решения о создании тех или иных мероприятий, о затратах на них принимаются или в рамках нормативных актов, или в близком соответствии с ними. Однако, опереться на такие акты не всегда возможно. Во-первых, нормирование может не вполне охватывать конкретный тип объекта. Во-вторых, если создаётся объект существенной новизны, то не только нормы, но и просто сведения о необходимых для него мерах против аварий взять ещё неоткуда. В обоих случаях приходится искать индивидуальные решения, для опасного объекта – очень ответственные.

Как бы ни был объект нов, какие-то, пусть отдалённые аналоги ему всё же существуют, и специалисты черпают первый слой требуемых решений из знания эти аналогов. Если объект нов существенно, должен существовать и второй слой, отражающий эту новизну. Тут-то и возникают проблемы.



Опорой нового решения служат опыт и рождённая им интуиция, однако, с уверенностью можно утверждать, что никто не обладает таким опытом, который избавляет от детального качественного и даже количественного анализа тех явлений, от которых зависит решение. Сложность противоаварийной системы и отсюда, так сказать, неопи-симость таких требований к ней, которые были бы совершенно определённо сформулированы, манят на проторённый путь уже известных технических решений. Не исключено, однако, что они не вполне отвечают особенностям нового объекта или даже вообще противоречат основным закономерностям его функционирования. Результат этого – тяжёлые ошибки. Их сделано немало, и даже скромный личный опыт автора содержит много случаев, когда интуиция предлагала совсем не лучшие решения.

Прежде всего, нужно разобраться, какие особенности аварий таит в себе новизна объекта. Затем нужно выявить весь набор аварийных ситуаций, обратив особенное внимание на нестандартные, новые ситуации, на самые опасные из них. И лишь после этого предстоит для каждой из них разработать адекватные меры противодействия аварии.

Ни обнаружением особенностей объекта, ни разработкой противоаварийных мер мы здесь заниматься не можем – эти аспекты дела слишком конкретны, сколько объектов, столько и особенностей, и сколько разработчиков, столько и решений. А вот подход к выявлению аварийных ситуаций попробуем немного прокомментировать.

С точки зрения создателя противоаварийной системы аварийные ситуации отличаются, прежде всего, сутью мероприятия, которое требуется как ответ на возникновение той или иной из них. Например, один тип ситуации требует увеличить мощность генератора, отдаваемую им с энергосистему, а другой тип – уменьшить.

По опыту автора, количество мероприятий, которое возможно осуществить на объекте, много меньше количества ожидаемых аварийных ситуаций, и поэтому одного и того же мероприятия могут требовать несколько аварийных ситуаций, в том числе очень различных. С другой стороны, одна ситуация может нуждаться в нескольких мероприятиях одновременно. В сложной системе, где возможны разнообразные аварийные ситуации и имеется некоторый набор мероприятий, возникает одна из сложнейших задач противоаварийного управления – как установить связи между ситуациями и мероприяти-

ями, оптимальные в каком-то смысле или хотя бы просто эффективные в отношении противодействия аварии.

Крайне важное, но не всегда выполнимое требование – *независимость мероприятия от предыстории*. Это означает, что мероприятие должно вполне эффективно выполняться вне зависимости от того, какая именно из ситуаций привела к его востребованию.

Например, имеющиеся на судне шлюпки должны спасти пассажиров и экипаж вне зависимости от того, как именно судно пришло к вот-вот ожидаемой катастрофе. Однако, как известно, это затруднено, если повреждение судна привело к сильному боковому крену, и, чтобы люди могли быть спасены и в этом случае, требуется расширить и, вероятно, удорожить это мероприятие.

Требование независимости не имеет отношения к мероприятиям, предназначенным для противодействия только что начатому аварийному процессу (предыстории, собственно, ещё нет), и становится всё более неукоснительным, когда процесс уже грозит катастрофой.

Следующая проблема – *нужна ли суперпозиция?* Многие мероприятия могут осуществляться ступенчато, в меньшем или большем объёме – в зависимости от аварийной ситуации. Бывает, что последовательно возникают две ситуации и каждая из них требует частичной реализации одного и того же мероприятия. Тогда возникает вопрос, как должно быть выполнено второе по времени требование: полностью или с учётом того, что часть требования уже выполнена при первой ситуации? Если учёт предыдущего выполнения нужен, то во второй ситуации *независимость мероприятия от предыстории* должна быть в данном отношении нарушена.

Например, мощность электростанции может быть быстро снижена степенями по 200 МВт максимум на 1200 МВт, и первая ситуация требует снижения на 400 МВт, а вторая, более поздняя, на 600 МВт. Вопрос: второе значение вычислено с учётом того, что первое снижение уже выполнено, или без учёта? Если с учётом, то при второй ситуации на уже выполненное снижение нужно наложить требуемое и тем самым общее снижение мощности довести до 1000 МВт. Если же без учёта, то следует наложить лишь  $600 - 400 = 200$  МВт снижения.

Решив вопрос о типе ступенчатого мероприятия, можно перейти к ответу на вопрос, какая ступень требуется при возникновении той или иной ситуации. Само мероприятие создаётся при создании объекта, а количественный выбор, выбор ступени, вполне вероятно, можно оставить до момента, когда мероприятие действительно потребуется. (Заметим, впрочем, что возможность количественного выбора тоже нуж-

но обеспечить при создании объекта.) Переложив количественный выбор на стадию функционирования объекта, мы существенно, возможно, во много раз сокращаем набор аварийных ситуаций, рассматриваемых на стадии создания объекта. А это сокращение крайне важно: чем больше ситуаций, тем сложнее и дороже противоаварийная система в целом.

Объединение ситуаций в ограниченное число типов, конечно, делает систему более грубой, а проявляя нерешительность в ограничении числа типов, легко прийти к весьма тонкой, но нереализуемой системе.

Любое техническое сооружение, которое может явиться источником крупной аварии, при его создании снабжается подходящими для него средствами предупреждения аварии и локализации её на случай, если она все-таки началась. Затем в течение всего периода существования сооружения эти средства должны бдительно поддерживаться в работоспособном состоянии. Создание этих средств во многих случаях очень заметно удорожает сооружение, а их эксплуатационная поддержка заметно увеличивает издержки его использования. Поэтому заказчик сооружения стремится уменьшить затраты на противоаварийные мероприятия. (Иногда его персонал просто не знает, что они полезны.) Плюс к этому, если сооружение должно быть принципиально новым, то совершенно не исключено, что необходимые для его создания технические и программные средства не поставляются промышленностью и даже не разработаны.

Известно также, что сооружение с течением времени по мере своего развития может претерпевать принципиальные изменения, которые, в свою очередь, могут требовать корректировки противоаварийных мероприятий. Если это не замечается персоналом и он остаётся в плену старого, уже негодного подхода, то при возникновении непредвиденного аварийного процесса эта слепота может сказаться тяжелейшим образом. Например, скверно, если бы переход от строительства двухэтажных зданий к многоэтажным не сопровождался изменением противопожарных мероприятий.

Устройство широкого применения обычно вручается потребителю вместе с инструкцией, в которой едва понятно прописаны функции изделия и некоторые его параметры, а также присутствует большой перечень требований к потребителю, особенно относительно его собственной безопасности. Скупость этой документации делает оценку надёжности устройства невозможной. Но кое-что понять все-таки можно.

Например, какой надёжностью обладает персональный компьютер? Обычно продавец даёт гарантию на два года. Заметим, что эта гарантия касается не того, что компьютер будет работать этот срок безаварийно, а лишь того, что его бесплатно отремонтируют или заменят в случае, если поломка случится в течение этого срока. Сколько раз устройство откажет и с какой вероятностью можно ожидать этого, – не известно. Но гарантийный срок все-таки косвенно характеризует надёжность: изготовителю не выгодно, назначив большой срок, продавать ненадёжное устройство – он слишком много потеряет на ремонтах и заменах. Если же покупатель хочет получить гарантию на более длинный срок, он должен заплатить за компьютер, скажем, на 10% больше. Это означает, что продавец считает поломку компьютера в течение первых двух лет, хотя и возможной, но маловероятной, а уже на третий год – настолько вероятной, что за продление гарантии требует оплату ремонта вперёд. Отсюда можно сделать вывод, что продавец оценивает среднюю (!) продолжительность исправной работы примерно двумя годами, а исправности в течение трёх лет ожидает, скажем, только от двух третей продаваемых изделий. Более точные сведения о надёжности для потребителя обычно недоступны.

### **Поддержка безаварийности действующего объекта**

Переходя к проблемам безаварийной эксплуатации объекта, сразу нужно заметить, что на этом этапе возникает масса разнообразных производственных ситуаций, и желательно чётко регламентировать возможно большее их количество, особенно наиболее частые и потенциально опасные. Отсюда – необходимость обучения и постоянного переучивания персонала, необходимость периодической проверки знаний и практических умений.

Конечно, разработка регламента работ, обучение и контроль персонала требуют немалых ресурсов, для этих целей требуются квалифицированные и опытные специалисты. Поэтому работа с персоналом вряд ли может быть организована везде одинаково. На наиболее опасных объектах вроде атомной станции или пассажирских лайнеров эта работа максимально высокого приоритета, а где-то (не осмеливаюсь сказать где именно) уровень может быть не столь высоким, и ещё где-то – ещё ниже...

Кстати, к понижению уровня эксплуатации следует относиться очень осторожно. Например, обычную распределительную электрическую сеть невозможно и, вероятно, не нужно эксплуатировать столь же заботливо, как сеть мегаполиса, но допустимо ли такое послабление, если, скажем, в северном районе построены многоэтажные дома с централизованным теплоснабжением и, следовательно, длительное отсутствие электропитания зимой грозит гибелью людей? Представ-

ляется, что в таких условиях снижение уровня обслуживания возможно только, если не вызывает сомнения, что там предусмотрены автономные аварийные источники питания, эти источники покроют наиболее важные потребности и местные власти проверяют состояние их готовности.

При всей полезности подробной регламентации отразить в ней все опасности вряд ли возможно, и поэтому важную роль играет сознательное следование персоналом «хорошей эксплуатационной практике». Эту практику специалист может воспринять только путём совместной работы с более опытным коллегой или в составе руководимой им группы. Опыт показывает, тем не менее, что целенаправленное перемещение специалистов применяется редко. А отсутствие хорошей эксплуатационной практики видно на примере лихости взятия препятствий, которая по молодости лет обуяла автора [1, стр. 147-155].

Многим руководителям свойственно по временам впадать в состояние нетерпеливого и непрофессионального стремления к немедленному результату. Звучат команды «Все – вдруг!», «Патронов не жалеть!», и получается позор вроде описанного в [1, стр. 137-142] случая, когда в ходе бессмысленных действий чуть не погиб человек. Как не вспомнить старую мудрость: «Семь раз примерь, один отрежь».

Теперь перейдём к редко рассматриваемому, но важному аспекту управления объектом. Дело в том, что многие аварии возникают не вдруг, а созревают в предаварийной обстановке, когда операторы объекта имеют хорошую возможность уклониться от аварии; после же аварии предпочитают это забыть. Сразу признаемся, вопрос этот не из лёгких. Частые сетования на ошибочные действия или досадное бездействие операторов во время аварии, возможно, слишком строги, но отнестись так же строго к предаварийному поведению операторов оснований ещё меньше. Ведь в это время авария ещё не состоялась, оператор надеется, что пронесёт, не исключено, что так и будет и его действия окажутся излишними, а с точки зрения тех, на кого он работает, они могут показаться малодушными, перестраховочными и, хуже того, вредными: они могут уменьшить доход или престиж организации, использующей объект.

Прежде, чем продолжить эту тему, вспомним, что предшествовало некоторым из уже описанных или упомянутых аварий.

Крушение поезда, который вёз императора Александра III с семьёй, возникло вовсе не беспричинно [1, стр. 60-65]. Машинисты царского

поезда и командовавшие ими важные чины знали, что этот тяжёлый поезд идёт слишком быстро по слишком плохому для этого пути. Они не могли не заметить, что паровозы рыскают на рельсах, и вряд ли могли не почувствовать, что вагоны слишком раскачиваются. Почему же они гнали поезд с неподобающе большой скоростью? Судя по имеющимся очень надёжным материалам, ответ прост: некоторые подсознательно опасались прослыть трусами, а другие просто хотели угодить своему начальству быстрой ездой, боялись перечить.

Почему судоводители лайнеров «Андреа Дория» [1, стр. 65-69] и «Титаник» вели свои суда в тумане с непопозволенной скоростью? Выяснено, что над ними довлело стремление сохранить репутацию своих кораблей, не допустив их опоздания в порт назначения Нью-Йорк по сравнению с расписанием. А то, что остойчивость «Андреа Дория» была сильно ослаблена тем, что, израсходовав топливо из бортовых отсеков, их не залили морской водой, оставили их пустыми, – ничем, кроме мелочной экономии, не объяснить.

Можно удивляться легкомыслию руководства и операторов Саяно-Шушенской ГЭС [1, стр. 70-84], которые допустили много людей к работе в опасной зоне в то время, когда уже было ясно, что один из агрегатов работает явно ненормально. Но с другой стороны, распорядиться отменить работы и срочно предпринять остановку агрегата показалось бы неоправданным решением, ведь возможность катастрофы с затоплением машинного зала вряд ли кому-нибудь могла прийти в голову.

По линиям электропередачи, питающим Нью-Йорк, молнии били безжалостно [1, стр. 174-183], но первым ударам предшествовало приближение грозы, «ночь страха» наступила не внезапно. Операторы не могли не заметить близкой грозы, как не могли не знать, что для грозы наиболее уязвимы линии электропередачи. Казалось бы, отсюда должны были последовать действия, направленные на уменьшение значимости этих линий для электроснабжения города, т.е. на уменьшение передаваемой по ним мощности. Для этого город имел все возможности: обладал большими резервами мощности собственных генераторов. Но их использование было менее выгодным, чем приём мощности извне, и они до аварии не были введены в действие.

Прелюдия тотальной аварии на Востоке Америки от 14 августа 2003 года [1, стр. 183-196] началась в 12:15, далее возникло много разнообразных неприятностей, но решающее отключение ещё одной

линии напряжением 345 кВ, после которого операторы уже не могли ничем помочь, произошло лишь в 16:06. Чуть ли не четыре часа операторы не видели особой угрозы, ошибались, тревожно, но уже малоцензурно переговаривались и бездействовали.

И последний пример – авария в Москве утром 25 мая 2005 года [1, стр. 198-209]. Её тоже трудно считать случайностью. Ведь прелюдия началась вечером 23 мая с многочисленных повреждений на очень важной для города высоковольтной подстанции 500 кВ Чагино и продолжилась полным выходом из строя этой подстанции и наступлением довольно жаркого утра. Возникло нетипичное распределение потоков мощности по электрической сети, опасное для города. Невозможно сомневаться в том, что операторы пытались воспрепятствовать ухудшению положения и что им, конечно, помогали наиболее квалифицированные специалисты энергосистемы. Но все они то ли надеялись, что обойдётся, то ли в спешке не могли договориться, какие меры нужны, какие из них лучше, и – решительных мер не приняли.

Мы не приводим слишком сложных подробностей катастрофы на атомной станции Фукусима 1, но в связи с темой о прелюдиях к авариям здесь все-таки позволим себе одно предположение. Нельзя ли было за время между толчком близкого землетрясения и приходом громадной волны непосредственно к станции успеть остановить реакторы по команде автоматического датчика землетрясения или даже по команде операторов?

Нужно сказать, что в доступных официальных материалах, посвящённых расследованию аварий, как раз предаварийному периоду уделяется очень мало внимания по сравнению с вниманием к аварийному процессу, хотя даже из приведённого выше беглого обзора понятно, что во многих случаях именно в этот период решается, состоится ли авария и, если состоится, то как глубоко разовьётся.

И снова вообразим состояние операторов при уже ненормальном состоянии управляемого объекта. Это нам теперь ясно, что им требовалось решиться на серьёзные предупредительные меры. А они-то вовсе не знали, что случится, надеялись, что беду пронесёт (как бывало неоднократно!), и опасались, что, предприняв нужные действия и тем самым, возможно, избежав аварии, они окажутся беззащитными перед гневом их руководителей. Не исключено, впрочем, что в нетипичных обстоятельствах операторы просто не знали, что делать.

Чтобы оператор не оказался беспомощным, когда он в стрессовом состоянии должен найти экспромтом то верное решение, которое

остановит подступающую аварию, важно иметь в виду старый парадокс людей театра и цирка: *чтобы экспромт хорошо удался, его нужно хорошо отрепетировать.*

Но некоторые избегают экспромтов и на репетиции. Знаменитый режиссёр Ингмар Бергман пишет (И. Бергман, Жестокий мир кино, М. Вагриус, 2006, стр. 139): «Придя на репетицию, я обязан иметь представление о каждом моменте будущего спектакля. Мои указания должны быть ясными, выполнимыми и предпочтительно стимулирующими. Только тот, кто тщательно подготовился, имеет возможность импровизировать».

Следование такому принципу делает не удивительной громадную продуктивность Бергмана как режиссёра кино и театра, а также как сценариста. Чёткая организация рабочего процесса не помешала ему создать замечательные фильмы, вспомним хотя бы три из них: «Фанни и Александр», «Земляничная поляна», «Волшебная флейта».

Наконец, подчеркнём наиболее важное. Во всех типичных угрожающих обстоятельствах оператор должен неукоснительно следовать за хорошо проработанными инструкциями, которые должны быть у него под рукой, на экране информационной системы и, главное, в его памяти. Среди этих обстоятельств и такие, как туман, жара, гроза, гололёд, плохой путь, землетрясение, волна и т.п. Инструкции по наиболее типичным из таких обстоятельств должны быть особенно подробными, а для редких, разнообразие которых безгранично, должны быть разработаны для оператора рекомендации общего характера, определяющие направление необходимых действий. Вне обстоятельств, охваченных этими инструкциями и рекомендациями, а также конкретно действуя по общим рекомендациям, оператор обязан действовать самостоятельно в соответствии со своей квалификацией, признанной при допуске его к работе.

Все это хорошо работает при соблюдении ещё одного важнейшего условия – признания особенности работы оператора в стрессовой ситуации: его действия, не противоречащие имеющимся в его распоряжении инструкциям и рекомендациям, вне зависимости от исхода дела не могут явиться причиной преследования. Анализ действий – да, критика – да, совершенствование принятия решений – очень да, преследование – нет.