

## Глава 2

### *Четыре локальные аварии*

Нам не дано предугадать,  
Когда, и что, и где взорвется,  
И ничего не остается,  
Как только ждать, когда опять,  
Не дай Бог, что-нибудь взорвется,  
И сил уже не остается  
Себя надеждой утруждать.

*И. Иртеньев, 2010*

Сведения об аварии обычно неполны и иногда недостоверны, и это затрудняет суждение об истинном ходе аварии, не говоря уж о ее причинах. Действующие в аварии лица часто испытывают психологическую потребность в самооправдании и на этом пути непреднамеренно искажают факты, но встречается и ложь, продиктованная страхом наказания. У лица, ответственного за создание или использование аварийного объекта, может возникнуть желание обвинить в аварии кого-то другого или требующая большей фантазии склонность объяснить происшедшее необыкновенными природными условиями, еще не познанными научными явлениями, непреодолимыми обстоятельствами...

А между тем причины аварии при желании объяснимы, в некоторых случаях даже довольно просто, но часто они не лежат на поверхности. Знакомясь с аварией, важно, как всегда, четко отличать повод от причины.

Наглядные примеры такого рода дают описанные в данной главе локальные аварии. Одна из них произошла давно, более ста лет назад, другая – несколько десятилетий назад, а две остальных – сравнительно недавно, но суть дела, как читатель увидит, изменилась мало. Временные дистанции не должны нас смущать, любая техническая система в той или иной мере склонна к аварии, а люди – участники аварии – всё те же.

## **§2.1. Крушение царского поезда в Борках**

### **2.1.1. Знаменитые рассказчики**

Насколько широк спектр обстоятельств, которые могут быть связаны с аварией, и насколько они запутаны хорошо видно на примере известнейшей в России «аварии в Борках».

На перегоне Тарановка-Борки около Харькова 17 октября 1888 года в 13:15 потерпел крушение поезд, в котором после летнего отдыха в Крыму, в Ливадии, возвращался в Петербург император Александр III с семьей. Убито 19 человек, 14 ранено, из них 6 умерло от ран. Семья императора с трудом вылезла из под крыши вагона, рухнувшей едва не полностью. Говорили, что ее удерживал лично император, грузный мужчина недюжинной силы.

Эта авария интересна благодаря технологической ясности и, главное, благодаря наличию на редкость разносторонних письменных воспоминаний двух очень известных и уважаемых деятелей.

Сергей Юльевич Витте тогда служил в руководстве Юго-Западными железными дорогами России. После аварии в Борках он возглавил руководство путями сообщения, и вскоре – министерство финансов. В 1903 году Николай II сместил его с этой должности и назначил на декоративную должность председателя комитета министров. Помимо министерской деятельности, он особенно известен двумя серьезнейшими вмешательствами в судьбу страны: после неудачной войны с Японией сумел в 1905 году подписать не слишком унижительный Портсмутский мирный договор и составил царский манифест, обнародование которого 17.10.1905 завершило период самодержавной монархии в России. С этого времени Витте – председатель совета министров, по существу, первый в России премьер-министр. Как сторонник неподходящих для двора существенных реформ он уже в апреле 1906 года ушел в отставку.

В 1912 году он написал редкость содержательные воспоминания о событиях, в которых участвовал. Они многократно издавались, например – трехтомное издание [5]. Умер в 1915 году.

Анатолий Федорович Кони – глубоко образованный юрист, последовательный сторонник судебной реформы в России, особенно известен тем, что под его председательством в 1878 году происходил суд над Верой Засулич, в результате которого приносящие оправдали ее.

Оправдали по моральным соображениям. Она ранила выстрелом из пистолета петербургского градоначальника Ф.Ф. Трепова, ранила из мести за унижение своего товарища, которого по приказу Трепова высекли розгами в присутствии других политзаключенных.

После этого суда Кони был вынужден отказаться от несменяемой (!) должности председателя петербургского окружного суда, и, будучи с 1885 года обер-прокурором уголовно-кассационного департамента Правительствующего Сената, был назначен возглавить расследование аварии в Борках. Он лично и деятельно занимался этим.

Много позднее он написал интереснейшие воспоминания о судебных делах и значительных современниках. Они многократно изданы. Например, в [6] помещен раздел «Крушение царского поезда в 1888 году». Умер в 1927 году.

Эти два деятеля не сошлись во многих оценках аварии. Как это обычно бывает, связанный с владельцами дороги Витте склонен лучше видеть неправильное движение поезда, а представитель пострадавшего в поезде правительства Кони – недостатки строительства и эксплуатации дороги. Сочетание этих двух разных взглядов, каждый из которых излагается человеком, не склонным к легкомысленной потере лица, позволяет лучше понять аварию.

О крушении в Борках рассказано также в беллетризованном виде Кураевым М.Н. – «Две катастрофы», журнал «Нева», июнь 2009. Это крушение автор считает второй катастрофой России, а первой – убийство императора Александра II народолюбцами 01.03.1881.

### **2.1.2. Окружающие обстоятельства**

За два месяца до аварии произошел симптоматичный эпизод. Витте сопровождал царский поезд от Ровно до Фастова. Этот поезд имел вес товарного поезда, но, несмотря на это, его требовали провести со скоростью пассажирского. С этой целью его вели два

тяжелых товарных паровоза. Витте понял опасность ситуации поздно и не решился возразить. Он провел поезд удачно, но вместе с инспектором этих же дорог отправил министру путей сообщения адмиралу К.Н. Посьету рапорт о недопустимости такой быстрой езды на этом участке из-за слишком легких рельсов, шпал и полотна. Министр ответил согласием замедлить езду на этом участке на 3 часа, как просили.

Генерал-адъютант Черевин (как говорили, пьяница, возглавлявший охрану тоже выпивавшего императора), министр Посьет и сам император сетовали на медленную езду: «Я на других дорогах езжу, и никто мне не уменьшает скорость, а на вашей дороге нельзя ехать просто потому, что ваша дорога жидовская» (имелся в виду еврей – председатель правления дороги). Витте пишет, что он ответил Посьету: «...кончится это тем, что Вы таким образом Государю голову сломаете!». Кони высказал сомнение в этих диалогах, основанное на том, что император не упоминал о них, он, мол, никогда не просил ехать быстрее, а лишь просил Посьета ехать ровнее: «Почему мы то летим, как птица, то ползем, как черепаха?» Кони будто не понимает, что такой вопрос царедворец воспринимает как укор и указание.

Дело же в том, что состав шел по разным перегонам, на которых пути находились, естественно, в разном состоянии. Была и специфика момента: владельцы дороги ожидали предстоящей национализации. Планировалось Курско-Харьковско-Азовскую дорогу выкупить у общества, владевшего дорогой, в казну, и поэтому у владельцев не было стимула вкладывать средства в дорогу. Более того, хотелось добиться максимальной прибыльности дороги, что увеличило бы сумму выкупа. Для увеличения прибыли старались сократить расходы.

Так, уклон пути был на 40% больше допустимого, путь был проложен в 1886 году весьма спешно на полотне с легким балластом. Поблизости от места крушения в 1888 году пришлось заменить 8 шпал, но поставили не новые, а уже отслужившие положенный срок в другом месте. Персонал дороги работал в условиях, которые не способствовали качеству ремонта техники и надежному движению поездов. И так далее.

В то время в России происходило беспримерно бурное строительство железных дорог, и это сопровождалось, как теперь выражаются, коррупцией, а тогда говорили проще – воровством. При этом разыгрывались яркие сюжеты. Так, напряженность в деле надзора за состоянием дорог дошла до того, что правительственный инспектор железных дорог Н.А. Кронеберг не решался являться на заседания правления дороги, не имея при себе револьвера. О финансовых и технических безобразиях на дороге он безуспешно докладывал министру Посьету.

Другая сторона дела. Поезд имел 15 вагонов с 64 осями при допустимых 42. Известно, что у него были неисправны тормоза, как автоматический, так и ручные, внутренний телефон действовал плохо, и из-за этого, чтобы связаться с машинистом, нужно было влезть сзади на тендер. Не вполне был исправен первый вагон, превращенный Посьетом ради хобби в некую лабораторию и от того особенно тяжелый.

### **2.1.3. Авария**

В Тарановку поезд пришел с опозданием на полтора часа. Там заведующий технико-инспекторской частью охраны поезда барон Таубе указал управляющему Юго-Западной дорогой Кованько нагнать до Харькова, тот довел это до обер-машинистов обоих паровозов. Те выполнили. Вес поезда вдвое превышал допустимый, и поэтому он соответствовал товарному с допустимой скоростью 20 верст в час (верста – чуть больше километра). Как ни странно, расписание разрешало 37 в/час. В пути Таубе благодарил Кованько и Кронеберга за скорую езду. Кованько советовал машинистам дальше держать меньше 70 в/час, а Кронеберг уверял что, мол, «смело можно». Согласно показаниям самописца скорость к моменту аварии составляла 67 в/час.

Первый тяжелый товарный паровоз сильно раскачивало, он расшатал рельсы и сошел с них. Особенно пострадали первый вагон и следующий за ним вагон-столовая, где в это время как раз находилась царская семья. Вот свидетельство Кони:

«Самую удивительную картину представлял «вагон-столовая». Он был укреплен на тележках (*имеются в виду колесные тележки*). От страшного удара при крушении он соскочил с тележек, и пол его упал на землю, а тележки вследствие удара пошли назад, громоздясь одна на другую и образовав в самых невероятных положениях целую пирамиду. Тем же ударом были выбиты обе поперечные стенки столовой, убившие наповал двух камер-лакеев, стоявших в дверях на противоположных концах вагона. Боковые продольные стенки не вынесли сотрясения и давления тяжелой крыши, они подались, треснули, расселись, и крыша, лишённая опор, стала падать, грозя неминуемо погребсти под собою всю царскую фамилию и всех, находившихся в столовой. Но в то время, когда один конец крыши спустился, рана и ушибая стоявших, другой встретил на своём пути к падению пирамиду тележек и упёрся в неё, не дойдя до земли на  $2\frac{1}{2}$  аршина, образовав с полом треугольное отверстие, из которого и вышли все, обречённые на смерть, изорванные, испачканные, но целые».

#### **2.1.4. Чем закончилось**

В этот период в России завершался период политического террора народовольцев. В связи с этим железнодорожное общество пыталось объяснить аварию покушением на императора. Однако, экспертиза и начальство отвергли это. Говорят, государь отреагировал просто, что, мол, воровать меньше надо. Кони пишет, что в личной беседе так докладывал императору причину аварии: «...*сплошное неисполнение всеми своего долга*».

Попытки привлечь к ответственности высоких лиц оказались сложны по процедуре и были саботированы, чтобы не допустить компрометации государя, назначившего этих лиц (например, главными путями сообщения в стране становились железные дороги, а министром этих путей был адмирал, которого в глазах окружения государя как бы извиняло незнание дела).

Император Александр III был мало образован, он твердо придерживался своего не слишком окультуренного здравого смысла, а также консервативных по-

нятий в духе своего деда Николая I. Витте свидетельствует, что на его слово, в противоположность его сыну, можно было положиться. За 13 лет правления император очень жестко справился с народовольцами и во многом повернул вспять реформы своего отца. Он ни разу не вверг Россию в войну и этим выгодно отличается как от своего отца, так и от своего сына.

Его отец Александр II провел в стране важнейшие социальные реформы, но не решился или не успел преобразовать политический строй, не очень удачно воевал и погиб от террористов, нетерпеливо торопивших реформы. Александр III оставил своему сыну Николаю II страну, упорядоченно благополучную только внешне, а сын дважды очень плохо воевал, при нем отцовский застой дошел до чудовищных катаклизмов, и погиб он ужасно.

Так вот, под грузом обстоятельств Александр III предпочел всех простить, только уволил министра Посьета, а также главного инспектора железных дорог, но все же для вразумления своего народа велел опубликовать описание этой аварии в Правительственном вестнике. Чтобы не волновать публику неприятными подробностями происшествия и упоминанием в связи с ним важных лиц, потребовалось неоднократное выхолащивание описания. Было создано несколько его редакций, каждая из которых лаконичнее предыдущей. В результате этого медлительного саботажа, официальная публикация вообще не состоялась.

А мораль этой истории проста: нужно сначала дорогу строить получше, а потом понимать, что какова дорога, такова и езда.

Предупреждения об опасности лихой езды, которые делал Витте, не остались без внимания: его назначили директором железнодорожного департамента в министерстве финансов, затем он стал министром финансов и т.д., как уже написано выше.

## **§2.2. Гибель «Андреа Дория» от столкновения со «Стокгольм»**

### **2.2.1. О кораблях**

В океане недалеко от Нью-Йорка столкнулись два лайнера: шведский «Стокгольм» врезался в итальянский «Андреа Дория». На первом из судов погибли 5 членов экипажа, находившихся в носовом отсеке, на втором – 46 пассажиров были смяты ударом и захлебнулись в хлынувшей в корпус судна воде. Это произошло

25 июля 1956 года в 23:10, и это была самая серьезная морская катастрофа после гибели Титаника в 1912 году.

Гибель громадных транспортных кораблей от торпед, мин и бомб во время второй мировой войны, может быть, и связана с темой техногенных аварий, но здесь не обсуждается.

Авария явилась причиной серьезной финансовой тяжбы между владельцами судов, страховыми компаниями и пострадавшими, дело слушалось в открытом суде в США, и поэтому подробности, в основном, выяснены и, в назидание потомкам, опубликованы.

Эта авария хорошо описана в переводной книге [7] и на многих сайтах интернета.

«Андреа Дория» – красивое судно, прекрасно оборудованное и богато обставленное, гордость итальянского флота, названное по имени генуэзского адмирала XVI века; 1134 пассажира, 572 человека экипажа, 29100 регистровых тонн (1 р.т. = 2,8 куб.м). Лайнер выполнил первый рейс в 1953 году. На этот раз он шел из Генуи в Нью-Йорк.

При приближении к Нью-Йорку при штиле судно попало в густой туман и сбросило ход с 23 до 21,8 узлов (морской узел составляет около 2 км/час), на нем приняли противотуманные меры – закрыли двери в перегородках и подавали звуковые сигналы.

По правилам же его скорость должна была быть такой, чтобы остановочный путь не превышал 50% длины видимости. Правило сознательно и грубо не соблюдалось в угоду понятной заинтересованности вовремя привести судно в порт назначения, куда планировалось попасть всего через несколько часов.

«Стокгольм» был спущен на воду в 1948 году; комфортабельное грузопассажирское судно, 548 пассажиров, 12200 р.т. Судно шло из Нью-Йорка в Копенгаген и Гётеборг со скоростью 18 узлов, в отличие от «Андреа Дория» находилось еще в зоне хорошей видимости.

Вахту на судне нес один штурман, а не два, как принято на лайнерах. Считали, что один, зато хороший, стоит двух. Но в тот раз, как видно, он не стоил двух, это был третий штурман, по молодости слишком самоуверенный.



### 2.2.2. Как шли к столкновению

Путь к столкновению выглядел приблизительно так, как показано на рисунке 2.1. Штурман «Андреа Дория» увидел на экране локатора некий корабль (позиция 1). Он не прокладывал путь встречных кораблей на планшете (кстати, из-за трудности прокладки этого не делали тогда на многих кораблях), поэтому направление хода встречного корабля в точности было ему неизвестно. Поскольку корабль, а это был «Стокгольм», смотрелся чуть справа по курсу, чтобы разойтись получше, «Андреа Дория» слабо взяла влево (позиция 2).

Кстати, такие действия не соответствуют правилам – встречные суда должны расходиться левыми бортами! Они не соответствуют и тому, что называется «хорошая морская практика», согласно которой, чтобы быть понятым внешним наблюдателем, маневр должен быть достаточно выраженным.

Когда на «Андреа Дория» увидели «Стокгольм» своими глазами, то дополнительно взяли влево, до предела (позиция 3).

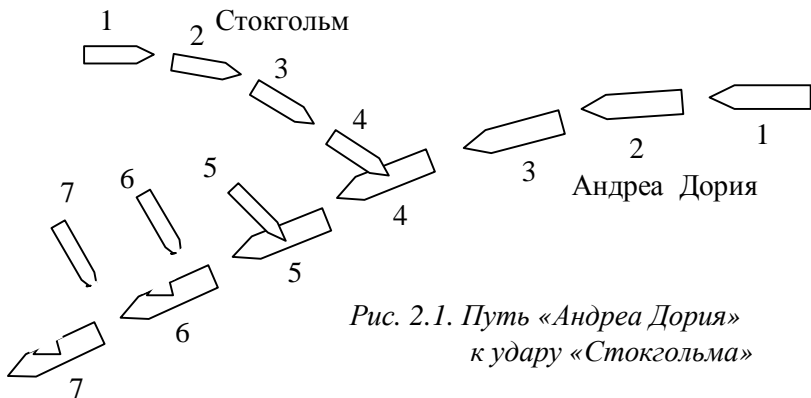


Рис. 2.1. Путь «Андреа Дория» к удару «Стокгольма»

Штурман Стокгольма увидел «Андреа Дория» на экране локатора (прибор, как потом оказалось, чуть ли не втрое преувеличивал расстояние до встречного судна) и, не вполне понимая в чем дело, взял, как полагается, вправо – на 20 градусов (позиция 2). Затем увидел, что „Андреа Дория“ сменил свой курс влево, и взял

вправо дальше, до упора, и дал задний ход (позиция 3). При этом сигнал тревоги не включил, водонепроницаемые двери не закрыл, капитана не вызвал.

Но длинные корабли не могут быстро изменить курс, затормозить быстро они тоже не могут, и судоводители лишь беспомощно наблюдали сближение судов, уже не имея возможности ни на что повлиять. К несчастью, траектории движения лайнеров пересеклись во времени так точно, что «Стокгольм» врезался носом в центр правого борта «Андреа Дория» (позиция 4).

Парадокс: если бы любой из этих двух кораблей двигался чуть иначе: медленнее, быстрее, левее, правее, – они бы не пришли в одно время в одну точку.

Через небольшое время совместного движения (позиция 5), дав задний ход, удалось сильно сплюснутый нос «Стокгольма» вытащить из громадной пробоины (позиция 6), и «Андреа Дория» по инерции прошел вперед, оставив «Стокгольм» значительно позади (позиция 7). Через пробоину в корпус «Андреа Дория» хлынула вода, корабль накренился на правый борт.

На борту возникла паника, из-за крена судна шлюпки левого борта не спускались, часть команды не знала, что делать, многие из команды оказались в шлюпках правого борта раньше пассажиров. (Последнее сильно отличается от поведения команды тонувшего «Титаника».) Люди погибали, в основном, внутри полузалитого водой трюма. Помогли шлюпки, подошедшие от «Стокгольма», да и дело было на оживленной морской трассе, так что подоспела помощь от других судов.

### **2.2.3. Немного о причинах**

Ошибки в судовождении уже упомянуты и они ясны. Но исследование аварии вскрыло и многое другое.

Правила обеспечения непотопляемости морских судов, изданные в Ленинграде в 1962 году, говорят:

«При проектировании каждого нового судна должна разрабатываться и передаваться на судно информация для капитана по непотопляемости, содержащая сведения по расчетным случаям обеспечения непотопляемости, необходимым мероприятиям для

сохранения судна на плаву при аварии, а также предупреждения о таких случаях загрузки и повреждения судна, при которых фактическая непотопляемость не может быть обеспечена».

Имелась ли на „Андреа Дория“ такая документация, неизвестно, однако выяснилось, что очень заслуженный и внешне представительный капитан, который командовал судном, не знал его аварийных характеристик. А оно затонуло вовсе не вдруг, а только чуть ли не через 11 часов, и вовсе не требовалось панического бегства с судна. Плюс к этому на судне аварийные тренировки проходили слишком формально, и команда не знала своих обязанностей во время аварии.

Хотя судно считалось одним из самых безопасных (двойной корпус, 11 отсеков и т.п.), вскрылись и конструктивные недостатки: мала высота переборок, слишком велики бортовые отсеки для топлива ... Относительно этих емкостей: они были пусты к концу рейса и, против правил, не были заполнены забортной водой, что важно для остойчивости судна. Через брешь в борту в правые пустые отсеки вломилась вода, и это при пустых левых создало крен судна на правый борт. Как сообщается, топливные отсеки были оставлены пустыми ради экономии на последующих операциях в порту, где иначе пришлось бы платить за откачку из них грязной воды.

Как видно даже по приведенному скупому описанию, в крушении и гибели людей виноваты многие, кто непосредственно, кто косвенно, кто задолго до крушения, кто во время него, кто больше, кто меньше. Среди них и конструкторы судна, и владельцы, и судоводители, и члены команды. Бросается в глаза, что мелочная экономия, проявленная во время рейса и сыгравшая, видимо, решающую роль в крушении, совершенно не соответствует громадной стоимости шикарного судна.

Во время судебного процесса открылись многие подробности крушения, но не все: не дожидаясь конца процесса, судовладельцы договорились о приемлемом для них решении финансовых проблем.

„Андреа Дория“ лежит на глубине 70÷75 метров, на правом боку, его верхние палубы разрушены. Он притягивает к себе любителей риска и немалых ценностей – дайверов, из которых 15 уже погибли.

## **§2.3. Катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС**

Эта тяжелая авария привела к гибели многих людей и на годы вывела из работы громадную гидроэлектростанцию (ГЭС). Хотя она произошла в механической части всего лишь одного из десяти ее гидроагрегатов турбина-генератор, она охватила всю станцию, и в ней отразилось много типичных проблем в области создания и работы гидроэлектростанции и энергосистемы в целом, а также в стиле расследования аварии.

Об этой аварии высказано и опубликовано много разнообразных соображений, касающихся как технической стороны дела, так и, чаще, вопросов управления электроэнергетикой страны. Для нашей темы наиболее важна техническая сторона, и дальнейшее изложение основано почти исключительно на фактах, приведенных в акте расследования причин аварии [8]; к началу 2013 года он исчез с некоторых сайтов, но имелся, например, на сайте, указанном в [8].

Далее цитаты из акта выделены кавычками.

Справка: в названии ГЭС фигурирует П.С. Непорожний – в течение многих лет министр энергетики СССР.

В акте указано, что в комиссию входили 27 человек из различных служб экологического, технологического и атомного надзора, охраны труда, социального страхования, из профкома, из организации «РусГидро», объединяющей крупные гидроэлектростанции страны. Очевидно, что к работе комиссии привлекались также специалисты разных профилей, но они не названы.

### **2.3.1. Об электростанции и начале аварии**

Первый еще ориентировочный проект этой гидроэлектростанции на реке Енисей (так называемое проектное задание) был разработан в 1965 году, но, вопреки нормальному порядку действий, ее строительство началось раньше, в 1963 году, в связи с чем с самого начала возникли недоразумения и неустраняемые недостатки в строительной части сооружения.

Такая ситуация не удивительна: большая и влиятельная строительная организация освободилась от сооружения предыдущего объекта (вероятно, этим объектом была ГЭС мощностью 4500 МВт, которая расположена ниже по течению Енисея, перед городом Красноярском), и, чтобы не увольнять работников, ее потребовалось чем-то занять. Для этого строителей перебазировали на место намеченного сооружения новой ГЭС, и бульдозеры пошли в ход.

Первым введен в эксплуатацию агрегат №1 станции – в конце 1978 года, последним агрегат №10 – в конце 1985 года.

Некоторые параметры станции:

- 10 гидроагрегатов с синхронными гидрогенераторами номинальной мощностью по 640 МВт и с гидротурбинами, имеющими диаметр рабочего колеса 6,77 м (изготовитель турбин «Ленинградский металлический завод» – ЛМЗ);
- мощность станции 6400 МВт, но по внешним причинам, электротехническим и гидравлическим, выдача мощности ограничена уровнем 4000 МВт;
- по данным ЛМЗ срок эксплуатации гидротурбин – 30 лет;
- пропускная способность одной турбины 340÷360 куб.м/с воды;
- напор воды на лопасти турбины зависит от наполненности водохранилища (от уровня в верхнем бьефе); расчетный напор 194 м;
- ГЭС считалась пригодной регулировать мощность, генерируемую в энергообъединении Сибири (там основная регулирующая станция – ранее построенная Братская ГЭС с гидроагрегатами по 225 МВт).

После ввода в работу последнего агрегата станция еще 15 лет считалась строящимся объектом. Ее формальный переход к нормальной эксплуатации, вводящий ее хозяйственную деятельность в нормальный порядок и дающей некоторые преимущества ее персоналу, был осуществлен в 2000 году приказом по РАО «ЕЭС России» (акционерное общество, выполнявшее тогда функции, близкие к функциям министерства электроэнергетики).

Этот приказ утвердил результаты работы очень престижной комиссии из 38 лиц, состоящих в ней фактически или дистанционно, большинство – высокого положения (академики, директора и т.д.), но в ее работе участвовали и некоторые специалисты. Комиссия сочла, что «гидротурбины, гидрогенераторы являются головными агрегатами и находятся на уровне лучших мировых образцов, а по некоторым электромеханическим параметрам превосходят их».

Комиссия упомянула, как обычно, ряд подлежащих устранению в будущем недостатков и недоделок, возникших еще во вре-

мя строительства станции. Часть из них была, впрочем, очень существенна.

В целом, в деятельности комиссии и в выпуске этого приказа о приемке в эксплуатацию трудно усмотреть противоречие традициям, выработанным в СССР. Однако, по этому поводу после аварии было высказано много критических соображений. Они касались более всего новой организации электроэнергетики в России и, к сожалению, в гораздо меньшей мере – сути аварии и последующего ее расследования.

Авария станции началась с крушения одного из ее агрегатов, по станционной нумерации агрегата №2. Он был введен в эксплуатацию 05.11.1979, и к моменту аварии отведенный ему срок службы почти вышел. Агрегат прошел капитальный ремонт в 2006 году и всего за полгода до крушения, 16.03.2009, вышел из так называемого среднего ремонта. Он продолжался два месяца, в течение которых, как сообщается, потребовалось выполнить большой объем работ по турбине, генератору и их системам управления.

17 августа 2009 года в 08:12 произошел срыв верхней крышки турбины, это открыло воде путь из корпуса турбины, в котором вода вращает лопасти, в общий для всех агрегатов машинный зал. Отбросив крышку и заодно выдернув вверх вращающуюся часть агрегата, поток воды ворвался в машинный зал и из него – в соседние помещения. Вода сокрушила строительные конструкции зала, повредила оборудование, в частности, залила электрические аппараты и тем самым привела в негодность изоляцию многих из них.

Все механизмы станции лишились электроснабжения, и из-за этого автоматическое или хотя бы автоматизированное прекращение поступления воды стало невозможным. Позже его прекратил персонал, опустив вручную затворы, расположенные наверху, на гребне плотины.

В результате удара воды и наводнения погибли 75 человек (они поименованы в акте) и пострадали еще 13 человек из числа оперативного персонала станции и ремонтного персонала, находившегося в это время в машинном зале и в связанных с залом помещениях.

### 2.3.2. Протекание аварии

С 8:00 оперативное управление станцией осуществляла многочисленная вахта – 14 человек. Помимо операторов на различных уровнях станционных сооружений находился ремонтный персонал: 1 человек – на крыше машинного зала (отметка 354 м.), 52 человека – на полу машинного зала (отметка 327 м.), 41 человек – ниже машинного зала (отметка 320 м.), 22 человека – еще ниже (отметка 315 м.). Из акта не ясно, на какой отметке был перед аварией уровень воды в нижнем бьефе станции, но, скорее всего, часть людей находилась ниже этого уровня.

Во время снижения мощности турбина №2 вошла в зону мощности, неблагоприятную в отношении вибрации агрегата, что в 08:12 вызвало обрыв шпилек, которыми крепится горизонтальная верхняя крышка турбины к ее корпусу. Под давлением воды, поступающей в гидроагрегат по напорному водоводу из верхнего бьефа (под напором 212 м!), ротор гидроагрегата вместе с крышкой турбины взлетел вверх. Из открывшегося широкого жерла вода хлынула в машинный зал.

Один из монтажников рассказал: «... в 8 часов 00 минут он находился на крыше монтажной площадки машинного зала для проведения работ по монтажу вентиляции. Получил разрядку от бригадира. В этот момент началась легкая вибрация крыши машинного зала. Поначалу не придавал этому значения. Затем вибрация усилилась, переросла в грохот. Затем огромный всплеск воды в сторону трансформаторов из помещения машинного зала, сопровождавшийся скрежетом металла и треском короткого замыкания. При усиливающихся всплесках воды и грохота происходило обрушение кровли машинного зала в районе 1-3 агрегатов».

На центральном пульте управления ГЭС (ЦПУ) «сработала светозвуковая сигнализация, пропали оперативная связь, электропитание освещения, автоматики, сигнализации, защит и приборов. Через окно ... персонал зафиксировал, что из здания машинного зала идет поток воды, несколько пролетов здания разрушено».

«При отсутствии связи с 8 часов 13 минут ... никакие команды персоналу станции никто не отдавал. Со слов персонала, все попытки связи по сотовому телефону были безуспешными».

Однако, в 8:30 или в 8:35 с помощью сотового телефона передано распоряжение вверх на гребень плотины на сброс аварийно-ремонтных затворов, перекрывающих поступление воды из верхнего бьефа в напорные водоводы турбин. Пять сотрудников ГЭС не позднее 09:30 вручную закрыли затворы.

В 11:32 подали электроснабжение от дизельной электростанции к козловому крану, расположенному на гребне плотины, и в 11:50 начали открывать затворы водосбросных отверстий, имеющих в теле плотины, чтобы осуществить отток воды из водохранилища и, что еще важнее, необходимый попуск воды вниз по Енисею.

### **2.3.3. Причины аварии – на поверхности и глубже**

*Наглядная причина аварии – дефекты шпилек и нехватка гаек*

На шпильках (длина шпильки 245 мм), которыми крышка турбины прикреплена к ее корпусу, были «обнаружены многочисленные дефекты в виде усталостных трещин на поверхности резьбовых канавок шпилек. Обнаруженные трещиноподобные дефекты характеризуются как недопустимые, поскольку являются очагами развития разрушения шпилек, снижают прочность и несущую способность этих деталей, а также, конструкции разъемного соединения в целом».

Разрушилась 41 шпилька при площади усталостного излома, составляющей в среднем 65% площади сечения. Две шпильки разрушились без признаков усталостного разрушения.

Итак, непосредственная причина аварии – разрыв шпилек крышки турбины.

Кроме того, на удивление спокойно в акте констатируется, что еще на шести шпильках вообще не обнаружены ни гайки ни следы их срыва. Это значит, что к моменту аварии гайки на этих шпильках вообще отсутствовали!



Все это говорит о резко ослабленном креплении крышки турбины, что вызвано беспорядком в проведении и приемке монтажных работ по закреплению крышки и тем, что ни прочность шпилек, ни просто наличие на них гаек не контролировались.

Чтобы понять суть дела, важно было бы знать, являлось ли состояние шпилек и гаек на агрегате №2 чем-то особенным, но это не известно, так как в акте нет никаких данных о состоянии шпилек на остальных турбинах станции. Интересовались ли этим составители акта?

*Более глубокая причина – дефект шпилек вызвала вибрация турбины*

Как надлом, так и срыв ослабленных шпилек акт связывает с вибрацией агрегата во время его работы в не рекомендованных диапазонах мощности: «Одним из факторов, способствующих развитию дефекта в шпильках крепления крышки турбины на ГА-2, является значительное количество переходных режимов работы гидроагрегата в не рекомендуемых для эксплуатации зонах с повышенными динамическими характеристиками (вибрациями), в зависимости от мощности при участии гидроэлектростанции (и гидроагрегатов) в системном регулировании ... мощности и частоты.»

Автоматический контроль вибрации был установлен на гидроагрегате, но не был введен в эксплуатацию. Испытания, проведенные в конце среднего ремонта, показали, что «размах горизонтальной вибрации корпуса турбинного подшипника ... был близок к ... значениям, при которых длительная работа гидроагрегата не допускается» и что «... агрегат эксплуатировался длительное время при размахе горизонтальной вибрации близкой к предельной ...»

В период с 21.04.2009 по 17.08.2009 вибрация турбинного подшипника гидроагрегата № 2 выросла примерно в 4 раза. «Работа турбины сопровождается сильными гидравлическими ударами в проточной части и значительными шумами».

В связи с последним из акта не ясно, почему, в сущности, аварийный агрегат останавливался путем плавной разгрузки с пере-

ходом мощности через не рекомендованную зону, а не путем сброса наверху аварийно-ремонтного затвора, чтобы радикально перекрыть поступление воды из верхнего бьефа в напорный водовод турбины; в этом случае авария не состоялась бы.

*Еще глубже – причина вибрации в несовершенстве турбины*

Раз срыв крышки турбины вызван поломкой шпилек из-за вибрации (плюс, конечно, отсутствием части гаек!), нужно приоткрыться к причинам вибрации. И для этого придется обратиться ко времени, когда была создана турбина.

Завод ЛМЗ не рекомендует при напоре воды 212 м, бывшем во время аварии, использовать турбину в диапазоне ее мощности от 265 до 570 МВт. Работа в данной опасной зоне сопровождается мощной турбулентностью в потоке воды, пульсациями давления в проточном тракте и повышенной вибрацией гидроагрегата. Рекомендуемые для работы мощности располагаются выше этой зоны. Это значит, что зона, в которой мощность турбины может регулироваться по командам автоматики и оперативного персонала, составляет всего 17% от мощности 690 МВт, максимальной при данном напоре, а от номинальной мощности 640 МВт и того меньше – 11%. Этот регулировочный диапазон даже меньше, чем у многих паровых турбин, а они, в принципе, значительно уступают гидравлическим в этом отношении! Допустима, впрочем, также работа с мощностью ниже 265 МВт, но она вызывает неэкономичный расход воды.

Помимо узости регулировочного диапазона, важным недостатком турбины является то, что опасная зона отделяет регулировочную верхнюю зону от допустимой нижней, поскольку подъем мощности турбины до рекомендуемой зоны мощностей и ее обратная разгрузка обязательно происходит через опасную зону. Ограничения же длительности и частоты прохождения через эту зону заводом не установлены.

Пытаясь понять удивительную особенность турбин этой ГЭС, нужно вернуться в 1960-е годы. Данная ГЭС была задумана как самая крупная в мире, и ее гидроагрегат – тоже как самый крупный. Создать такой агрегат – задача очень сложная, ведь нужно

обеспечить его нормальную работу в широком диапазоне мощностей, при разных напорах воды и, следовательно, при разных количествах воды, спускаемой на лопасти турбины. Проблема борьбы с мощной турбулентностью воды и с вибрацией таких махин, как эта турбина, – задача не только сложная, но и тонкая, тут, если нет регулярных методов борьбы, немалую роль играет интуиция.

В то время на ЛМЗ работали очень квалифицированные специалисты, они сконструировали много гидравлических турбин, совсем недавно до того самую крупную турбину для Красноярской ГЭС, которая сооружена на Енисее ниже по течению. Однако, ее номинальная мощность меньше – 500 МВт, а расчетный напор воды много меньше – 93 м. Без сомнения, в выполнение нового задания они вложили все свое умение, но в качестве исследовательского и конструкторского инструмента они имели лишь логарифмическую линейку и, сверх этого, пользовались, наверное, помощью исследовательских институтов, которые отдельные стороны работы турбины изучали на моделирующих установках. Испытания турбины разработчики впервые произвели только на ГЭС и то сначала при незаполненном водохранилище и, следовательно, при очень низком напоре воды. Вероятно, было признано, что кардинально менять что-либо уже поздно, и пришлось объявить о наличии «не рекомендованной» зоны работы.

В результате, складывается впечатление, что в имевшихся тогда условиях создание нормальной хорошо регулируемой турбины оказалось неподъемной задачей. Раз так, раз примирились с тем, что турбина вибрирует, должны были возникнуть вопросы: достаточно ли прочна ее конструкция? не следует ли принять меры против усталостных поломок? Признаемся, из акта ничего об этой стороне дела не известно.

Что содержало техническое задание на разработку турбины и как проходила приемка этой разработки, автору тоже не известно.

В послеаварийном акте цитируется уклончивый фрагмент из акта приемки ГЭС в эксплуатацию (подчеркнуто как в акте): «В первоначальный период эксплуатации Саяно-Шушенской ГЭС были выявлены некоторые конструктивные недостатки отдель-

ных узлов гидротурбин, которые силами специалистов эксплуатации и заводов-изготовителей частично устранены. Работа по повышению надежности отдельных узлов гидроагрегатов продолжается и в настоящее время, в частности, по ликвидации трещин на лопастях рабочих колес турбин».

Затем в послеаварийном акте рекомендуется: «Для СШГЭС разработать гидроагрегат (турбину) с широким регулировочным диапазоном активной мощности с целью обеспечения участия станции в регулировании нагрузки в Единой энергетической системе.» Понятно, что создать более совершенную вращающуюся часть турбины для уже имеющегося корпуса – дело не легкое, не дешевое и не быстрое.

Попутное замечание. Столь большая мощность агрегатов была не под силу не только производителю турбин, но и производителю высоковольтных выключателей (завод «Электроаппарат», Ленинград), через которые генераторы присоединены к повышающим напряжением трансформаторам. Это проявилось уже на Красноярской ГЭС, хотя там применены генераторы меньшей мощности – по 500 МВт. Дело в том, что эти выключатели не способны разорвать большой ток близкого короткого замыкания. Это обстоятельство, наряду с другими, отражено в акте: «...учитывая, что СШ ГЭС подключена к противоаварийному управлению ОДУ Сибири, в цепях генераторов необходимо иметь полноценные генераторные выключатели. Отечественной промышленностью генераторные выключатели с необходимыми для СШ ГЭС параметрами не выпускаются. В 1994 г. Ленгидропроектом по заданию СШ ГЭС был произведен поиск возможных вариантов замены ... на полноценный генераторный выключатель... Было определено, что необходимо установить выключатели ... фирмы АВВ. Стоимость замены ... составляет – 58,8 млн. руб.»

Можно заметить, что не только мощность агрегатов Саяно-Шушенской ГЭС была преувеличена в угоду гигантомании, но и мощность самой ГЭС явно больше той, которую удастся использовать в объединении энергосистем Сибири, суммарная нагрузка которого находится на уровне приблизительно 20 тыс МВт. Во-первых, чтобы принять от ГЭС мощность 6400 МВт, нужно было бы остановить другие электростанции, во-вторых, чтобы довести эту мощность до потребителей, нужно много длинных линий электропередачи и, в-третьих, в этом объединении энергосистем, уже обладающей крупными гидростанциями, такой объем регулируемой мощности (если бы станция была нормально регулируемой!) невозможно использовать. И действительно, используется мощность только до 4000 МВт. Наконец, допустимы ли для хозяйственных и навигационных служб, расположенных ниже по Енисею, столь громадные изменения пускания воды через турбины, которые соответствуют изменению мощности станции на тысячи мегаватт?

*Причина того же уровня – система управления станцией не компенсировала несовершенство турбин*

Следующий вопрос: приняты ли были меры для того, чтобы минимизировать продолжительность работы турбин в опасной зоне вибрации?

Система автоматики, которая управляет изменением мощности ГЭС, должна учитывать, что экономное расходование воды достигается путем одинаковой загрузки работающих турбин (если, конечно, турбины одинаковы). Однако, на распределение между турбинами требуемой от станции мощности может влиять также целый ряд обстоятельств, индивидуально характеризующих турбины. Задача создания такой системы управления совсем не проста. Она дополнительно усложняется, если турбины имеют зоны опасных мощностей, так как возникает необходимость свести к минимуму случаи пусков и остановов агрегатов, случаи перехода через опасную зону, а также продолжительность каждого перехода.

Тем не менее, техническое задание на разработку действующей на станции системы управления ее мощностью (система названа ГРАРМ) игнорировало все указанные осложняющие обстоятельства. В акте указано, что в нем «не были сформулированы критерии, определяющие приоритеты работы гидроагрегата при групповом регулировании мощности, индивидуальное ограничение по мощности и зонам, не рекомендованным к работе, не учитывались особенности режимов работы и конструкции гидроагрегатов. Не были установлены критерии выбора приоритетного агрегата и сроки сохранения приоритета. Алгоритм воздействия ГРАРМ на гидроагрегат в ходе автоматического регулирования мощности и частоты не согласовывался с заводом-изготовителем гидротурбины». Если таково техническое задание, то чего можно ждать от результата разработки? Ведь результат далеко не всегда полностью дотягивает даже до уровня задания.

Итак, пороки технического задания на систему управления станцией и затем явное несовершенство действующего алгоритма управления – первая причина продолжительности вибрации.

*Идея по причинам еще глубже, – зачем гоняли вверх-вниз мощность станции и ее турбин*

В акте сказано, что задания изменять мощность ГЭС с целью регулирования мощности, генерируемой в энергообъединении Сибири, «не учитывали специфику, срок службы и фактическое состояние установленного гидроэнергетического оборудования». Естественно возникает вопрос о цели, которую преследовало интенсивное изменение мощности станции и агрегата.

Аварийная ситуация создалась накануне крушения агрегата, 16.08.2009, когда возник пожар в зале связи Братской ГЭС, регулировавшей до того мощность, генерируемую в энергообъединении Сибири. В результате пожара Братская ГЭС потеряла связь с внешним миром и вместе с тем возможность выполнять эту функцию.

В данном энергообъединении считались пригодными для регулирования генерируемой мощности только три ГЭС: Братская, Усть-Илимская и Саяно-Шушенская (причина отсутствия в этом списке Красноярской ГЭС в акте почему-то не рассматривается). Сразу после пожара на Братской ГЭС оператор энергообъединения указал начальнику дежурной смены Саяно-Шушенской ГЭС взять на себя эту функцию. Это было исполнено: 16.08.2009 в 23:14 агрегат №2 вместе с пятью другими был введен в систему автоматического регулирования частоты и мощности энергообъединения.

С 23:15 этого дня до 08:13 следующего нагрузка агрегата в основном была низкой – до 260 МВт, три раза поднималась до уровня около 600 МВт и находилась там приблизительно по полчаса. С 07:47 по 08:13 она снизилась с 605 МВт до нуля. Изменение мощности привело шесть раз к переходу агрегата через опасную зону (с момента выхода из среднего ремонта агрегат проходил опасную зону 210 раз и находился в ней в общем 42 мин).

Целесообразность всего этого регулирования в акте не обсуждается, указано только, что ГЭС поддерживала передачу мощности 400 МВт из Сибири в Казахстан. Это значит, что регулирование имело две цели.

Первая цель – быстрое приведение мощности, генерируемой в энергообъединении, в соответствие с нагрузкой потребителей Сибири, которые как раз во время аварии, как всегда по утрам, в целом (но не монотонно) увеличивали потребляемую мощность.

Вторая цель – удерживать в допустимых пределах мощность, передаваемую на Запад, а она подвержена резким и частым изменениям из-за того, что изменяется разность между потребляемой и генерируемой мощностью не только в отправном энергообъединении Сибири, но и в приемном энергообъединении.

Упомянутая выше заданная передаваемая мощность определяется как договорными отношениями, так и, еще более непререкаемо, тем, чтобы не допустить перегрузки связи Сибирь – Казахстан и ее аварийного отключения из-за этого.

Вторая цель требует более интенсивного регулирования, чем первая.

Сопоставляя вторую цель и средство ее достижения трудно не обратить внимание на их несоответствие: с одной стороны, незначительная в масштабах энергообъединений цель – сохранение слабой и малозначащей связи Сибирь–Казахстан и, с другой стороны, гигантское не приспособленное для этого средство – Саяно-Шушенская ГЭС.

Итак, вторая причина продолжительной вибрации – станция была принуждена часто изменять мощность.

Любопытно, что в акте содержатся также «Рекомендации по обеспечению безопасности энергосистемы Российской Федерации» и среди них: «Считать целесообразным рассмотреть проект строительства достаточного количества и пропускной способности линий электропередач, соединяющих регионы Урала и Сибири минуя Казахстан». В этом фрагменте сказались воспоминания о линии электропередачи напряжением 1150 кВ Сибирь-Казахстан-Урал, частично построенной в 1980-х годах и работающей, однако, на напряжении 500 кВ.

Конечно, возможность электропередачи большой мощности полезна, полезна она и для того, чтобы улучшить использование высокоомобильных ГЭС Сибири, но какое это имеет отношение к Саяно-Шушенской ГЭС, которая как раз таковой не является? Впрочем, в акте предлагается разработать и установить на этой ГЭС новые более совершенные турбины вместо существующих. Что же касается пожелания, чтобы связь Урала с Сибирью шла минуя Казахстан, то совсем непонятно, почему законам Ома и Кирхгофа мешает Казахстан и какое отношение этот межгосударственный вопрос имеет к данной аварии.

### **2.3.4. Развитие аварии**

Через водовод агрегата №2 в течение приблизительно часа в машинный зал и в связанные с ним помещения била вода в количестве приблизительно 300 куб.м за секунду. Этот час потребовался, во-первых, из-за потери электропитания внутри станции и, во-вторых, из-за отсутствия механизма, закрывающего поступление воды в турбину независимо от электропитания.

В акте указан ряд причин гибели людей: «отсутствие в помещениях с постоянным либо временным расположением персонала, эвакуационных выходов на отметку, не подвергаемую затоплению» и отсутствие «необходимых средств индивидуальной защиты»; «не были предусмотрены, ... мероприятия по экстренному выводу работников из зданий и сооружений ГЭС на безопасные площадки»; «тренировок персонала на случай затопления зданий СШГЭС не проводилось».

В акте рекомендуется впредь «исключить размещение административных, бытовых и ремонтных помещений на отметках ниже уровня нижнего бьефа». Вместе с тем, не обращено внимание на то, что недалеко от аварийного агрегата находилось много людей, не имеющих отношения к его выводу из работы и, возможно, к срочному последующему ремонту (маляры, уборщики).

Авария имела и экологические последствия. В акте указано: «в результате аварии произошел выброс технических масел в машинный зал СШГЭС и реку Енисей в объеме ориентировочно 100 т»; пришлось заниматься этим маслом.

Известно также, что столб воды, хлещущей из здания ГЭС, сильнейшим образом напугал людей возможностью разрушения плотины. Люди понимали, что это затопило бы пристанционный город, и бросились вывозить свои семьи на близко расположенные сопки. К счастью, этой катастрофы не произошло, иначе громадной волной был бы сметен не только этот город.

Повреждение всех десяти гидроагрегатов сделало невозможной пропуск воды через их водоводы и создало опасность недопустимого повышения уровня воды в верхнем бьефе и недопустимого понижения в нижнем бьефе. Пришлось пропускать воду через 11 водосбросных отверстий, предусмотренных в теле плотины на тот случай, если приток воды в водохранилище превысит



ее максимальный расход через турбины. Получилась типичная красивая картинка ГЭС – плотина с мощными фонтанами воды. Однако и отверстия, и ложе нижнего бьефа, на которые падали эти фонтаны, не рассчитаны на длительный пропуск воды всего Енисея. Излишек воды и фонтаны обычны в паводок, а наступила зима, и водяные брызги создали туман и сильнейшее обледенение конструкций. Персоналу пришлось нелегко бороться с этим.

### 2.3.5. Реагирование

В предпоследнем разделе акта «Перечень лиц, несущих ответственность ...» названо 18 руководящих работников ГЭС и вышестоящей организации «РусГидро», каждый из которых согласно тексту не обеспечил исполнение целого ряда приказов, не выполнил ряд организационных мероприятий, по каждому «имеются признаки нарушений» каких-либо законов и правил. Одному из работников дано 19 замечаний. На простой взгляд почти все замечания сформулированы очень неопределенно, и не ясно, какое отношение они имеют к аварии. Например, некто не обеспечил следующего: «Организация системы мониторинга и диагностики технического состояния производственных фондов и активов. Контроль достоверности данных.»

Акт завершается предварительной оценкой экономического ущерба. «Потери, связанные с повреждением основных производственных фондов, по предварительным подсчетам составляют около 7 млрд руб.» Сопутствующие потери оценены приблизительно в 0,5 млрд руб. Эти оценки не учитывают многих затрат. Позднее только замена шести и восстановление четырех агрегатов станции оценивалась в 36 млрд. руб. Восстановление станции планировалось в целом завершить в 2014 году.

Вслед за служебным расследованием, в 2011 году, следственные органы создали обширное обвинение нескольких ответственных работников ГЭС – в сущности, в нарушении техники безопасности. Однако, вероятно, даже далеко не полные данные акта, говорят и о многих иных причинах гибели людей. Иные причины аварии не рассматривались, по-видимому, потому, что

отсутствовали финансовые иски. Из имеющихся материалов не ясно, каким организациям авария нанесла финансовый ущерб, какие фонды охотно дают средства на восстановление станции.

Обилие серьезных аварий в России вызвало раздражение в обществе, которое ярко выразила журналист Ю. Латынина. Перечисляя аварии, она данную аварию характеризует так: «Саяно-Шушенская ГЭС: 75 погибших. Турбина, установленная после ремонта в апреле, была разбалансирована с самого начала. Фактически в машинном зале смонтировали бомбу, и вопрос был не в том, взорвется ли она, а в том, когда». Она негодует на чиновников из ведомства технического надзора: «Давайте упраздним их, а вместо этого резко ужесточим ответственность за катастрофы. Саяно-Шушенская? 25 лет тюрьмы тем, кто поставил несбалансированный агрегат». Простим журналисту, что она в запальчивости призывает вернуться к практике 1930-40-х годов с её энтузиазмом в борьбе с вредителями, но, заметьте, она взывает к возмездию не только прямым виновникам, а стремится обратиться к истокам аварии.

Истоков аварии, как мы видим, много, они давние и коренятся в серьезных аспектах жизни страны и, как частность, – ее электроэнергетики. Данная авария, которая унесла так много жизней, характерна множественностью породивших ее причин. Среди них и противоречие амбициозного замысла имеющимся в то время техническим и организационным возможностям, и несоответствие низкого качества ремонтных и эксплуатационных работ серьезности объекта, и неумение создать адекватную недостаткам турбин систему автоматического управления мощностью ГЭС, и слишком ограниченное понимание как цели, ради которой регулировали мощность ГЭС, так и ее возможностей в отношении автоматического регулирования, и, наконец, не меньшая безответственность тех, кто ведал вибрацией агрегата, шпильками и гайками.

Как много людей игнорировало свой долг или не предвидели, что их деятельность или бездеятельность может привести к катастрофе! И еще: специалисты разных профилей и разных сфер ответственности, видимо, не понимали те ограничения, которые создает соседняя технология, а эти ограничения, тем не менее, необходимо коллегиально учитывать. Не исключено, что эта беспечная безответственность выросла во многом из вынужденной покорности служебным обстоятельствам, постепенно ставшей привычной.

## §2.4. Потеря электропитания университетом

### 2.4.1. Место действия

Приблизительно в 2000 году внезапно прекратилось электропитание крупного английского университета. О причинах и ходе аварии его администрация выпустила короткий бюллетень, который заканчивается обычной вежливой фразой – надеждой на понимание. Действительно, по этому скупому описанию удастся в общих чертах все-таки понять, что произошло. И – удивиться, насколько это небольшое аварийное событие типично.

Об университете известно следующее. Он имеет как учебные, так и крупные исследовательские подразделения, отсюда – компьютерные сети и дорогие чувствительные приборы. Понятно, что для их восстановления и ввода в действие требуется много часов после возобновления электроснабжения, часть информации может оказаться потерянной. На территории имеется госпиталь. Система безопасности университета основана на магнитных карточках и поэтому перестала действовать, ворота и двери были открыты (это дало возможность людям выйти из зданий). Авария случилась днем, и это избавило людей от неприятностей, связанных с отсутствием аварийного освещения.

### 2.4.2. Первая причина аварии

– неправильно настроена релейная защита от КЗ

Согласно бюллетеню, причиной прекращения электроснабжения является замечательная чувствительность недавно установленной новейшей аппаратуры, – чувствительность в обнаружении повреждений в электрической сети. При повреждении в глубине электрической сети университета она отключила всю его сеть.

Как известно, такая аппаратура называется *релейной защитой* от коротких замыканий (КЗ). Понятно, что возникшее КЗ могло почувствовать несколько устройств релейной защиты, но действительно подействовать должно было только то из них, которое защищает именно поврежденный элемент сети; только это уст-

ройство должно было дать команду на отключение высоковольтного выключателя, точнее – именно того выключателя, который снимет напряжение со своего поврежденного элемента.

Вероятно, так бы и произошло, но устройство на головном, самом важном участке сети, почувствовав возникшее КЗ, успело до того, как поврежденный элемент был отключен его собственной защитой, подействовать на отключение своего выключателя. Так действием защиты головного участка было снято напряжение со всей сети университета.

Отсюда ясно следует, что эта защита была настроена неправильно, ее чувствительность не замечательна, а попросту излишня. Можно сказать более точно: ее чувствительность к току КЗ и быстрота, с которой она дала команду на отключение выключателя, излишни, поскольку не согласованы с чувствительностью и быстротой других защит, которые защищают элементы сети, расположенные более глубоко в ней.

Защита подействовала в нарушение одного из основных требований к релейной защите – не избирательно, не селективно. На электротехническом факультете университета о требовании селективности защиты узнают на первых лекциях по автоматизации энергосистем.

Если бы релейная защита головного участка была селективна, был бы отключен только какой-то один элемент сети, может быть, произошла бы потеря части потребителей университета, но не всех его потребителей, не возникла бы общая авария.

В этом сюжете удивляют два момента: место действия – университет, т.е. культурный и технический центр, а также время действия – почти сегодняшнее. В остальном это очень напоминает случаи, о которых автору известно от его друга. После окончания МЭИ он по обязательному «распределению» выпускников института работал в Красноярске – по своей специальности занимался релейной защитой городской тепловой электростанции. Тем временем, чтобы полноправно вступить в МОТ (Международная организация труда), СССР в конце 1950-х годов аннулировал законы о прикреплении работников к производству. (Они были введены в 1939 году в качестве одной из предвоенных мер и, в частности, запрещали людям менять по своему желанию место работы.) Это позволило моему другу, как и многим другим, вернуться домой в Москву. Здесь он не нашел работу по специальности и устроился проверять на московских заводах состояние их электросетей и, в том числе, состояние защиты от КЗ.

Так вот, ему приходилось слышать от главного электрика завода упрек: «Что-то ты в тот раз понаделал мне не то... Раньше чуть какое повреждение – вставал весь завод, все бежали кто с чем ко мне, помоги мол! А теперь? Редко когда какой цех целиком отключается! Нет уж, верни, чтоб эта твоя автоматика четко работала!» Был упрек и от собственного начальника: не надо, мол, проверять завод за неделю, когда для этого отведен месяц, портишь, мол, показатели. Проработав так пару лет, он затем долгие годы занимался разработкой систем телепередачи данных.

### **2.4.3. Вторая причина – не подано резервное питание**

Однако, потеря питания исправима! И тут переходим ко второй части аварии.

Ответственный объект, понятно, не должен питаться по одной линии электропередачи, от одного трансформатора и даже от одной внешней подстанции. Конечно, это удорожает электроснабжение, что для ответственных объектов – естественно. Университет же – объект нерядовой: толпы студентов, их склонность к анархии и панике, клиника, лаборатории, в части из которых (биология) могут идти процессы, не терпящие перерыва электроснабжения и даже опасные при перерыве, лифты и т.п.

Резервный источник, подающий питание через некоторое время после потери основного источника, не вполне спасает такие нагрузки сети, как компьютеры: для многих из них требуется не просто надежное питание, а бесперебойное питание. Сеть, питающая компьютеры, обычно отделена от остальной, обычной сети и по другой причине: последняя полна помех и импульсных перенапряжений и нехороша для компьютеров. Для бесперебойного питания служит аккумуляторная батарея, которая постоянно подзаряжается от основной сети переменного тока и вместе с тем как второй источник постоянно включена на требующую бесперебойного питания часть сети. Подзаряд батареи идет через выпрямитель, а выход от нее на сеть переменного тока – через инвертор.

Поскольку аккумулятор не рассчитывается на долгое использование, через небольшое время должно автоматически (а не вручную!) включиться резервное питание.

И, конечно, для университета было предусмотрено резервное питание от внешней сети. Устройство *автоматического включения резерва* (АВР) выявило исчезновение напряжения и через несколько секунд подало команду на включение того выключателя, который должен был подать *резервное питание*, но он не выполнил команду, как говорится, отказал во включении. В бюллетене важно сказано, что администрация собирается исследовать, почему этот выключатель не включился. А ведь на выявление неисправности выключателя дельному мастеру с монтером требуется меньше времени, чем администрации на сочинение и выпуск этого бюллетеня, – не больше нескольких часов.

Наконец, если второго источника питания от электрической сети нет, то должен был запуститься и взять на себя наиболее ответственную нагрузку дизель-генератор. То, что этого не произошло, – следствие обычного беспорядка: ленятся проводить противоаварийные тренировки, а может быть, как можно понять из текста, таковых (или просто опробований) совсем не проводили.

#### **2.4.4. Эмоции**

Хотя эта авария совсем невелика (электроснабжение отсутствовало всего несколько часов), или, может быть, как раз поэтому в ней очень наглядно отразились типичные причины аварий.

Характерен уровень некомпетентности службы, ведающей электроснабжением, соединенный с уверенностью администрации университета в том, что среди преподавателей и студентов инженерных специальностей не найдется тех, кто усомнится в полноте изложенного и не промолчит.