

## Любит ли бог троицу?

Ю. И. Лобановский

Господь долго терпит, но больно бьет.

А. И. Солженицын

### Краткое содержание

В работе описана и проанализирована информация, свидетельствующая о том, что во время летних натурных испытаний 2012 года новых гидроагрегатов Саяно-Шушенской ГЭС при попытке выхода на максимальную мощность в напорной системе восьмого агрегата началось возбуждение автоколебаний, которое должно было проявиться в виде сильных вибраций и пульсаций его электрической мощности, в связи с чем осенние испытания гидроагрегатов при высоких напорах в конце концов были отменены. Это подтверждает полученный автором 2.5 года назад вывод о том, что новые агрегаты станции на повышенных мощностях обладают более сильной гидроакустической неустойчивостью, чем старые, и любой из них может повторить судьбу второго гидроагрегата, вызвавшего катастрофу 17 августа 2009 года.

*Ключевые слова: инцидент – катастрофа – испытания – Саяно-Шушенская ГЭС – гидроагрегат – турбина – автоколебания – гидроакустический резонанс – индекс устойчивости*

При вводе гидроагрегатов после реконструкции или модернизации на действующей ГЭС в соответствии с ГОСТ 28842-90 [1] следует проводить их натурные испытания. Испытания агрегатов должны проходить до истечения гарантийного срока и «в течение шести месяцев после передачи машины потребителю, если иное не предусмотрено в техническом задании». В соответствии с новым законом о техническом регулировании, с 2011 года все стандарты, не включенные в перечень обязательных, имеют добровольное применение [2], однако указанный выше ГОСТ на 2012 год входит в перечень нормативно-технических документов энергетической отрасли [3]. И в соответствии с этим стандартом натурные испытания новых агрегатов Саяно-Шушенской ГЭС начались в июне 2012 года [4], через полгода после пуска первого нового гидроагрегата [5].

Так как характеристики гидроагрегатов зависят от напора, при котором они работают (от разницы уровней воды перед плотиной и за ней), то эти испытания надлежит проводить при нескольких значениях напора, в том числе и при максимальном. Июньские испытания проходили при среднем напоре (близком к номинальному), и осенью после набора воды в водохранилище до наивысших отметок за ними должны были последовать испытания при максимальных напорах. При первом рождении Саяно-Шушенской ГЭС такие испытания гидроагрегатов, стоявших там до катастрофы, были проведены летом 1988 года при напорах вплоть до 215.7 м – сразу же, как только в водохранилище для этого было накоплено достаточное количество воды [6]. Именно во время этих испытаний был фактически потерян десятый гидроагрегат станции, так как испытатели впервые столкнулись с новым для них явлением – возбуждением автоколебаний в напорной системе [7]. То, что через 21 год это явление, вызвавшее катастрофу, было уже забыто – это несколько иная история, которую здесь и сейчас разбирать необходимости нет.

В настоящее время, в самом начале декабря 2012 года, на Саяно-Шушенской ГЭС работают 3 гидроагрегата новой конструкции. К концу 2014 года все 10 агрегатов станции должны стать такими же, как эти 3. По данным Федерального агентства водных ресурсов 2 месяца назад, 1 октября 2012 года, впервые с момента пуска в декабре 2011 года первого из новых гидроагрегатов, уровень воды перед плотиной СШ ГЭС достиг максимальной отметки в этом году – чуть выше 537.5 м [8, 9], которая на 7 м ниже предельного уровня по первоначальному проекту. Таким образом, к концу сентября – началу октября 2012 года настало время натурных испытаний новых гидроагрегатов при максимальном напоре, который к этому моменту оказался равен 213.5 м [9].

Как было указано выше, пять месяцев назад, в конце июня – начале июля 2012 года уже были проведены испытания новых гидроагрегатов станции при напоре около 198 м, близком к номинальному [4]. В заявлении пресс-службы компании РусГидро от 22 июня 2012 года было сказано: «На Саяно-Шушенской ГЭС начались натурные испытания турбин новых гидроагрегатов (№ 1, 7, 8) при расчетном напоре для определения допустимого диапазона их работы. Данные испытания направлены на определение зависимости активной мощности гидроагрегатов от степени открытия направляющего аппарата и максимально допустимого открытия направляющего аппарата, а также на определение режимов устойчивой работы гидроагрегатов». Видимо, нет необходимости разъяснять, что работа гидроагрегата при максимально допустимом открытии направляющего аппарата – это и есть его работа на максимальной мощности. Именно такой режим работы привел к инциденту на десятом агрегате при испытаниях 1988 года,

а самопроизвольный выход второго гидроагрегата на подобный режим в результате бустинга – к Саянской катастрофе августа 2009 года [7].

Далее регулярно, раз в неделю выходили справки о гидрологических режимах работы станции. Через 3 дня после начала испытаний, 25 июня сообщалось: «На сегодняшний день в работе ГА № 3 с мощностью 640 МВт, ГА № 5 с мощностью 640 МВт, ГА № 7 с мощностью 490 МВт» [10]. Третий и пятый агрегаты – это восстановленные после катастрофы старые машины, и они нас сейчас интересуют не слишком сильно, тем более, что работали они в номинальном режиме, который с точки зрения гидроакустической устойчивости является безопасным. Поэтому, при оценке данного сообщения отметим лишь то, что на третий день испытаний из новых машин действовала только одна, седьмая, и на мощности, близкой к нижней границе разрешенного диапазона регулирования, составлявшей на тот момент 480 МВт [4]. Через неделю, 2 июля, было заявлено следующее: «На сегодняшний день в работе ГА № 1 с мощностью 500 МВт, ГА № 3 с мощностью 640 МВт, ГА № 7 с мощностью 500 МВт» [11]. Из этого можно сделать вывод, что испытания продолжались, и на тот момент работали два новых агрегата из трех, первый и седьмой, и снова в окрестности нижней границы рабочей зоны. Спустя еще неделю, 9 июля возобновились стандартные формулировки таких справок: «На сегодняшний день в работе... ГА № 1 и 7 с мощностью, устанавливаемой суточным графиком нагрузки ОДУ Сибири» [12]. Таким образом, в период между 2 и 9 июля натурные испытания новых гидроагрегатов закончились.

За все это время не было практически ни одного сообщения о том, как происходила работа нового восьмого гидроагрегата, который в течение месяца, начиная с 15 июня, находился в режиме «подконтрольной эксплуатации» [13]. Только в видеожурнале о Саяно-Шушенской ГЭС, вышедшем в свет уже в конце июля, ее главный инженер Т. Юсупов сказал о восьмом агрегате буквально следующее: «Завтра испытания агрегата... в течение восьми часов мы должны будем поработать с максимальной мощностью и подтвердить его, как бы сказать, возможности...» [14]. Когда это говорилось – точно неизвестно, но, судя по представленной в видеожурнале визуальной информации, примерно, 5 – 6 июля. Так что испытания восьмого агрегата на максимальную мощность должны были проходить в окрестности 7 июля. Первое определенное упоминание о работе этой машины в справках о гидрологических режимах снова появилось только 6 августа, через месяц после этой даты [15]. Следует также отметить, что никаких публичных сообщений о результатах натурных испытаний нет до сих пор. То есть, испытания завершились, а официальных свидетельств о выходе агрегатов на повышенные мощности так и не появилось. Более того, И. Слива – один из самых осведомленных сотрудников пресс-центра компании РусГидро писал 26 июля в блоге, отвечая на вопрос о работе новых агрегатов: «Насчет разгона выше номинала я ничего не знаю» [14].

Как следует из сообщения в видеожурнале РусГидро от 10 октября 2012 года, в октябре были запланированы испытания новых агрегатов при максимальном напоре [16]. В настоящий момент, 3 декабря 2012 года, уровень воды перед плотиной СШ ГЭС по сравнению с достигнутым максимумом снизился уже на 4.2 м ([17], см. также на желтую линию рис. 1 из источника [18]). Напор на турбинах (вследствие некоторых колебаний уровня воды за плотиной) упал на 4.1 м до 209.4 м, а обещанных испытаний как не было, так и нет.

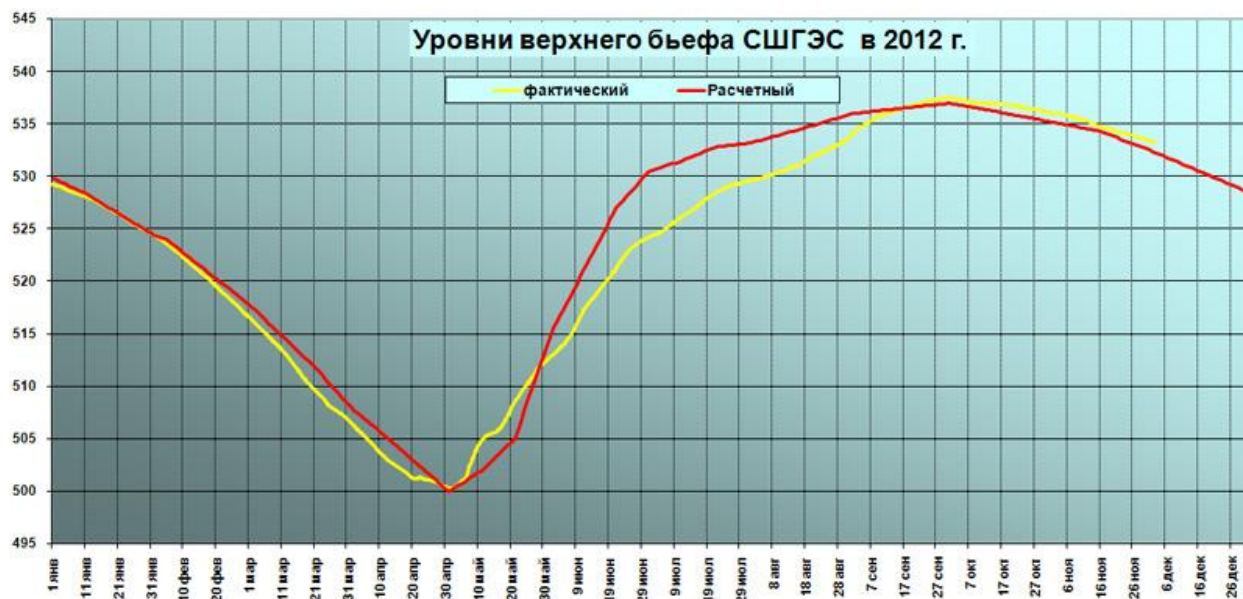


Рис. 1

Таким образом, можно констатировать факт, что, несмотря на требования стандарта (ГОСТ 28842-90), включенного в список обязательных для исполнения, испытания новых агрегатов при максимальном напоре проведены не были, хотя они и анонсировались в конце сентября. Сейчас же напор упал настолько, что такие испытания теперь могут быть не ранее осени следующего года. Вряд ли это можно списать на плановую доставку на станцию последней партии крупногабаритного оборудования [19] или на проблемы, возникшие в середине октября с пуском девятого агрегата [20], так как грузчики, ремонтники и испытатели оборудования – это, все-таки, разные люди, занятые своими специфическими работами, а напоры, близкие к максимальным, держались практически в течение всего октября.

По данным уточненной автором расчетной модели гидроакустической устойчивости величина индекса устойчивости [7] новых агрегатов, характеризующего возможность возбуждения автоколебаний в напорной системе, для окрестности рабочей точки при напоре 198 м составляла 0.25, а при максимальном напоре 213.5 м – 0.12, то есть в 2 раза меньше. А ведь если индекс ниже 0.6, то в напорной системе на соответствующем режиме возбуждаются автоколебания [21]. Несмотря на то, что вследствие отсутствия точных данных значения индекса устойчивости были получены в предположении, что характеристики новых агрегатов СШ ГЭС полностью подобны характеристикам старых, за исключением повышенного коэффициента полезного действия, и, значит, оценки индекса не слишком точны, это является чрезвычайностораживающим обстоятельством. Сообщалось, что уровень вибрации новых агрегатов на умеренных мощностях ниже, чем у старых [14]. Это могло быть связано как с несколько большей эффективностью их работы (меньше энергии остается в потоке для возбуждения и поддержания там колебаний), так и с наличием стабилизирующих поток продольных ребер в отсасывающей трубе. Вполне возможно, что учет этих обстоятельств позволит несколько повысить уровни индексов устойчивости новых агрегатов, однако их базовые расчетные значения слишком низки, чтобы даже в этом случае рассчитывать на возможность не возбуждения автоколебаний на повышенных мощностях этих машин.

Все изложенные факты можно объяснить единственным образом – при попытке вывода восьмого гидроагрегата на «максимальные раскрытия направляющего аппарата», то есть на *максимальную мощность*, в его напорной системе началось возбуждение автоколебаний, которые проявляются как неожиданно резкое нарастающее увеличение вибраций агрегата и сильные колебания его электрической мощности. Экспериментаторы, как и в 1988 и 2010 годах, отслеживали ситуацию и в третий раз успели достаточно быстро снизить расход воды на агрегате и, соответственно, уменьшить его мощность, уйдя из зоны неустойчивости, так как увеличивали расход воды на турбине осторожно, и в этот момент машина оказалась лишь на самом краю опасной зоны. После этого, как можно полагать, попытки выхода на режим повышенной мощности прекратились на всех испытываемых гидроагрегатах, восьмой агрегат был остановлен на осмотр и профилактику, а информация об инциденте – закрыта. Вероятно, видимых последствий из-за этого инцидента для восьмого агрегата обнаружено не было, и через 3 – 4 недели он снова начал работать аналогично двум другим новым агрегатам. При этом, однако, можно вспомнить, что у восстановленного шестого гидроагрегата явные последствия инцидента, произошедшего 15 марта 2010 года – протечки через трещины в опорном фланце – проявились только спустя 1.5 года [7].

Тот, кто считает, что сказанное здесь является безосновательными измышлениями или, хотя бы, преждевременными предупреждениями алармистского характера, опровергаемыми небывалой ранее, до катастрофы, открытостью компании РусГидро к внешнему миру, подтвержденной присвоением ей почти наивысшего рейтинга корпоративной социальной ответственности [22], может ознакомиться с тем, как вела себя пресс-служба компании год назад, в то время, когда стали проявляться последствия предыдущего (третьего по счету) инцидента с краткосрочным возбуждением автоколебаний в напорной системе восстановленного шестого гидроагрегата СШ ГЭС (см. [7]). Опираясь на этот опыт, стоит помнить афоризм Козьмы Прутковка: «Единойжды солгавший, кто тебе поверит?» Кроме того, надо понимать, что для компании РусГидро этот инцидент с новым восьмым гидроагрегатом, увериться в реальность которого заставляют приведенные выше факты, гораздо опаснее предыдущего инцидента с восстановленным шестым агрегатом. Та машина, так или иначе, еще через полтора года была бы все равно заменена на новую, а на что заменить теперь новый восьмой агрегат, а также 9 точно таких как он, в том числе и 7 уже доставленных на станцию, но еще не введенных в эксплуатацию? Поэтому, если представители компании РусГидро лгали в менее острой для них ситуации, то почему бы им не сделать это снова в ситуации для них критической? Тем более что совсем свежий пример «открытости» был продемонстрирован недавно – в середине октября 2012 года по сравнительно мелкому инциденту со сгоревшим подпятником девятого агрегата, первый раз запущенного на холостой ход [20].

Все эти 10 новых гидроагрегатов сами по себе действительно хороши из-за своей эффективности и насыщенности различными системами контроля. Однако, – вот такой парадокс возник вследствие подхода к проектированию единой системы как к механическому объединению ее элементов без учета перекрестных связей, имеющихся между ними, – именно из-за своей большей эффективности новые агрегаты Саяно-

Шушенской ГЭС оказываются в зоне повышенных мощностей еще более неустойчивыми, чем старые [7]. И об этом руководству компании было доложено почти 2.5 года назад автором данной заметки. А еще через 2 месяца теория, на основе которой были сделаны эти выводы, была поддержана более чем авторитетной организацией – Российским научным центром «Курчатовский институт» [23]. Но руководство компании РусГидро по ведомым только ему причинам не прислушалось к этим предупреждениям, и в итоге сейчас оказалось в ситуации, когда хороших решений уже не существует, так как волос, на котором над Саяно-Шушенской ГЭС висит дамоклов меч, стал еще тоньше.

И теперь этому руководству, чтобы спасти положение уже не может помочь ничто, даже «покерное лицо», которое оно сейчас пытается держать, так как играет оно не против людей, а против законов природы. И бог, их гарант, хоть, как оказалось, и любит троицу, трижды не дав случиться катастрофе на станции, несмотря на троекратные попытки ее организовать, однако он показал, что и его терпение не беспредельно, допустив, что 17 августа 2009 года катастрофа, все-таки, произошла. Так что можно вполне обоснованно предполагать, что даже он, во всем своем безграничном милосердии, не сможет позволить безнаказанно длить этот бесконечный цирковой номер – езду на десяти одноколесных велосипедах, каждый из которых за несколько секунд способен превратиться в бомбу ничуть не хуже старого второго агрегата.

Более того, как никогда оперативно (в тот же день) отвечая на сообщение Следственного комитета России (СКР) об очередном завершении следствия по делу о Саянской катастрофе [24], пресс-служба компании РусГидро 5 месяцев назад, 27 июня 2012 года, через 5 дней после начала испытаний новых агрегатов, заявила следующее: «Нам известны выводы СКР, сформированные по результатам следствия. В компанию для ознакомления ранее поступали результаты комплексной технической экспертизы (КТЭ)... В ходе изучения КТЭ технические эксперты РусГидро сделали вывод о неоднозначном характере факторов, определенных в этом документе в качестве причин аварии...» [25]. Из этого заявления, по-видимому, следует, что руководство компании в той или иной степени уже понимает реальное положение дел, но не может или не хочет публично его признать. В статье Википедии, посвященной катастрофе [26], разъясняется, что КТЭ излагает подход к причинам «аварии», который вплоть до этого заявления считался «официальным» и в компании РусГидро. Поэтому эвфемизм «неоднозначный характер факторов» – это признание руководством компании провала линии поведения в течение всего предыдущего времени и, в то же время, попытка набросить флер таинственности на вполне понятное явление [27], за многократное тиражирование которого все-таки кто-то должен будет ответить.

Таким образом, из этого следует, что руководство компании начало фактически отказываться от своей прежней точки зрения на причины Саянской катастрофы, но боится сказать об этом прямо. А после того как новый восьмой гидроагрегат поработал, как говорил главный инженер Саяно-Шушенской ГЭС, «с максимальной мощностью...и, как бы сказать», подтвердил свои «возможности», а также возможности всех остальных новых машин, смертельно опасные испытания новых гидроагрегатов при повышенной мощности на максимальном напоре так и не решились провести. При этом информация о результатах испытаний на меньшем напоре была скрыта. Однако, всем должно быть ясно, что критически важная для безопасности Саяно-Шушенской ГЭС проблема гидроакустической неустойчивости ее новых гидроагрегатов таким методом как «заметанием мусора под ковер» решена быть не может.

#### Ссылки

1. Турбины гидравлические. Методы приемочных испытаний. ГОСТ 28842-90 // <http://www.gosthelp.ru/gost/gost10636.html>
2. Государственный стандарт. Wikipedia // [http://ru.wikipedia.org/wiki/Государственный\\_стандарт](http://ru.wikipedia.org/wiki/Государственный_стандарт)
3. Перечень нормативно-технических документов энергетической области. НП Гидроэнергетика России // <http://www.hydropower.ru/files/regulations.pdf>
4. На Саяно-Шушенской ГЭС начались натурные испытания турбин новых гидроагрегатов при расчетном напоре. РусГидро. Пресс-центр. 22.06.2012 // <http://www.rushydro.ru/press/news/79629.html>
5. Премьер-министр России нажал на кнопку гидроагрегата № 1 Саяно-Шушенской ГЭС. Информационное агентство «Хакасия». 19.12.2011 // <http://www.19rus.info/news/72305.html>
6. В. И. Брызгалов – Из опыта создания и освоения Красноярской и Саяно-Шушенской ГЭС. Производственное издание, 1998 // <http://03-ts.ru/index.php?nma=downloads&fla=stat&idd=826>
7. Ю. И. Лобановский – Угроза избранному. Synerjetics Group. Июль 2012 // <http://www.synerjetics.ru/article/threat.htm>
8. Водохозяйственная обстановка на территории России на 01 октября 2012 г. Федеральное агентство водных ресурсов. 01.10.2012 // <http://voda.mnr.gov.ru/part/?act=more&id=8354&pid=108>
9. Справка о гидрологических режимах Саяно-Шушенской ГЭС с 24 сентября по 1 октября 2012 года. РусГидро. Пресс-центр. 01.10.2012 // <http://www.rushydro.ru/press/news/80836.html>
10. Справка о гидрологических режимах с 18 по 25 июня 2012 года. РусГидро. Пресс-центр. 25.06.2012 // <http://www.rushydro.ru/press/news/79627.html>

11. Справка о гидрологических режимах с 25 июня по 2 июля 2012 года. *РусГидро. Пресс-центр*. 03.07.2012 // <http://www.rushydro.ru/press/news/79751.html>
12. Справка о гидрологических режимах Саяно-Шушенской ГЭС со 2 по 9 июля 2012 года. *РусГидро. Пресс-центр*. 09.07.2012 // <http://www.rushydro.ru/press/news/79817.html>
13. Гидроагрегат № 8 Саяно-Шушенской ГЭС переведен в режим промышленной эксплуатации. *РусГидро. Пресс-центр*. 17.07.2012 // <http://www.rushydro.ru/press/news/80018.html>
14. Видеожурнал СШГЭС от 23 июля 2012. *Rushydro rocks* // <http://rushydro.livejournal.com/277636.html#comments>
15. Справка о гидрологических режимах Саяно-Шушенской ГЭС с 30 июля по 6 августа 2012 года. *РусГидро. Пресс-центр*. 06.08.2012 // <http://www.rushydro.ru/press/news/80324.html>
16. Видеожурнал СШГЭС от 10 октября 2012. *Rushydro rocks* // <http://rushydro.livejournal.com/292201.html#comments>
17. Справка о гидрологических режимах Саяно-Шушенской ГЭС с 26 ноября по 3 декабря 2012 года. *РусГидро. Пресс-центр*. 03.12.2012 // <http://www.sshges.rushydro.ru/hpp/hydrology/hydrorezhim/81472.html>
18. Гидрологические режимы. *РусГидро. Саяно-Шушенский филиал* // <http://www.sshges.rushydro.ru/hpp/hydrology/>
19. На Саяно-Шушенскую ГЭС доставлена последняя партия крупногабаритного оборудования, изготовленного ОАО «Силовые машины». *РусГидро. Пресс-центр*. 08.10.2012 // <http://www.rushydro.ru/press/news/80925.html>
20. На Саяно-Шушенской ГЭС, похоже, неудачно испытали гидроагрегат: подробности покрыты тайной. *Информационное агентство «Хакасия»*. 16.10.2012 // <http://www.19rus.info/news/88262.html>
21. Ю. И. Лобановский – Сопоставление расчетных и натуральных данных в области гидроакустической неустойчивости напорных систем и на переходных режимах. *Synerjetics Group*. Май 2010 // <http://synerjetics.ru/article/comparison.htm>
22. Компании РусГидро присвоен высокий уровень социальной ответственности АА(s). *РусГидро. Пресс-центр*. 18.09.2012 // <http://www.rushydro.ru/press/news/80746.html>
23. Ю. М. Семченков – Предложения Курчатовского центра. Сентябрь 2010, *Synerjetics Group* – Ноябрь 2012 // <http://www.synerjetics.ru/article/kurchatov.htm>
24. Завершены следственные действия по уголовному делу об аварии на Саяно-Шушенской ГЭС. *Следственный комитет Российской Федерации. Главные новости*. 27.06.2012 // <http://sledcom.ru/actual/127503/?print=1>
25. Комментарий пресс-службы ОАО «РусГидро» относительно заявлений Следственного комитета РФ о завершении следственных мероприятий по уголовному делу об аварии на Саяно-Шушенской ГЭС. *Коммерсантъ-Online*. 27.06.2012 // <http://kommersant.ru/doc/1968436>
26. Авария на Саяно-Шушенской ГЭС. *Wikipedia* // [http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Авария\\_на\\_Саяно-Шушенской\\_ГЭС&stable=1](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Авария_на_Саяно-Шушенской_ГЭС&stable=1)
27. Автоколебания напорной системы гидроэлектростанции. *Wikipedia* // [http://ru.wikipedia.org/wiki/Автоколебания\\_напорной\\_системы\\_гидроэлектростанции](http://ru.wikipedia.org/wiki/Автоколебания_напорной_системы_гидроэлектростанции)

Москва,  
03.12.2012

Ю. И. Лобановский