

УДК 627.8.06

## АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗМОЖНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЖИГУЛЕВСКОЙ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

© 2015 Н.Е. Данилина, Л.Н. Горина, Т.Ю. Фрезе, О.С. Мороз

Тольяттинский государственный университет

Поступила в редакцию 18.05.2015

В статье проведен анализ последствий чрезвычайных ситуаций на Жигулевской гидроэлектростанции. Дана техническая характеристика объектов Жигулевской ГЭС. Потенциально опасными объектами ГЭС являются: водосливная плотина, кровля машинного зала, гидроагрегаты, главные трансформаторы, котлы маслонепрерывных установок, опоры и провода систем шин, межсекционные швы. Длительная работа (гидроагрегаты дорабатывают второй срок от нормы) в nereкомендованных зонах нагрузок сопровождается переходными гидродинамическими процессами, пульсациями давления в проточном тракте и повышенной вибрацией гидроагрегата. Даже кратковременные и знакопеременные повышения – понижения нагрузок пагубно влияют на опоры гидроагрегата. Нами был сделан анализ эксплуатации гидроагрегатов ГЭС России с 1903 по 2014 гг. Совместно с Ростехнадзором гг. Тольятти и Сызрани разработаны мероприятия по снижению уровня вибрации гидроагрегатов на Жигулевской ГЭС.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, гидроагрегат, авария, катастрофа, вибрация, турбина, мониторинг

Растущее энергопотребление в Самарской области и прогноз спроса на электрическую энергию до 2021 г. (табл. 1) позволяет сделать вывод о необходимости увеличения мощности источников электроэнергии, повышении их надежности и безопасности. Актуальность нашего исследования обусловлена и последствиями аварии на Саяно-Шушенской гидроэлектростанции (ГЭС) в Российской Федерации 2009 г. Число погибших составило 75 человек, произошло загрязнение воды нефтепродуктами, гибель 400 тонн промышленной форели в рыбодомовых хозяйствах, выход из строя фильтров очистки, приостановка водозабора из Енисея, разрушение и выброс из шахты гидроагрегата № 2, разрушение шахты гидроагрегата, разрушение генераторов гидроагрегатов №7 и №9, отключение от энергоснабжения промышленных предприятий, угольных шахт, разрезов и социальных объектов. В результате проведенного расследования Ростехнадзор непосредственной причиной аварии на Саяно-Шушенской ГЭС назвал разрушение шпилек крепления крышки турбины гидроагрегата, вызванное дополнительными динамическими нагрузками переменного характера, которому предшествовало

образование и развитие усталостных повреждений узлов крепления, что привело к срыву крышки и затоплению машинного зала станции.

Жигулевская ГЭС занимает центральное место и является 6-ой ступенью и второй по мощности ГЭС Волжско-Камского каскада. Она предназначена для покрытия пиковой части нагрузки в Единой энергетической системе РФ. Установленная мощность ГЭС – 2300 МВт, суммарный расход через сооружения при полностью открытых затворах плотины, донных водосбросов и при работе 20 агрегатов – 68000 м<sup>3</sup>/сек. Выработка электроэнергии в средний по водности год составляет около 10 млрд. кВт/ч. В состав основных сооружений ГЭС входят: здание гидроэлектростанции, водосливная плотина, земляная плотина, судоходные сооружения, открытые распределительные устройства напряжением 500, 220 и 110кВ от которых отходят 17 линий электропередач, связывающих ГЭС с энергообъектами Центра, Урала и Средней Волги. Через сооружения гидроузла проходят 2-х путная железнодорожная электрифицированная магистраль с пропускной способностью 26 пар поездов в сутки и автомобильная трасса М5 с нагрузкой 1200 единиц автотранспорта в час, коммуникации связи.

Здание ГЭС имеет длину 730 метров, ширину 100 метров, высоту 81 метр, совмещено с донными водосбросами, подводная часть здания гидроэлектростанции из монолитного железобетона с усилением специальной фортификационной арматурой, машинный зал и щитовое отделение верхнего бьефа закрытого типа с

Данилина Наталья Евгеньевна, кандидат педагогических наук, доцент. E-mail: Danilina@tltsu.ru

Горина Лариса Николаевна, доктор педагогических наук, профессор. E-mail: Gorina@tltsu.ru

Фрезе Татьяна Юрьевна, кандидат экономических наук. E-mail: freze@tltsu.ru

Мороз Олеся Сергеевна, студентка

крышей из железобетонных плит. Машинный зал разделен на 20 секций, 11 межсекционных швов заполнены шпонками. Верхний участок фундаментной плиты здания усилен понуром шириной 33 метра. Со стороны нижнего бьефа

сооружена специальная пристройка, защищающая основание ГЭС, береговые сопряжения усиленные. В здании ГЭС расположены 20 гидротурбин типа ПЛ-587-ВВ-930. Расчетный расход 14000 м<sup>3</sup>/сек.

**Таблица 1.** Динамика потребления электроэнергии Самарской области

Годы	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Электропотребление, млн. кВтч	22641	23722	24662	25393	25792	26536	27577

Потенциально опасными объектами ГЭС являются: водосливная плотина, кровля машинного зала, гидроагрегаты, главные трансформаторы, котлы маслонепорных установок, опоры и провода систем шин, межсекционные швы. Возможными аварийными ситуациями на объектах гидроэлектростанции, развитие которых может привести к чрезвычайной ситуации являются [17,18]:

1) Обрыв проводов воздушных переходов. Причина – чрезвычайные, значительно превышающие расчетные, знакопеременные ветровые и весовые нагрузки на провода (смерч, ураган, сильное обледенение), разрушение гирлянд изоляторов. Следствие – ограничение выдачи мощности, отключение энергосистемы на изолированный режим работы.

2) Падение опор на крыше здания ГЭС. Причина – чрезвычайные, значительно превышающие расчетные, знакопеременные ветровые и весовые нагрузки, разрушение несущих металлоконструкций. Авария влечет за собой отключение трансформаторной группы, могут разрушиться фермы кровли машинного зала, под обломки может попасть персонал, повредится расположенное внизу оборудование, прекратится выдача мощности.

3) Выход из строя воздушных выключателей на открытых распределительных устройствах ОРУ-110, 220, 500 кВ. Причина – грозовые, коммутационные перенапряжения, внешние воздействия (детонация взрывчатых веществ, пожар), выход из строя компрессоров. В результате такой аварии отключается присоединение с поврежденным выключателем, возможно отключение системы сборных шин, прекратится выдача мощности по присоединениям, затронутым аварией. Людские потери исключены. Наиболее худший сценарий возможен при нахождении ОРУ в «ремонтной схеме» с его «погашением».

4) Разрушение главных трансформаторов в результате внутренних повреждений, разрушений

высоковольтных вводов. Возможен пожар, который может распространиться на соседние трансформаторы. Авария влечет за собой отключение трансформаторной группы, изменение баланса распределения и выдачи мощности по присоединениям. Генерирующая мощность ГЭС будет снижена. Потери среди персонала маловероятны. При несвоевременном тушении возможно значительное увеличение площади пожара (растекание горящего масла).

5) Разрушение кабелей управления в кабельных тоннелях. Причина – старение изоляции, снижение сопротивления, внешние воздействия (взрыв, пожар). Следствие – снижение или потеря управляемости гидроэлектростанции.

6) Разрушение облицовки камеры рабочего колеса гидроагрегата. Причина – старение, кавитация, внешние воздействия (взрыв). Следствие – деформация, обрыв лопастей гидротурбины, нарушение уплотнений, возможен выброс в нижний бьеф до 30 тонн турбинного масла, останков гидроагрегата.

7) Пожар в административном здании. Причина – нарушение требований пожарной безопасности, замыкание электропроводки, внешние воздействия, такие, как поджег, подрыв). Эта ситуация является наиболее опасной для персонала ГЭС. Плотность рабочих мест, наличие легковоспламеняющейся аппаратуры, персональных компьютеров, средств связи) применение во внутренней отделке помещений материалов, выделяющих при воздействии высоких температур дымы, ядовитые газы, высотность здания может привести к значительным людским потерям.

8) Поступление воды из межсекционных швов, затопление помещений электроблоков из-за повреждений шахтных и контурных шпонок по причине старения, внешних воздействий. При повышении уровня воды выше отметки 32м, выводится из работы электроблок, трансформаторная группа отключается.

Наиболее вероятные аварийные и чрезвычайные ситуации на объектах и территории вблизи гидроэлектростанции [12-15]:

1) Угроза химического заражения в результате железнодорожной катастрофы или автокатастрофы с участием транспорта, перевозящего агрессивные, химически опасные грузы. Степень угрозы зависит от вида химических опасных веществ, объема вещества, метеоусловий. Наихудший сценарий – при крушении в районе отметки «18 км» железнодорожного состава с жидким хлором с разгерметизацией цистерн. Возможно поражение персонала до 30 человек.

2) Сход и опрокидывание железнодорожного состава с жидкими горюче-смазочными материалами в районе сороудерживающего сооружения и щитового отделения верхнего бьефа. При воспламенении горюче-смазочных материалов может образоваться пожар площадью до 400 м<sup>2</sup>. Потери среди персонала маловероятны, угроза оборудованию ГЭС незначительная.

3) Авария на насосно-фильтровальной станции г. Жигулевска с выбросом хлора в атмосферу. При северном направлении ветра облако накрывает территорию ОРУ-500 кВ. Опасно для находящегося на указанной территории персонала в количестве 80 человек.

4) Авария на химически опасных объектах экономики г. Тольятти. При южном направлении ветра возможно отравление продуктами реакций персонала, находящегося на открытой местности.

5) Авария на атомной электростанции г. Балаково Саратовской области с выбросом в атмосферу радиоактивных веществ. При направлении ветра «север - северо-восток» 15-20 облако радиоактивной пыли накрывает территорию ГЭС.

6) Угроза террористических актов на объектах ГЭС. Из-за значительной площади размещения потенциально опасных объектов, недостаточного уровня охраны объектов ГЭС, и связанных с этим трудностях по обнаружению внешних угроз, ситуация с угрозой террористического или диверсионного акта трудно прогнозируема. Причиненный ущерб оборудованию ГЭС незначителен, возможны потери среди персонала.

7) Землетрясение величиной свыше 6 баллов по шкале Рихтера. При этом возможно разрушение кровли машинного зала, щитового отделения верхнего бьефа, разрушение административных зданий ГЭС, разрушение механического оборудования, разрушение контурных шпонок, поступление воды в электроблоки из межсекционных швов. Возможны значительные потери среди персонала, большой ущерб оборудованию

ГЭС. Катастрофическое разрушение гидротехнического сооружения с затоплением нижнего бьефа маловероятно [7, 8]. Возможны протечки воды через образовавшиеся трещины в здании ГЭС, межсекционные швы, грязеспуск.

8) Переполнение водохранилища при экстремально высоком половодье обеспеченностью 0,01%, расход воды более 82000 м<sup>3</sup>/с) и последующим разрушением плит верхнего откоса ниже уровня верхнего бьефа.

9) Разрушение напорного фронта гидротехнического сооружения. Такая чрезвычайная ситуация может произойти из-за суффозии основания или тела плотины, подмыва сооружений со стороны нижнего бьефа, раскрытия в теле плотины трещин, нерасчетных сейсмических воздействий и воздействия другой природы (взрывов и т.п.)

При прорыве напорного фронта плотины ГЭС расход воды может составить до 100 тыс. м/сек., что вызовет подъем воды в нижнем бьефе до 17 м против нормы и при этом затоплению подвергнутся часть территорий Самарской области (около 2300 км<sup>2</sup>). На затопляемой территории – населения около 200 тыс. человек, более 80 объектов экономики, железнодорожные и автомобильные магистрали регионального значения протяженностью 40 км, около 130 тыс. гектар сельхозугодий. Из зоны 4-х часового добега волны подлежат немедленной эвакуации около 24 тыс. жителей. Ожидаемое время спада уровня катастрофического затопления – 5 суток (до отметки 39 м).

Анализ перечня мероприятий Жигулевской ГЭС по предупреждению и снижению последствий ЧС показал необходимость проведения:

1) Реконструкции ОРУ с заменой оборудования, устройств релейной защиты и автоматики, реконструкцией строительной части ОРУ.

2) Замены маслonaполненных кабельных линий 220 кВ на кабельные линии с изоляцией из сшитого полиэтилена.

3) Замены главных силовых автотрансформаторов 1-8ТГ в количестве 28 фаз.

4) Замены существующих гидротурбинных установок ПЛ-587-В-930-ВВ мощностью 126 МВт на ПЛ-30/587-В-930 мощностью 126 МВт и ПЛ-30/877-В-930 мощностью 145 МВт в общем количестве 17шт.

5) Замены гидромеханического оборудования затворов водосливной плотины в количестве 38 шт.

6) Замены гидромеханического оборудования решеток сороудерживающего сооружения в количестве 39 комплектов.

7) Реконструкции гидрогенераторов ГЭС, а именно:

- полной замены электромеханических устройств релейной защиты гидрогенератор на микропроцессорные всех 20 гидроагрегатов ГЭС;
- полной замены существующих систем возбуждения гидрогенераторов на системы тиристорного самовозбуждения на всех 20 гидроагрегатах ГЭС;
- полной замены существующих воздушных выключателей, разъединителей, трансформаторов главной цепи гидрогенераторов на элегазовые генераторные выключатели и разъединители с автоматизированным приводом на всех 20 гидроагрегатах ГЭС.

8) Полной замены силового оборудования и устройств релейной защиты и автоматики собственных нужд ГЭС на восьми электроблоках здания ГЭС.

9) Реконструкции электроснабжения водосливной плотины с заменой кабельного хозяйства 10 и 0,4кВ, оборудования водосливной плотины.

10) Работы по реконструкции вспомогательного, кранового, компрессорного, насосного, оборудования ГЭС.

Кроме того, запланированы и проводятся следующие мероприятия по предупреждению аварий, катастроф и стихийных бедствий, увеличению степени устойчивости оборудования [4-6]:

1) Покрытие огнезащитной мастикой кабелей 0,4 КВт.

2) Монтаж автоматической системы пожаротушения в наиболее пожароопасных объектах, кабельных тоннелях, полуэтажах.

3) Монтаж системы оповещения о пожаре.

4) Монтаж систем физической защиты.

5) Создание и поддержание на достаточном уровне аварийных, неснижаемых, запасов материально-технических ресурсов.

6) Уточнение документов по устойчивости и безаварийной работы ГЭС, инструкций дежурному персоналу по действиям в экстремальных ситуациях, сигналы и схемы оповещения на случай чрезвычайных ситуаций.

7) Работы по созданию страхового фонда документации.

8) Обучение персонала по защите от ЧС и подготовка к действиям аварийно-технических формирований.

**Цель исследования:** снижение вибрационной нагрузки гидроагрегатов Жигулевской ГЭС как условия обеспечения надёжности, бесперебойности электроснабжения города [1, 2].

Длительная работа (гидроагрегаты дорабатывают второй срок от нормы) в nereкомендованных зонах нагрузок сопровождается переходными гидродинамическими процессами, пульсациями давления в проточном тракте и повышенной вибрацией гидроагрегата. Даже кратковременные и знакопеременные повышения - понижения нагрузок пагубно влияют на опоры гидроагрегата. В результате многократных дополнительных нагрузок переменного характера на гидроагрегат, связанных с переходом через nereкомендованные зоны нагрузок и, как правило, работа с повышенной вибрацией приводит к образованию и развитию усталостных повреждений узлов крепления гидроагрегата, в том числе крышки турбины. Особенно отрицательно динамические нагрузки действуют на шпильки крепления крышки турбины, наиболее нагруженного турбинного подшипника.

В период замены гидротурбины ст. №2 проведена реконструкция гидрогенератора с заменой ротора генератора. После проведения комплексного опробования в течение 72 часов и всех испытаний, в том числе на сброс нагрузки, Ростехнадзором было оформлено разрешение на допуск в эксплуатацию генератора станции № 2. На гидроагрегате станции № 2 филиалом ОАО «Силовые машины» - «ЛМЗ» установлена по проекту ОАО «Институт Гидропроект» новая система виброконтроля, предназначенная для непрерывного контроля вибрационного состояния гидроагрегата с выдачей команд на отключение от группового управления активной мощности в случае предупредительного превышения допустимого уровня вибрации или биения вала от системы вибрационного контроля, и на останов в случае аварийного превышения допустимого уровня вибраций или биения вала. Система вибрационного контроля состоит из датчиков, установленных на гидроагрегате, и программно-технического комплекса подсистемы вибрационного контроля, размещенного в панели и установленного в машинном зале в одном ряду с агрегатными щитами управления гидроагрегата станции № 2. Для непрерывного контроля и повышения надежности количество датчиков вибрации увеличено с 5 до 10 штук. В качестве основного аппаратного средства вибрационного контроля гидроагрегата используется аппаратура VN-3500, производства компании Bently Nevada (США). Подобные системы апробированы на Саяно-Шушенской ГЭС и будут установлены на всех монтируемых новых агрегатах Жигулевской ГЭС. В перспективе, во время плановых капитальных ремонтов, системами ВК

BN-3500 будут оснащены и все остальные гидроагрегаты [9, 10].

Перед началом исследования нами были поставлены **задачи**: изучить нормативно-правовую литературу по электроснабжению и электробезопасности, провести анализ работы

электрооборудования на электростанциях по вибрационной безопасности и обеспечению надёжности электроснабжения, разработать мероприятия по снижению уровня вибрации на турбинах электростанции и обеспечению надёжности электроснабжения.

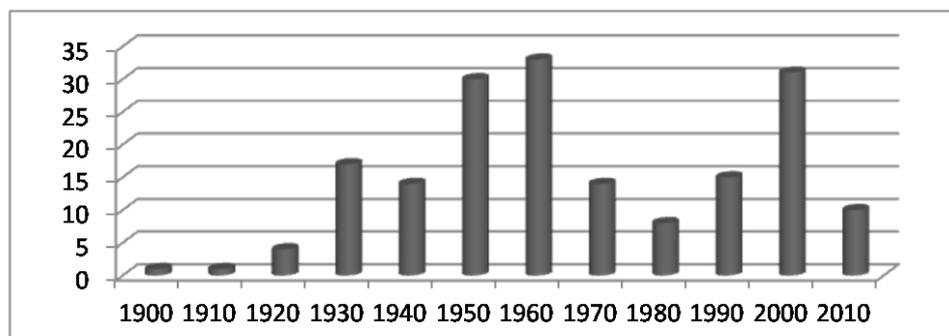


Рис. 1. Анализ динамики строительства и эксплуатации ГЭС в РФ в 1903-2014 гг.

Перед началом исследования нами были поставлены **задачи**: изучить нормативно-правовую литературу по электроснабжению и электробезопасности, провести анализ работы электрооборудования на электростанциях по вибрационной безопасности и обеспечению надёжности электроснабжения, разработать мероприятия по снижению уровня вибрации на турбинах электростанции и обеспечению надёжности электроснабжения.

В ходе исследования нами был сделан анализ эксплуатации гидроагрегатов ГЭС России с 1903 по 2014 гг., в результате которого было выявлено, что срок эксплуатации гидроагрегатов на большинстве гидроэлектростанций в среднем составляет от 40 до 50 лет. Анализ динамики строительства и эксплуатации ГЭС в Российской Федерации с 1903-2014 гг. представ-

лен на рис. 1. Общее количество гидроэлектростанций 178, из них рабочих 102 станции.

В соответствии с нормативными документами не допускается длительная работа гидроагрегата при повышенных уровнях вибрации: размах горизонтальной вибрации, двойная амплитуда, корпуса турбинного подшипника, а также размах горизонтальной вибрации верхней и нижней крестовин генератора, если на них расположены направляющие подшипники, в зависимости от частоты вращения ротора гидроагрегата не должен превышать определенных значений [3], указанных в табл. 2. Размах вертикальной вибрации крышки турбины, опорного конуса или грузонесущей крестовины генератора в зависимости от частоты вибрации не должен превышать значений, в зависимости от частоты вибрации, указанных в табл. 3.

Таблица 2. Допустимое значение вибрации в зависимости от частоты вращения ротора гидроагрегата

Частота вращения ротора гидроагрегата, об./мин.	≤60	150	300	28	600
Допустимое значение вибрации, мм	0,18	0,16	0,12	0,10	0,08

Таблица 3. Допустимое значение вибрации в зависимости от частоты вибрации

Частота вибрации, Гц	≤1	3	6	10	6	≥30
Допустимое значение вибрации, мм	0,18	0,15	0,12	0,08	0,06	0,04

В ходе исследования на основе нормативно-технической документации: СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в

помещениях жилых и общественных зданий», «ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие

требования», МУ №3911-85 Методические указания по проведению измерений и гигиенической оценки производственных вибраций были проведены замеры уровня вибрации на агрегате № 5. Результаты измерений общей вибрации представлены в табл. 4.

В результате произведенных расчетов, сведенных в табл. 5, на основе замеров можно сделать вывод о том, что уровень вибрации не соответствует нормативным значениям, представленным в СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий», ПТЭСС[11].

**Таблица 4.** Результаты измерений общей вибрации

Место проведения измерений	Длительность воздействия вибрации в течение рабочей смены	Вид вибрации	Направление (X, Y, Z)	Уровни звукового давления в дБ и октавных полосах со средне-геометрическими частотами, Гц						Уровень звука в дБА	Допустимое значение по норме, дБА
				2	4	8	16	31,5	63		
машзал ГЭС	12 часов	технологическая	X	106,1	105,4	112,1	111,8	103,2	101,6	116,1	100
			Y	106,2	105,1	111,8	110,5	102,4	101,2	116,8	100
			Z	105,4	104,9	110,9	111,4	102,9	101,6	116,0	100

**Таблица 5.** Результаты расчетов

Частота вибрации, Гц	≤1	3	6	10	16	≥30
X	106,1	105,4	112,1	111,8	103,2	101,6
Y	106,2	105,1	111,8	110,6	102,4	101,2
Z	105,4	104,9	110,9	111,4	102,9	101,6
Выше допустимого размаха вибрации крышки турбины, на мм	0,02	0,015	0,005	0,001	0,0012	0,004

По данным Федеральной Службы по экологическому, технологическому и атомному надзору срок эксплуатации гидроагрегатов ГЭС превышен в среднем на 25-27 лет. На 80% гидроэлектростанций РФ зафиксировано несоответствие параметров вибрации гидроагрегатов нормативным значениям.

Нами совместно с Ростехнадзором г. Тольятти и Сызрани разработаны мероприятия по снижению уровня вибрации гидроагрегатов на Жигулевской ГЭС: необходима замена 4-х гидротурбин (на шестилопастные с увеличением единичной мощности гидротурбин до 120 МВт) и трех (на пятилопастные с увеличением единичной мощности гидротурбин до 125,5 МВт), приобретение переносного виброизмерительного прибора МІС-200 со специальными датчиками (для контроля работы штатных датчиков замеров вибрации опор гидроагрегатов),

так же необходимо установить систему сигнализации на появление звуковых и световых сигналов на щите управления при превышении параметров вибрации гидроагрегатов свыше 0,16 мм. Нами рассчитано, что после реконструкции всех гидроагрегатов установленная мощность станции вырастет на 147 МВт.

Система мониторинга и эксплуатационного контроля параметров вибрации позволит предотвратить аварии, подобные техногенной катастрофе на Саяно-Шушенской ГЭС.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. *Слесарев, Д.Ю.* Оценка риска и теория принятия решений : учеб. пособие. – Тольятти : ТГУ, 2012. 82 с.
2. *Белов, С.В.* Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: (техносферная безопасность) : учебник. – М.: Юрайт, 2010. 671 с.

3. Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. – М.: МИСиС, 2009. 147 с.
4. Переездчиков И.В. Анализ опасностей промышленных систем человек-машина-среда и основы защиты : учеб. пособие. – М.: КНОРУС, 2011. 784 с.
5. Михайлов, Л.А. Безопасность жизнедеятельности: учеб. для вузов / Л. А. Михайлов и др. ; под ред. Л.А. Михайлова. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2009. 460 с.
6. Инновационные проекты по экологической и промышленной безопасности: IV Молодежный форум: (Тольятти, 3-5 апр. 2013 г.): сб. трудов студентов, аспирантов и молод. ученых / под общ. ред. Л.Н. Гориной. – Тольятти, ТГУ. 2013. 162 с.
7. Свод правил пожарной безопасности: (СП 1.13130.2009 - СП 13.13130.2009). – М.: Проспект, 2010. 655 с.
8. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федерал. закон № 384-ФЗ: принят Гос. Думой 23.12. 2009 г., одобрен Советом Федерации 25. 12. 2009 г. – М.: Проспект, 2010. 32 с.
9. Матрюков, Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере: прогнозирование последствий: учеб. пособие для вузов – М.: Академия, 2011. 368 с.
10. Приказ Минэнерго РФ от 08.07.2002 № 204 "Об утверждении глав Правил устройства электроустановок" (вместе с "Правилами устройства электроустановок. Издание седьмое. Раздел 1. Общие правила. Главы 1.1, 1.2, 1.7")
11. Приказ Министерства Энергетики РФ от 19 июня 2003 г. № 229 «Об утверждении правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации».
12. Приказ от 13 января 2003 г. № 6 «Об утверждении правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» Утверждены Приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 13.01.2003 № 6 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.
13. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание (утв. Приказом Минэнерго РФ от 09.04.2003 № 150)
14. Приказ Минтруда России от 24.07.2013 № 328н "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок" (Зарегистрировано в Минюсте России 12.12.2013 № 30593).
15. ППиИСЗ – Приказ от 30 июня 2003 г. № 261 «Об утверждении инструкции по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках» Утверждена Приказом Минэнерго России от 30 июня 2003 г. № 261 Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках
16. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».
17. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. «Вибрационная безопасность. Общие требования».
18. МУ №3911-85 Методические указания по проведению измерений и гигиенической оценки производственных вибраций.

## THE ANALYSIS OF CONSEQUENCES OF POSSIBLE EMERGENCY SITUATIONS AT ZHIGULEVSK HYDROELECTRIC POWER STATION

© 2015 N.E. Danilina, L.N. Gorina, T.Yu. Freze, O.S. Moroz

Toglyatti State University

In article the analysis of consequences of emergency situations on Zhigulevsk hydroelectric power station is carried out. The technical characteristics of objects at Zhigulevsk hydroelectric power station is given. Potentially dangerous objects of hydroelectric power station are: overflow dam, roof of the machine hall, hydrounits, main transformers, coppers of oil-pressure units, support and wires of tires systems, intersection seams. Long work (hydrounits finish the second term from norm) in unrecommended zones of loadings is followed by transition hydrodynamic processes, pressure pulsations in a flowing path and the increased vibration of the hydrounit. Even short-term and sign-variable increases – decreases of loadings harmful influence hydrounit support. We made the analysis of operation the hydrounits of hydroelectric power stations of Russia from 1903 to 2014. Together with Rostekhnadzor of of Toglyatti and Syzran actions for decrease in level of vibration of hydrounits on Zhigulevsk hydroelectric power station are developed.

Key words: *hydroelectric power station, hydrounit, failure, accident, vibration, turbine, monitoring*

Natalia Danilina, Candidate of Pedagogy, Associate Professor. E-mail: Danilina@tltstu.ru

Larisa Gorina, Doctor of Pedagogy, Professor. E-mail: Gorina@tltstu.ru

Tatiana Freze, Candidate of Economy. E-mail: freze@tltstu.ru

Olesya Moroz, Student