

УДК 628.5

UDC 628.5

05.00.00 Технические науки

Technical Sciences

**ТИПОВЫЕ СЦЕНАРИИ ВОЗМОЖНЫХ  
АВАРИЙ НА СКЛАДЕ ХИМВОДООЧИСТКИ  
ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

**TYPICAL SCENARIOS OF POSSIBLE  
ACCIDENTS IN THE STOCKROOM  
OF CHEMICAL WATER TREATMENT OF  
THERMAL POWER STATIONS**

Короткова Татьяна Германовна  
д.т.н., профессор, SPIN-код: 3212-7120  
[korotkova1964@mail.ru](mailto:korotkova1964@mail.ru)  
*Кубанский государственный технологический  
университет, г.Краснодар, Россия*

Korotkova Tatyana Germanovna  
Doct.Tech.Sci., professor, SPIN-code: 3212-7120  
[korotkova1964@mail.ru](mailto:korotkova1964@mail.ru)  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

Бушумов Святослав Андреевич  
магистрант 20.04.01 Техносферная безопасность  
[bushumov@list.ru](mailto:bushumov@list.ru)  
*Кубанский государственный технологический  
университет, г.Краснодар, Россия*

Bushumov Svyatoslav Andreevich  
undergraduate of Technosphere safety  
[bushumov@list.ru](mailto:bushumov@list.ru)  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

Ксандопуло Светлана Юрьевна  
д.т.н., профессор, SPIN-код: 3731-6796  
*Кубанский государственный технологический  
университет, г.Краснодар, Россия*

Ksandopulo Svetlana Yurevna  
Doct.Tech.Sci., professor, SPIN-code: 3731-6796  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

Солонникова Наталия Владимировна  
к.т.н., доцент, SPIN-код: 5059-3764  
*Кубанский государственный технологический  
университет, г.Краснодар, Россия*

Solonnikova Nataliya Vladimirovna  
Cand.Tech.Sci., assistant professor,  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

Коблева Мира Мугдиновна  
старший преподаватель, SPIN-код: 9485-5199  
*Майкопский государственный технологический  
университет, г.Майкоп, Россия*

Kobleva Mira Mugdinovna  
Senior Lecturer: SPIN- code: 9485-5199  
*Maikop State Technological University, Maikop,  
Russia*

Исследуемым энергетическим объектом является ПАО «ОГК-2» Новочеркасская ГРЭС, расположенная в п. Донской Ростовской области. Энергообъект входит в перечень объектов топливно-энергетического комплекса, подлежащих категорированию и определен как критически важный. Анализируемым участком является «площадка подсобного хозяйства», включающая склад химических реагентов и площадку химводоочистки, где обращаются опасные вещества: кислота серная техническая и натр едкий технический. Проведен анализ основных причин аварий на ТЭС, произошедших при переработке, хранении и транспортировании опасных веществ, и рассмотрены типовые сценарии возможных аварий на складе химводоочистки теплоэлектростанций

The power plant being investigated is Novocherkassk State District Power Plant located in the settlement of Donskoy, Rostov region. The power object is included in the list of objects of the fuel and energy complex subject to categorization and is defined as critically important. The analyzed site is the "subsidiary farm", which includes a chemical reagent warehouse and a site for chemical water purification, where hazardous substances are treated: sulfuric acid and technical sodium hydroxide. The analysis of the main causes of accidents at thermal power stations occurred during processing, storage and transportation of hazardous substances, and typical scenarios of possible accidents at the chemical water treatment plant of thermal power plants were considered

Ключевые слова: АВАРИИ, ТЕПЛОВЫЕ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, ХИМВОДООЧИСТКА,  
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Keywords: ACCIDENTS, THERMAL POWER  
STATIONS, CHEMICAL WATER TREATMENT,  
ENVIRONMENTAL SAFETY

Doi: 10.21515/1990-4665-131-131

Энергетический комплекс оказывает сильное негативное

воздействие на окружающую среду (атмосферу, гидросферу, литосферу), которое сказывается как в пределах самого объекта, близко расположенной жилой застройки, так и далеко за его окрестностями. Выполнение требований безопасности энергетических предприятий тесно связано с решением проблемы, которая включает в себя анализ оценки и управление риском в течение всего времени существования контролируемого объекта, включая факторы, влияющие на развитие аварийной ситуации.

Энергетическая стратегия России на период до 2030 года утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р. Главной целью Стратегии является создание инновационного и эффективного энергетического сектора страны. Главными стратегическими ориентирами долгосрочной государственной энергетической политики являются: *энергетическая безопасность*; энергетическая эффективность экономики; бюджетная эффективность энергетики и *экологическая безопасность энергетики*.

Согласно Стратегии *энергетическая безопасность* – это состояние защищенности страны, ее граждан, общества, государства и экономики от угроз надежному топливно- и энергообеспечению. Эти угрозы определяются внешними (геополитическими, макроэкономическими, конъюнктурными) факторами, а также состоянием и функционированием энергетического сектора страны.

Данная трактовка, по мнению Гафурова А.Р. [1], затрагивает несколько определяющих аспектов энергетической безопасности. Из нее следует, что для управления состоянием энергетической безопасности необходимо определить современное состояние топливно-энергетического комплекса региона, классифицировать внешние и внутренние угрозы, влияющие на энергобезопасность региона, провести анализ возможных последствий реализации этих угроз и на основе этого анализа разработать меры по их ликвидации и предупреждению.

Для обеспечения *экологической безопасности* функционирования энергетического сектора России в Стратегии предусматривается минимизация негативного влияния добычи, производства, транспортировки и потребления энергоресурсов на окружающую среду и климат.

Экологические последствия аварий на энергообъектах определяются процессами распространения вредных веществ в окружающей среде, их миграцией в воздушной и водной средах, которые приводят к изменению естественных процессов в экосистемах. Подавляющее большинство химических веществ обладает токсичностью. Их воздействие на живые организмы приводит к поражениям различной степени тяжести. Многие химикаты огнеопасны. Паровоздушные смеси, образованные на их основе, способны взрываться. Химические объекты промышленного назначения работают по принципу открытой системы. В них поступают сырье и вспомогательные материалы, а в окружающее пространство уходят отходящие газы, сточные воды и твердые отходы. Все эти технологические составляющие являются в той или иной мере токсичными, их попадание в окружающую среду и нахождение в ней представляют опасность [2].

В настоящей работе исследуемым энергетическим объектом является ПАО «ОГК-2» Новочеркасская ГРЭС, расположенная в п. Донской Ростовской области с установленной электрической мощностью 2229 МВт и тепловой мощностью 60 Гкал/ч [3]. Мониторинг промышленных выбросов в атмосферу Новочеркасской ГРЭС проведен нами в работе [4].

21 июля 2011 г. утвержден Федеральный Закон № 256-ФЗ «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса», который устанавливает организационные и правовые основы в сфере обеспечения безопасности объектов топливно-энергетического комплекса в Российской Федерации, за исключением объектов атомной энергетики, согласно которому «является ли объект топливно-энергетического комплекса

критически важным, и в зависимости от степени потенциальной опасности объекта топливно-энергетического комплекса устанавливаются три категории объектов топливно-энергетического комплекса: 1) объекты высокой категории опасности; 2) объекты средней категории опасности и 3) объекты низкой категории опасности».

Перечень объектов топливно-энергетического комплекса, подлежащих категорированию (паспортизации), расположенных на территории Ростовской области утвержден Губернатором Ростовской области В.Ю. Голубевым 10.11.2014 г., в который входит рассматриваемый энергообъект [5].

Наименование организации (предприятия)	Наименование объекта	Месторасположение	Группа категорируемого объекта
Филиал ОАО «ОГК-2» «Новочеркасская ГРЭС»	Районная электростанция, гидротехническое сооружение, площадка комплекса по хранению нефтепродуктов	мкр. Донской, г. Новочеркасск	Критические важные

Исследуемым участком является «Площадка подсобного хозяйства» филиала ПАО «ОГК-2» Новочеркасская ГРЭС. Основные составляющие в соответствии с [6] представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные составляющие объекта – «Площадка подсобного хозяйства» филиала ПАО «ОГК-2» Новочеркасская ГРЭС

Составляющие исследуемого объекта	Краткая характеристика составляющих объекта		
	назначение	состав	метод производства
Склад химических реагентов	Прием и хранение серной кислоты и раствора едкого натра	Железнодорожная эстакада	Прием, хранение и передача растворов химических реагентов на различные фазы производства
		Насосное отделение	
		Площадка баков хранения химических веществ	

С учетом размещения технологического оборудования, коммуникаций и специфики производства основные составляющие «Площадки подсобного хозяйства» химического цеха можно разделить на два блока:

- блок № 1 – железнодорожная эстакада, предназначенная для приема и выгрузки (слива) химических веществ (серной кислоты, раствора едкого натра), максимальное количество опасных веществ не превышает вместимости одной цистерны (60 т), так как одновременно слив осуществляется только из одной цистерны;

- блок № 2 – открытая площадка № 1 кислотного хозяйства баков хранения химических реагентов, на которой в общем бетонном поддоне (25x15,5 м) расположены: 2 вертикальных бака для приема и хранения серной кислоты, объемом 100 м<sup>3</sup> и 50 м<sup>3</sup>, 3 вертикальных бака приема и хранения щелочи, 2 объемом 100 м<sup>3</sup> и 1 объемом 50 м<sup>3</sup>.

На «Площадке подсобного хозяйства» филиала ПАО «ОГК-2» Новочеркасская ГРЭС обращаются следующие опасные вещества:

1. кислота серная техническая по ГОСТ 2184-2013;
2. натр едкий технический по ГОСТ Р 55064-2012.

Основное технологическое назначение склада химических реагентов и площадки химводоочистки (ХВО) – прием от изготовителей химических веществ (серной кислоты, раствора едкого натра), их хранение и приготовление рабочих растворов. Обращающиеся опасные химические вещества используются с целью: 1) серная кислота – для регенерации Н-катионитовых фильтров на ХВО; 2) раствор едкого натра (щелочь) – в технологическом процессе ХВО для регенерации фильтров обессоливающих установок (анионитных).

Серная кислота и щелочь поступают на Склад химических реагентов в железнодорожных цистернах. Прием и разгрузка химических веществ производится на открытой эстакаде. Прибывшие железнодорожные цистерны с химическими веществами устанавливаются на место слива под соответствующее опускное устройство из стали под разгрузчик с надписью «серная кислота» или «щелочь». Слив осуществляется только из одной цистерны. Из каждой цистерны отбирается проба химического вещества на

анализы соответствия сертификату (соответствие чистоты и концентрации). После производства анализа пробы в соответствии с соответствующей инструкцией осуществляется слив химических веществ в емкости хранения. Кислотное и реagentное хозяйства, в состав которых входят емкости для хранения серной кислоты, являются вспомогательными в процессе обессоливания сырой воды для подпитки паровых котлов электростанции. Емкости кислотного хозяйства вместимостью 50 м<sup>3</sup> и 100 м<sup>3</sup>, реagentного хозяйства вместимостью 15 м<sup>3</sup>, установлены на фундаментах. Все емкости соединены трубопроводами закачки серной кислоты и забора ее из емкости.

Анализ основных причин аварий, произошедших при переработке, хранении и транспортировании опасных веществ, позволил выделить основные группы причин: 1) отказы оборудования (коррозия, механические повреждения, разгерметизация); 2) ошибочные действия персонала, нарушения правил и инструкций; 3) внешние воздействия.

В качестве примера приведем аварию, случившуюся 4 августа 2016 г. на Нижнекамской ТЭЦ [7], в результате которой двое сотрудников теплоэлектростанции получили ожоги серной кислотой. Комиссия пришла к выводу, что были нарушены инструкции по обслуживанию оборудования. При высокой температуре воздуха летом для снижения давления в трубопроводах всасывания полагается не закрывать арматуру на линиях насосов. Этого сделано не было, что при операциях по переключению могло привести к образованию гидравлического удара из-за резкого изменения давления в системе. Наиболее вероятной причиной неконтролируемого выброса серной кислоты послужил гидроудар, вызванный нестандартной прокладкой и нестандартным крепежом фланцевого соединения, отсутствием защитного кожуха на фланцевом соединении. Оказалось, что насос работал без проверки, а допущенные к работам специалисты не были аттестованы в установленном порядке.

Утечка серной кислоты из железнодорожной цистерны произошла вечером 7 марта 2015 г. на станции Тихорецк в Краснодарском крае. Для ликвидации аварии были задействованы 59 человек, 11 единиц техники [8].

В городе Белая Церковь (Киевская область) на теплоэлектростанции (ТЭЦ) в июле 2017 г. произошла авария – разгерметизация одного из резервуаров. В результате вытекло примерно 1 тонна серной кислоты [9].

К возможным причинам и факторам, связанным с отказами оборудования относятся: 1) опасности, связанные с типовыми процессами; 2) физический износ, коррозия, механические повреждения; 3) прекращение подачи электроэнергии; 4) ошибки обслуживающего персонала; 5) внешние воздействия природного и техногенного характера.

Все оборудование, используемое на «Складе химических реагентов» и «Площадке химводоочистки» ПАО «ОГК-2» Новочеркасская ГРЭС относится к гидродинамическим. Это процессы слива и перекачки насосным оборудованием по трубопроводам серной кислоты, раствора едкого натра из железнодорожных цистерн в баки хранения, мерники. Процессы протекают при повышенных давлениях (до 0,3 МПа) в крупногабаритной аппаратуре (с единичными объемами от 4 до 100 м<sup>3</sup>), а также в трубопроводах диаметром до 89 мм и протяженностью до 130 м. Под влиянием внешних факторов, а также трещин и разрывов вследствие остаточных напряжений в материале оборудования и напряжений, возникающих при монтаже и ремонте, гидравлических ударов, превышения давления, вибрации может произойти разгерметизация оборудования и высвобождение больших количеств опасных веществ с образованием проливов больших размеров, при этом основной опасностью является химический ожог при непосредственном контакте обслуживающего персонала с обращающимися веществами.

Опасности, связанные с физическим износом и коррозией, объясняются тем, что серная кислота обладает коррозионной активностью.

Это снижает срок службы оборудования и может привести к аварийной разгерметизации и выбросу опасного вещества в окружающую среду. Коррозионное разрушение чаще всего имеет локальный характер и не приводит к серьезным последствиям, однако промедление с его локализацией может привести к дальнейшему развитию аварии. Однако полное прекращение подачи энергоресурсов не приведет к повышению опасности, так как Новочеркасская ГРЭС сама является поставщиком электрической и тепловой энергии.

Опасности, связанные с ошибками обслуживающего персонала (особенно при пуске и остановке оборудования, ведении ремонтно-профилактических работ) могут привести к: разгерметизации насосного и трубопроводного оборудования вследствие превышения рабочего давления; авариям с железнодорожной цистерной на эстакаде; несвоевременности отключения насосного оборудования и переливу опасных веществ из емкостей.

К внешним воздействиям природного и техногенного характера можно отнести: смерч, ураган, снежные заносы, резкое снижение температуры воздуха, попадание в зону действия поражающих факторов аварий, происшедших на соседних объектах, специально спланированная диверсия. Все перечисленные факторы могут привести к разгерметизации оборудования и трубопроводов и явиться причиной возникновения аварийной ситуации.

В связи с тем, что серная кислота и раствор едкого натра являются труднолетучими жидкостями, имеют очень низкую упругость паров (при тех условиях, в которых они обращаются), то для оборудования, в котором обращаются эти опасные химические вещества, характерна следующая группа сценариев:

Группа сценариев  $C_1$ : частичное разрушение оборудования → истечение жидкости → образование пролива → попадание персонала



предприятия в пределы пролива → химическое поражение (ожог) людей.

Группа сценариев С<sub>2</sub>: полное разрушение оборудования → истечение жидкости → образование пролива → попадание персонала предприятия в пределы пролива → химическое поражение (ожог) людей.

На рисунке 1 представлено «дерево событий» при аварии снаружи технологического оборудования при частичной или полной его разгерметизации на «Площадке подсобного хозяйства» (оборудование с серной кислотой, аммиачной водой или раствором едкого натра).

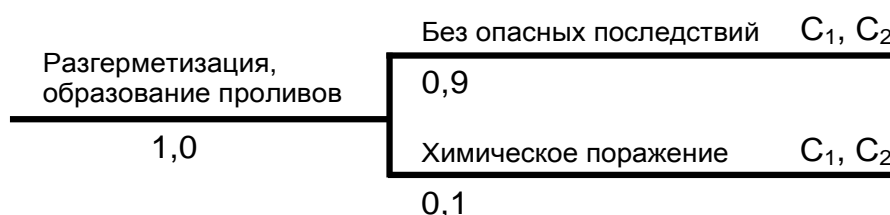


Рисунок 1 – «Дерево событий»

Химическое поражение людей серной кислотой и едким натром определяется в основном площадью их пролива, которая рассчитывается по ГОСТ Р 12.3.047-2012 Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

При определении количества опасного вещества, участвующего в аварии, в каждой составляющей следует выбирать оборудование с максимальным содержанием наиболее опасного вещества, если опасные вещества в любой единице оборудования этой составляющей (блока) находятся в одинаковых условиях. При наличии разницы в условиях (температура, давление, наличие или отсутствие обваловки и др.) выбор оборудования осуществляется по наиболее «жестким» условиям.

*Вывод.* Выявлены 2 группы сценариев, связанных с разрушением оборудования на складе химводоочистки теплоэлектростанций.

### Список литературы

1. Гафуров А.Р. Сущность категории «энергетическая безопасность» и ее место в общей структуре безопасности // Вестник МГТУ, 2010. Т. 13. № 1. С. 178-182.
2. Меньшиков В.В., Швыряев А.А. Опасные химические объекты и техногенный риск: Учебное пособие. - М.: Изд-во Химия, фак. Моск. ун-та, 2003. 254 с.
3. ПАО ОГК-2 Электростанции <http://www.ogk2.ru/rus/branch/>
4. Бушумов С.А. Мониторинг промышленных выбросов в атмосферу Новочеркасской ГРЭС / Бушумов С.А., Короткова Т.Г., Бурлака С.Д., Хачатуров В.Н., Сай Ю.В. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – № 127 (03). – С. 895-904. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/03/pdf/63.pdf> – IDA [article ID]: 1261703063. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-127-063>
5. Официальный портал Правительства Ростовской области <http://www.donland.ru/Default.aspx?pageid=114508>
6. «Положение о производственном контроле за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах ОАО «Новочеркасская ГРЭС».
7. Стали известны причины случившейся в начале августа аварии на Нижнекамской ТЭЦ <http://www.tatar-inform.ru/news/2016/09/30/522581/>
8. Серная кислота вытекла из вагона-цистерны на Кубани <http://www.ntv.ru/novosti/1355524/>
9. Авария на ТЭС: в Киевской области произошел разлив серной кислоты <http://www.ukraine.ru/news/20170729/1018963632.html>

### References

1. Gafurov A.R. Suschnost kategorii «energeticheskaya bezopasnost» i ee mesto v obschey strukture bezopasnosti // Vestnik MGTU, 2010. T. 13. # 1. S. 178-182.
2. Menshikov V.V., Shvyiryayev A.A. Opasnyie himicheskie ob'ektyi i tehnogennyiy risk: Uchebnoe posobie. - M.: Izd-vo Himiya, fak. Mosk. un-ta, 2003. 254 s.
3. PAO OGK-2 Elektrostantsii <http://www.ogk2.ru/rus/branch/>
4. Bushumov S.A. Monitoring promyishlennyih vyibrosov v atmosferu Novoчерkasskoy GRES / Bushumov S.A., Korotkova T.G., Burlaka S.D., Hachaturov V.N., Say Yu.V. // Politematicheskiiy setevoy elektronnyiy nauchnyiy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyiy zhurnal KubGAU) [Elektronnyiy resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – # 127 (03). – S. 895-904. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/03/pdf/63.pdf> – IDA [article ID]: 1261703063. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-127-063>
5. Ofitsialnyiy portal Pravitelstva Rostovskoy oblasti <http://www.donland.ru/Default.aspx?pageid=114508>
6. «Polozhenie o proizvodstvennom kontrole za soblyudeniem trebovaniy promyishlennoy bezopasnosti na opasnyih proizvodstvennyih ob'ektah OAO «Novoчерkasskaya GRES».
7. Stali izvestnyi prichinyi sluchivsheysya v nachale avgusta avarii na Nizhnekamskoy TETs <http://www.tatar-inform.ru/news/2016/09/30/522581/>
8. Sernaya kislota vyitekla iz vagona-tsisternyi na Kubani <http://www.ntv.ru/novosti/1355524/>
9. Avariya na TES: v Kievskoy oblasti proizoshel razliv sernoy kisloty <http://www.ukraine.ru/news/20170729/1018963632.html>