

Таблиця 2

**Вплив вмісту органосольвентної солом'яної целюлози в композиції  
волокнистої маси на фізико-механічні показники писального паперу**

<b>Композиція паперу (ООСЦ* : Са**), %</b>	<b>Маса 1 м<sup>2</sup>, г</b>	<b>Розривна довжина, м</b>	<b>Ступінь проклеювання, мм</b>	<b>Білість, %</b>
0:100	71	4160	1,5	78
25:75	72	3760	1,5	73,5
50:50	70	4040	1,5	75,3
75:25	72	3820	1,5	78,1
100:0	71	3930	1,5	78,4
<b>Вимоги стандарту [4]</b>	<b>70 ± 3</b>	<b>не менше 2700</b>	<b>1,2–1,6</b>	<b>77–80</b>

Примітка:

ООСЦ\* – окисно-органосольвентна солом'яна целюлоза;

Са\*\* – сульфатна вибілена хвойна целюлоза [5].

**Список використаних джерел:**

1. Крылов В. Н. Справочник бумажника-технолога. Сырье. Общие сведения / В. Н. Крылов. – СПб.: Петербург, 1993. – 71 с.
2. Макулатура паперова і картонна. Технічні умови: ДСТУ 3500-97 на зміну ГОСТ 10700-84. [Чинні від 1998-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1998. – 10 с. (Національні стандарти України).
3. Папір для гофрування. Технічні умови: ДСТУ 7798:2015. – [Чинний від 2016-04-01].
4. Бумага писчая. Технические условия: ГОСТ 18510-87. – [Действительны от 1987-01-01]. – М.: Госстандарт СССР, 1987. – 4 с. – (Государственные стандарты СССР).
5. ГОСТ 9571-89. Целлюлоза сульфатная белая из хвойной древесины. Технические условия. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1991. – 6 с.

**Трошкин С.Э.**

*специалист по вопросам гражданской защиты;*

**Трошкина Д.О.**

*специалист по вопросам гражданской защиты,  
І-ГПСО ГУ ГСЧС України в Запоріжській області*

**РИСК ВОЗНИКНОВЕННЯ ПОЖАРО-ВЗРЫВООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ  
ВСЛЕДСТВИЕ ВЗРЫВОВ ВОДОРОДА НА ОБЪЕКТАХ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ УКРАИНЫ**

Цель работы заключается в оценке рисков возникновения пожаро-взрывоопасных ситуаций вследствие взрыва водорода на АЭС и ТЭС [2–3].

Роль водорода в технологическом процессе трудно переоценить. Особенно это наглядно видно в примере последних научно-технических достижений в

енергетике [4]. Но все же взаимодействие водорода с кислородом плачевно может сказаться на ограждающие конструкции машинных залов и ферм главных корпусов АЭС и ТЭС. Заметим, что существует также опасность взрыва в смеси с воздухом, кислородом или азотом от искры или открытого пламени. Граница взрыва находится в пределах от 3,3% до 81,5% и 9,2% до 91,6% водорода в воздухе и в кислороде соответственно.

11 марта 2011 года в результате сильнейшего в истории Японии землетрясения и последовавшего за ним цунами возникла авария на АЭС Фукусима-1 – крупная радиационная авария максимального 7-го уровня по Международной шкале ядерных событий. Землетрясение и удар цунами привели к полному обесточиванию станции, в том числе к отказу резервных источников электроснабжения, что явилось причиной неработоспособности всех систем нормального и аварийного охлаждения и привело к расплавлению активной зоны реакторов на энергоблоках 1-3 и взрывам водорода скопившемся возле ферм перекрытий главного корпуса. Конструкция значительно разрушилась и выброс радиоактивных материалов произошел в окружающую среду, ставший до 20% от выбросов при Чернобыльской аварии.

Статистика больших аварий в машинных залах ТЭС и АЭС в последние 50 лет отражает более 100 событий, среди которых 30 водородных пожаров, которые произошли с человеческими потерями [1-3].

Одной из отличительных особенностей тяжелых аварий являются процессы выхода, накопления и возможного горения и взрывов водорода в помещениях герметичной оболочки (далее – ГО). Опасность создания высоких концентраций горючих газов в ГО при развитии тяжелой аварии с возможностью их возгорания и взрыва считается одним из наиболее характерных механизмов повреждения ГО для многих типов АЭС (пример аварии на АЭС «Фукусима-Даичи»), результаты работ по ВАБ-2 для энергоблоков АЭС Украины подтвердили важность данного вопроса также и для украинских АЭС. В процессе протекания тяжелых аварий генерируется и поступает в помещения гермообъема значительное количество водорода и других горючих неконденсирующихся газов. Необходимо отметить, что количество образовавшегося в ходе аварии водорода относится к числу основных интегральных параметров, характеризующих общее протекание аварии. Образование значительных концентраций горючих газов в герметичных помещениях связано с опасностью их возгорания и взрыва, что может привести к возникновению статических и динамических нагрузок, превышающих несущую способность ГО и, как следствие, отказу ГО. В рамках произведенных анализов пожароопасности, выполнен значительный объем расчетных анализов, направленных на исследование водородной опасности по следующим направлениям:

- анализы, направленные на исследование вопросов выделения, выхода и распространения в ГО водорода;
- анализы, направленные на исследование возможностей по снижению концентрации водорода в ГО.

В рамках исследования вопросов, связанных с генерацией, выходом и распространением водорода в помещениях ГО, для основных типов РУ

(ВВЭР-1000/В320, ВВЭР-1000/В302 и ВВЭР-440/В-213) был выполнен расчетный анализ аварии «Полное обесточивание АЭС с наложением потери конечного потребителя тепла». В рамках исследования возможности снижения концентрации водорода в ГО были выполнены расчетные анализы, в которых моделировалась работа пассивных рекомбинаторов водорода. Моделирование рекомбинаторов, как средства для снижения концентрации водорода в ГО, обусловлено тем, что в настоящее время для украинских АЭС выполнен значительный объем исследований в данной области, по результатам которых принято решение о том, что наиболее применимым средством снижения концентрации водорода для украинских АЭС является использование ПРВ (далее – пассивный каталитический рекомбинатор водорода). Так, разработано Концептуальное техническое решение «О внедрении системы удаления водорода для обеспечения водородной взрывобезопасности при запроектных авариях для ВВЭР-1000/В302, В-338». Расчетное количество водорода, сгенерированного в процессе аварии «Полное обесточивание с потерей конечного поглотителя тепла» составляет от 2.5 до 3 т., в зависимости от состава бетона (для ЮУАЭС-3 оценивается как 3.8 т, а для ВВЭР-440 – 2 т.) Генерация такого значительного количества водорода приводит к образованию высоких концентраций водорода в помещениях ГО (более 15%), однако, согласно диаграммы Шапиро-Мофетти, условия детонации водорода не достигаются в виду высоких концентраций водяного пара (более 60%) и низкой концентрации кислорода. В виду значительной массы водорода, находящегося в ГО и отсутствия штатного оборудования по удалению таких масс водорода из помещений ГО (на энергоблоках № 1,2 и 3 РАЭС, а также энергоблоке № 2 ХАЭС установлены ПРВ для снижения концентрации водорода при проектных авариях) существует потенциальная опасность возникновения условий детонации (например, в случае конденсации пара в результате восстановления работоспособности спринклерной системы в рамках реализации «Комплексной (сводной) программы повышения безопасности энергоблоков АЭС Украины» запланированы следующие мероприятия, связанные с вопросами водородной безопасности:

- внедрение мероприятий по снижению концентрации водорода в ГО при запроектных авариях;
- внедрение системы контроля концентрации водорода в ГО для запроектных аварий;
- внедрение системы контроля водорода в боксе ПГ и ГЦН (А201) и в помещении КД.

В рамках реализации мероприятия № 26203 КсППБ разработано Концептуальное техническое решение «О внедрении системы удаления водорода для обеспечения водородной взрывобезопасности при запроектных авариях для ВВЭР-1000/В-302, В-338». Согласно данного технического решения для снижения концентрации водорода в ГО при запроектных авариях (в том числе при авариях с тяжелым повреждением активной зоны) предполагается установка в СГО пассивных каталитических рекомбинаторов водорода.

Таким образом, учитывая вышеизложенное можно сделать вывод о том, что вопросам водородной безопасности на украинских АЭС уделяется достаточное

внимание и выполняется (запланировано к выполнению) ряд мероприятий, которые существенно понизят риск возникновения детонации внутри ГО:

1. Водород – горючий газ, в воде слабо растворимый, на энергоблоках АЭС и ТЭС благодаря высокой теплопроводности газообразный водород используется как охлаждающая среда в мощных турбоагрегатах. При этом используются повышенные меры пожарной безопасности.

2. Существует ряд современных технологий тушения пожаров на больших водородных объектах, заключается в применении ПРВ.

Генерация значительного количества водорода на украинских АЭС приводит к образованию высоких концентраций водорода в помещениях ГО (более 15%), однако, согласно диаграммы Шапиро-Мофетти, условия детонации водорода не достигаются в виду высоких концентраций водяного пара (более 60%) и низкой концентрации кислорода. В виду значительного количества водорода, следует обратить внимание на все ситуации которые могут способствовать повышению риска концентрации водорода и кислорода в ГО, чтоб не допустить возможные непредвиденные ситуации.

#### **Список использованных источников:**

1. Протипожарная система для турбогенераторов энергоблоков ТЭС / А. П. Жаров, Н. З. Беликов, В. Д. Келлер [и др.] // Электрические станции. – 2001. – № 6. – С. 43–46.
2. Сравнительный анализ аварийных ситуаций, пожаров и взрывов в машзалах АЭС, электростанциях РАО ЕЭС при нарушениях в работе. – Москва: РАО ЕЭС, 2001. – 25 с.
3. Сравнительный анализ аварийных ситуаций, пожаров и взрывов в машзалах АЭС, электростанциях РАО ЕЭС при нарушениях в работе турбогенераторов с проливом масла и утечкой водорода: Технический отчет / ОАО «ВНИИАЭС». – М., 2008. – 88 с.
4. 43-601.6.202.001.П300 Технические предложения. Мероприятие 29112. Разработать и реализовать систему по сигналу «пожар» сброса водорода из корпуса генератора за пределы машзала. Этап 1: КИЭП. – 2007. – 38 с.

**Янківський Д.З.**

*студент,*

*Українська академія друкарства;*

*інженер,*

*ЛКП «Львівелектротранс»*

### **ТРОЛЕЙБУСИ З АВТОНОМНИМ ХОДОМ ТА ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЯ В УКРАЇНІ**

Проблема забруднення навколишнього середовища викидами автомобільного транспорту, а також інфраструктурні проблеми великих міст, пов'язані із зростанням кількості приватних автомобілів привели до того, що великі міста зараз надають значну увагу розвитку міського електротранспорту. Однак не завжди економічно доцільно будувати необхідну інфраструктуру – тягові підстанції, контактні та кабельні мережі. Провідні виробники