

**Рис. 2. Результат почасового расчета в Томске на 13.03.14**

Исходя из вышесказанного, разработанный расчет обладает неотъемлемой актуальностью в контексте энергетики. В докладе рассмотрены варианты использования расчета генерируемой электрической энергии фотоэлектрическими панелями на сутки вперед, актуальность расчета и необходимые входные данные для успешного совершения расчета.

#### Литература

1. Гальперин Б. М., Ченцова Т. А. О расчетах месячных сумм солнечной радиации по общей и нижней облачности // Труды ЛГМИ. – 1972. – № 48. – С. 119.
2. Иванова И. Ю. Возобновляемая энергетика на востоке России: прогнозы, барьеры, методы обоснования применения // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2013. – С. 96-103.
3. Кондратьев К. Я., Пивоварова З. И., Федорова М. П. Радиационный режим наклонных поверхностей. – Гидрометеиздат, 1978.
4. Кобышева Н. В., Пивоварова З. И. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3: Многолетние данные. Части 1-6. Вып. 2: Мурманская область. – 1988.
5. Санеев Б. Г., Иванова И. Ю., Тугузова Т. Ф. Возобновляемая энергетика на востоке России // Академия энергетики.– 2014. – № 4. – С. 28-33.
6. Санеев Б. Г. и др. Нетрадиционная энергетика в энергоснабжении изолированных потребителей регионов Севера // Проблемы нетрадиционной энергетики. – 2006. – С. 55-70.
7. Сивков С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. – Гидрометеиздат, 1968.

### **ЛИКВИДАЦИЯ ВОЗГОРАНИЙ ТВЕРДЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИ ПОМОЩИ ФОРСУНОЧНЫХ УСТРОЙСТВ**

**Купов Д.С.**

Научный руководитель доцент А.О. Жданова

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Введение. Проблема возгораний boreальной зоны и пожары на территории помещений различного назначения стали острой проблемой для многих стран мира [1, 2]. Анализ мировой статистики возгораний [2] позволяет сделать заключение о том, что 82,7 % смертности в результате бедствия приходится на неконтролируемое горение в жилых домах, также следует упомянуть о том, что 61 % ожогов зарегистрированы в условиях катастроф на площадях жилого сектора. По государственным стандартам помещения различного назначения [3] оснащены помимо средств первичного пожаротушения [4] системами пожарной сигнализации [5] и системами автоматического пожаротушения [6]. Все этапы раннего выявления и ликвидации возгорания направлены на достижение основных функций цели, это минимальное время тушения и минимальный объем огнетушащего средства, затраченный по подавление пожара.

Модельные очаги. Немаловажным фактором при планировании экспериментальных исследований является выбор модельных очагов. Анализ таких категорий помещений как жилые, производственные и складские позволяет сделать заключение о том, что самым распространенным отделочным материалом является древесина. Следует отметить, что древесина занимает лидирующие позиции как сырье для изготовления мебели. По структуре древесину можно рассматривать как хлопьевидный материал, который имеет волокнистую форму [7]. По химическому составу древесина всех пород практически одинакова (содержание углерода 49–50 %, кислорода 43–44 %, водорода 6 % и азота 0,1–0,3 %). В древесине эти элементы образуют органические вещества: целлюлозу (31–50 %), лигнин (20–30 %) и гемицеллюлозы (19–35 %), включающие пентозаны (5–29 %) и гексозаны (6–13 %). Хвойные породы содержат несколько больше целлюлозы, лиственные – значительно больше пентозанов. В состав древесины входят также экстрактивные вещества (таннины, смолы, камеди, эфирные масла и др.). Минеральные вещества при сжигании древесины образуют золу (0,1–1 %). При горении древесины образуется водяной пар, двуокись и окись углерода, а также альдегиды, кислоты и различные газы.

Методика экспериментальных исследований. В ходе работы были проведены экспериментальные исследования по ликвидации горения модельных очагов, состоящих из древесины. Подавление горения реализовано при помощи четырех видов форсуночных устройств разной дисперсности при варьировании давления тушащего средства при нескольких методах тушения.

Экспериментальный комплекс состоит из огнеупорного стенда, щита автоматики, регистрирующих устройств, двух видеокамер, ПК для сбора и записи информации, а также компрессора.

Огнеупорный стенд представляет собой полый параллелепипед размерами 1×1,25×1,5 м, грани которого выполнены из стекломгнезитового негорючего листа, прикрепленного к каркасу из алюминиевых балок. В одной грани вырезано окно и вставлено огнеупорное стекло толщиной 4 мм размерами 0,7×0,5 м. В нижней боковой поверхности стенда выполнен канал приточной вентиляции, с противоположной стороны в верхней части стенда – канал вытяжной вентиляции. Внутри стенда размещены модельный очаг пожара, дымовые извещатели и терморпары, датчики пламени, тепловые датчики для идентификации характеристик очага возгорания и момента начала возгорания, система газоанализа.

Задачей проведения экспериментальных исследований являлась регистрация характеристик горения и подавления этого процесса при помощи форсуночных устройств. В ходе проведения экспериментов было реализовано три метода подавления очага возгорания, непосредственно постоянное/непрерывное тушение, импульсное тушение (регулировка времени импульса по интенсивности горения очага).

Характеристики распыления форсуночных устройств

Для реализации тушения модельного очага применялась система подачи огнетушащего состава, состоящая из баллона с огнетушащим средством, компрессора, трубопровода и форсуночного устройства. В ходе экспериментальных исследований были рассмотрены четыре типа форсунки, необходимых для распыления тушащих жидкостей. Форсунка располагалась в верхней части пилотного здания над модельным очагом пожара. В качестве огнетушащего состава использовалась вода, которая подавалась на распылительную форсунку под давлением по трубопроводной системе. Для дистанционного управления распылением огнетушащего состава (с щита автоматики) устанавливался электромагнитный соленоидный клапан в системе водоснабжения. Тушение начиналось после срабатывания двух любых пожарных извещателей или сенсоров, согласно «алгоритма С». Для этих целей применялись: дымовые датчики (SD), датчики пламени (FD), тепловые датчики (HD), сенсор CO (за срабатывание сенсора принимался момент достижения концентрации порогового значения CO = 20 мг/м<sup>3</sup>).

Регистрировались следующие параметры распыленной жидкости: объемный расход, скорость движения капель, радиус капель и угол раскрытия распыленной струи. Регистрация проводилась при помощи высокоскоростной видеокамеры Phantom MiGo M310 на расстоянии 21 см от форсуночного устройства в целях обеспечения полного раскрытия факела.

Результаты и обсуждения. Анализ экспериментальных данных позволяет сделать заключение о том, что ликвидация возгорания модельного очага, состоящего из древесины эффективна относительно минимальной функции цели по времени тушения в условиях реализации генерации водяного потока форсункой при давлении в распылительной системе 3 бара по методике постоянного тушения. При этом объемный расход составляет 14 мл/с, угол раскрытия форсунки 67,70, скорость движения капель 3,891534 м/с, а средний радиус капель составляет 0,028937 мм. Однако следует отметить, что при минимизации второй функции цели – объема задействованной на подавление возгорания тушащей жидкости, можно ликвидировать возгорание модельного очага задействовав объем воды в 9,9 раз меньше, чем при постоянном воздействии тушащего агента. Установленный результат достигнут в условиях генерации водяного потока аналогичным форсуночным устройством, однако при снижении давления в распылительной системе до 0,5 бар и подаче огнетушащего средства в модельный очаг по методике «импульс-пауза» (переменное тушение).

Анализ также позволяет сформулировать заключение о том, что уменьшение расстояния высоты расположения форсуночного устройства позволит существенно снизить время тушения модельного очага, состоящего из древесины. Так, установлено, что при расстоянии между форсункой и модельным очагом 30 см при давлении в распылительной системе 1 бар существенно снижается время ликвидации возгорания до 6 с.

На рисунке ниже представлены значения расходов форсуночного устройства (G) от времен тушения (t) и объемов затраченной жидкости (V) для трех различных высот (0.3-1.2 м) установки распылительной форсунки (при тушении модельного очага, состоящего из древесины).

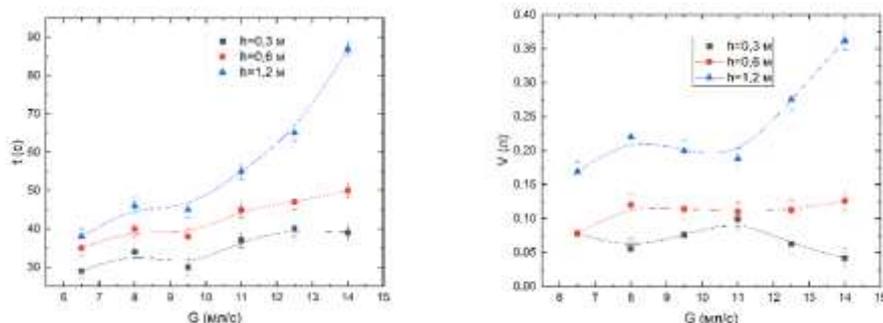


Рис. Значения расхода форсуночного устройства при тушении модельного очага, состоящего из древесины

Заключение. В ходе выполнения работы были проведены экспериментальные исследования рассматривающие способы подавления очагов, состоящих из древесины. Были определены оптимальные параметры системы пожаротушения, при которых время подавления очагов, состоящих из твердого горючего вещества и затраченный объемный расход тушащего средства сводились к минимуму.

#### Литература

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году», МЧС России, Москва, 2021.
2. Brushlinsky N. N. et al. World fire statistics. – 2017.
3. СП 486.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности, (2021) 6.
4. GOST Р 59641-2021 Fire protection means for buildings and structures. Primary fire extinguishing means. Installation, maintenance and repair manual. Performance test methods, (2022).
5. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность, (2021).
6. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 59636 - 2021. Установки пожаротушения автоматические. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность (утв. и введен в действие приказом Федерально, (2021).
7. Приказ МЧС России от 31.07.2020 N 582 Об утверждении свода правил Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования (вместе с СП 484.1311500.2020), 2020.

### **ВЛИЯНИЕ ОБЪЕКТА ВИЭ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЭС Малькова Я.Ю.**

Научный руководитель доцент Р.А. Уфа

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

В настоящее время крайне актуален поиск и детальное предметное изучение альтернативных традиционным методов выработки электроэнергии, в том числе и в России, причем как на локальном, так и на федеральном уровне. Так, согласно п. 21, б Указа Президента РФ от 28.02.2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [5], одним из приоритетов научно-технологического развития нашей страны является переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, формирование новых источников энергии, способов ее передачи и хранения.

Согласно актуальной статистике, представленной АО «СО ЕЭС» [4], на 01.01.2024 г. установленная мощность единой энергетической системы (ЕЭС) России составляет 248,2 ГВт, из них на объекты генерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) приходится суммарно 4,7 ГВт (или около 2 %), солнечные (СЭС) и ветряные электростанции представлены примерно в равном соотношении.

Однако при локальном рассмотрении изолированных электроэнергетических систем (ЭЭС) доля объектов ВИЭ может достигать значения 20 и даже 30 %, что уже является критическим и может приводить к появлению незатухающих колебаний мощности, при возникновении внешнего возмущающего воздействия. Наличие незатухающих колебаний мощности, в свою очередь, оказывает негативное влияние на сохранение устойчивости ЭЭС, она может быть нарушена [2].

Причиной данного эффекта являются особенности подключения объектов ВИЭ к сети. Отметим, что описанное выше влияние на функционирование ЭЭС наблюдается также и при внедрении систем накопления энергии (СНЭ), в том числе гибридных, включающих в свой состав водородные накопители, как при одиночной установке, так и совместно с объектами ВИЭ в составе автоматизированных гибридных энергокомплексов (АГЭК). Подключение данного оборудования к сети осуществляется через сетевой инвертор на основе статических преобразователей напряжения (СПН). Объекты полностью безынерционные, вращающиеся массы у них отсутствуют.

Подобного рода колебания мощности ранее, до массового локального внедрения объектов ВИЭ, не наблюдались, меры по их эффективному демпфированию в настоящее время отсутствуют. Таким образом, имеет место необходимость разработки новых методов и средств демпфирования колебаний мощности и в целом повышения устойчивости современных ЭЭС, для которых характерно представление возобновляемой генерации, в том или ином объеме. Для чего следует провести всесторонние разноплановые исследования, с целью изучения влияния данных объектов на функционирование ЭЭС и ее устойчивость, чему и посвящена настоящая работа.

Проведем рассмотрение нескольких сценариев, отличных мощностью и местом установки объекта ВИЭ, на примере математической модели двухзональной 4-ех машинной ЭЭС («схемы Кундура» [1]), приведенной на рис. 1, с внедренным объектом ВИЭ. Здесь и далее под объектом ВИЭ будем понимать СЭС, что вполне позволяет сделать имеющий место уровень детализации объектов генерации. Исследование выполнено в подпрограмме Power System Analysis Toolbox (PSAT) [3] программного комплекса MATLAB.