

Рисунок 5

3. Запись ответа с фиксацией ключевых значений

Ответ:

- если $a = 1$, то система имеет два решения;
- если $a \in (1; 3\frac{1}{12}]$, то система имеет четыре решения;
- если $a > 3\frac{1}{12}$, то система не имеет решений.

Таким образом, анимационные возможности динамической среды GeoGebra способствует вариативному представлению учебного материала алгебры способом наглядного моделирования. При этом устраняет трудности для учащихся при: построении наглядной модели, соответствующей условию задачи; исследовании наглядной модели; выявлении свойств математических объектов и закономерностей между элементами модели.

Список использованных источников

1. Маркарова Т.С. Концепция развития электронных образовательных ресурсов / Т.С. Маркарова // Информ. ресурсы России. – 2008. – № 6. – Режим доступа: http://www.aselibrary.ru/press_center/journal/irr/2008/number_6/number_6_3/number_6_3895. – Дата доступа: 21.07.2018.
2. Ненартович М.В., Новик И.А. О теоретико-методологических основаниях проблемы использования наглядного моделирования при обучении учащихся курсу алгебры // М.В. Ненартович, И.А. Новик / «Матэматыка» № 4. – Минск: «Адукацыя і выхаванне», 2017 г. – 21-31 с.
3. Новик И.А. Возможности использования и оценки информационно-образовательных ресурсов для обучения учащихся в рамках высокотехнологичной образовательной среды. Матэматыка, 2015. – № 6. – С. 3-7.
4. Протасов А.В. Информационно-образовательные ресурсы учебных заведений среднего образования в сети Интернет / А.В. Протасов // Тобольская социально-педагогическая академия им. Д.И. Менделеева Тобольск, Россия. – Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2013/pdf/5932.pdf>. – Дата доступа: 16.07.2018.
5. Севастьянова С.А. Информационный образовательный ресурс: структура, содержание, применение в учебном процессе / С.А. Севастьянова // Самарский государственный экономический университет (СГЭУ). – Режим доступа: <http://ito.edu.ru/2006/Samara/VI/VI-0-3.html>. – Дата доступа: 15.07.2018.

УДК 697.8+519.6

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЧАСТНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Попов Д.Н., Варфоломеева О.И., Хворенков Д.А.

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова

В статье приводятся результаты обследования отопительного агрегата, его обвязки и системы дымоудаления, который эксплуатировался в частном одноэтажном жилом доме. Обследование выполнялось на основании постановления межрайонного следственного отдела о проведении тех-

нической экспертизы с целью выявления неисправностей индивидуальной отопительной системы, которые привели к острому отравлению угарным газом двух жильцов этого дома с летальным исходом.

Отопительный аппарат АОГВ-11,6-3 2006 года выпуска, предназначенный для отопления жилого дома, размещен в помещении кухни, расположенной в цокольном этаже здания. Газоход от отопительного агрегата выведен в смежный неотапливаемый пристрой и подключен к дымовой трубе, выведенной выше кровли пристроя. При обследовании системы дымоудаления в смежном с кухней помещении (неотапливаемый пристрой) обнаружены сквозные отверстия длиной 10÷60 мм и шириной 10÷40 мм на горизонтальном участке газохода диаметром 150 мм до врезки в дымовую трубу. Параллельно с ним в одной тепловой изоляции проложен вытяжной воздуховод. Приток воздуха в помещение кухни организован через открывающееся окно в сарай, которое расположено, примерно, в полуметре от горизонтального участка газохода с вышеописанными дефектами. Исследование причин образования и попадания угарного газа в помещение жилого дома выполнялось в два этапа: экспериментальное исследование концентрации угарного газа и теоретическое исследование его утечки и распространения.

Экспериментальное исследование концентрации угарного газа. Экспертами были произведены замеры концентрации угарного газа в различных точках здания и в газоходе после запуска отопительного агрегата. Измерение содержания окиси углерода (угарного газа) проводилось газоанализатором Fluke 940 в точках, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты замера концентрации угарного газа (СО)

Расположение точки замера	Значение СО, ppm
У верхнего воздухозаборного отверстия котла	0
У открытой форточки в помещении кухни	1-5
В верхней зоне кухни на расстоянии от АОГВ 11,6-3 более 2 м	0
В верхней зоне кухни над АОГВ 11,6-3	1
У отверстий в горизонтальном газоходе, расположенном в сарае	230-300
В газоходе после АОГВ 11,6-3	620-6000
У воздухозаборного отверстия вентиляционного канала в кухне	5

Примечания:

1. Замеры проводились в летний период, поэтому необходимо учитывать то, что в зимний период, при отрицательных температурах значения СО будут выше в следствие большего количества приточного воздуха из сарая через окно;
2. Начало замеров через десять минут после запуска АОГВ 11,6-3 в работу;
3. В точках, где указан диапазон значений, наблюдался рост концентрации СО в пределах времени проведения измерений;
4. Общее время проведения замеров угарного газа составляло 30 мин. Таким образом, задача оценки динамики накопления угарного газа в помещении путем замеров не ставилась по причине ее опасности для жизни;
5. Содержание СО в продуктах сгорания котельных агрегатов, превышение которых не допускается, указаны, как правило, в технической документации на котлы и находится в пределах 50-160 ppm (нижний предел для горелок импортного производства).

Так, через 20 мин концентрация СО в воздухе помещения пристроя вблизи отверстий в газоходе составила 265 ppm (0,0265%), а в газоходе 6000 ppm (0,6%). Следует отметить, что при нормальной работе газопотребляющих установок, в том числе аппаратов отопительных газовых с водяным контуром, угарный газ при сжигании природного газа образовываться не должен. Согласно требованиям ГОСТ 20219-94 Аппараты отопительные газовые бытовые с водяным контуром (п.1.3), предельное содержание СО в продуктах сгорания составляет

0,05 % (500 ppm). Таким образом, концентрация вредного вещества в дымовых газах превышена в 12 раз. Данное обстоятельство позволило судить экспертам о неисправности АОГВ-11,6-3. Были выполнены работы по разборке и выявлению неисправностей элементов газового отопительного аппарата. Обнаружено, что турбулизаторы были существенно повреждены в результате коррозии и нарушена целостность основной газовой горелки инжекционного типа, а именно, сопловой блок не был вкручен в горловину горелки и удерживался рядом с ее отверстием газоподводящей трубкой. Авторы считают, что именно этот дефект привел к нерасчетному режиму работы горелочного устройства, так как природный газ поступал в котел не только в горелку, но и через воздухозаборные отверстия в нижней части котла. Это привело к неполному сгоранию части топлива вне горелочного устройства в камере сгорания, что привело к образованию большого количества угарного газа и подтверждено результатами замеров концентрации CO в газоходе. Кроме того, отсутствие центрирования сопла также вызывает недожог топлива и в горелке. Действительно, при несовпадении осей сопла и горловины горелки первичный воздух затягивается через специальные отверстия в горловине за счет энергии струи газа в существенно меньшем объеме. При детальном рассмотрении выявлена деформация первых трех витков резьбы на сопловом блоке.

Теоретическое исследование утечки и распространения угарного газа. Исследование течения продуктов сгорания в системе дымоудаления от АОГВ-11,6-3 до устья дымовой трубы проведено методом численного моделирования.

Модель учитывала геометрические размеры и дефекты системы дымоудаления, температуры внутреннего и наружного воздуха в день происшествия, массовый расход продуктов сгорания от АОГВ-11,6-3 (рисунок 1).

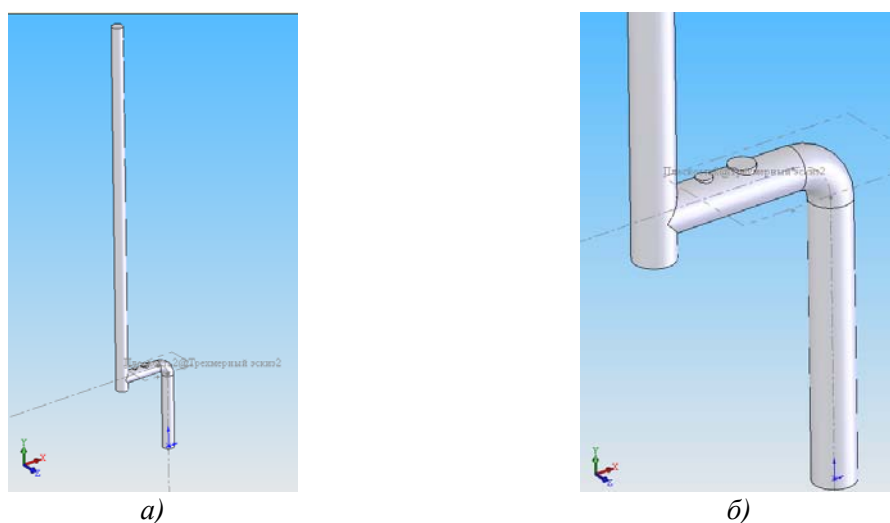


Рисунок 1 – Геометрическая модель системы дымоудаления: а) общий вид; б) фрагмент системы дымоудаления в области присоединения газохода к дымовой трубе

Результаты расчетов представлены на рис. 2 и 3. Из рисунка 3 видно, что при заданных условиях продукты сгорания выходят из газохода через сквозные отверстия 5 и 6. Таким образом, расчетным путем подтверждены результаты измерений содержания угарного газа вблизи дефектов газохода и установлено место его выхода из системы дымоудаления.

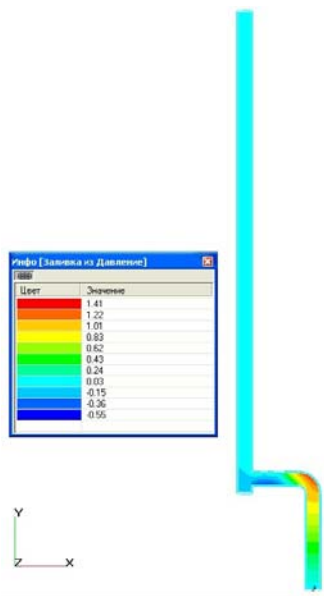


Рисунок 2 – Поле статического давления в системе дымоудаления

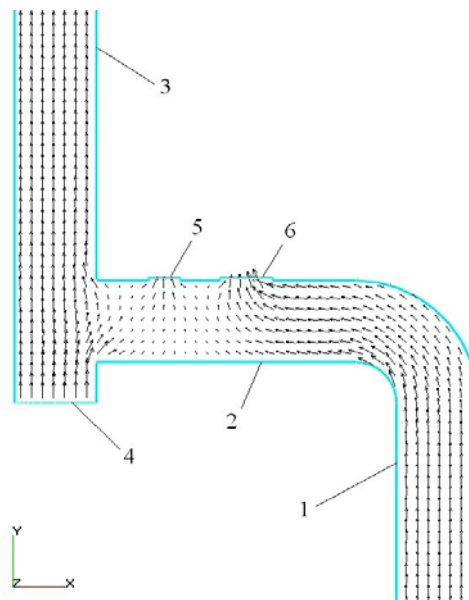


Рисунок 3 – Поле скорости в системе дымоудаления: 1 – газоход от АОГВ-11,6-3; 2 – горизонтальный участок газохода; 3 – дымовая труба; 4 – «стакан» для сбора конденсата; 5 и 6 – дефекты (отверстия в газоходе)

Кроме того, было рассчитано время достижения смертельно опасной концентрации в отапливаемых помещениях жилого дома при климатических параметрах в день происшествия. Пусть индекс «1» будет обозначать параметры, относящиеся к сараю, а индекс «2» – к отапливаемым помещениям. Тогда, изменение концентрации угарного газа будет описываться следующими уравнениями:

$$V_1 \frac{dC_1}{d\tau} = M_{CO} - C_1(L_{12} + L_{ВЫХ}); \quad (1)$$

$$V_2 \frac{dC_2}{d\tau} = C_1 L_{12}, \quad (2)$$

где τ – время, с; C_1 и C_2 – объемные концентрации в пристрое и отапливаемых помещениях, $\text{м}^3/\text{м}^3$; V_1 и V_2 – объемы этих помещений, м^3 ; M_{CO} – расход выделяющегося из газохода угарного газа, $\text{м}^3/\text{с}$; L_{12} – расход газовой смеси, движущейся из помещения «1» в помещение «2», $\text{м}^3/\text{с}$; $L_{ВЫХ}$ – расход газовой смеси через неплотности в ограждающих конструкциях пристроя, $\text{м}^3/\text{с}$.

Переток газовой смеси через окно может быть оценен следующим образом. При известных значениях высоты трубы $H = 6$ м, плотности наружного воздуха при температуре -20°C $\rho_i = 1,395$ $\text{кг}/\text{м}^3$ и плотности внутреннего воздуха (помещения кухни) при температуре 16°C $\rho_b = 1,226$ $\text{кг}/\text{м}^3$ вначале определяется располагаемый перепад давления

$$\Delta p_p = gH(\rho_i - \rho_b), \text{ Па.}$$

Средняя скорость движения воздуха по вентиляционному каналу

$$W = \sqrt{\frac{2(\Delta p_p - \Delta p)}{\bar{\rho}}},$$

где $\bar{\rho} = 0,5(\rho_H + \rho_B)$, кг/м³ – средняя плотность воздуха; $\Delta p = \left(\lambda \frac{H}{d} + \zeta_{BX.} + \zeta_{PII} \right) \frac{\bar{\rho} W^2}{2}$ – аэродинамическое сопротивление канала; $d = 0,15$ м – диаметр канала; λ – коэффициент гидравлического трения, который в первом приближении можно назначить равным 0,03; $\zeta_{BX.} = 0,8$ – коэффициент местного сопротивления входа воздуха в трубу; $\zeta_{PII} = 1,45$ – коэффициент местного сопротивления резкого поворота на 90°.

После несложных алгебраических преобразований можно получить значение скорости в первом приближении

$$W = \sqrt{\frac{2\Delta p_p}{\bar{\rho} \left(1 + \lambda \frac{H}{d} + \zeta_{BX.} + \zeta_{PII} \right)}}, \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса при среднем значении коэффициента кинематической вязкости воздуха $\bar{\nu}$

$$Re = \frac{Wd}{\bar{\nu}}.$$

Далее определялся коэффициент гидравлического сопротивления и вычисляется относительная погрешность:

$$\delta = \frac{|\lambda - \lambda'|}{\lambda'}.$$

Расчет проведен по итерационному алгоритму до достижения сходимости результатов. Были определены расходы воздуха, отводимого по вытяжному вентиляционному каналу и приток на горение. Выделение вредного вещества в единицу времени M_{CO} устанавливалось по результатам проведенных замеров. Уравнения (1) и (2) с учетом начальных условий $C_1|_{\tau=0} = C_2|_{\tau=0} = 0$ решались численно методом Рунге-Кутты четвертого порядка точности. Результаты расчетов представлены на рисунке 4.

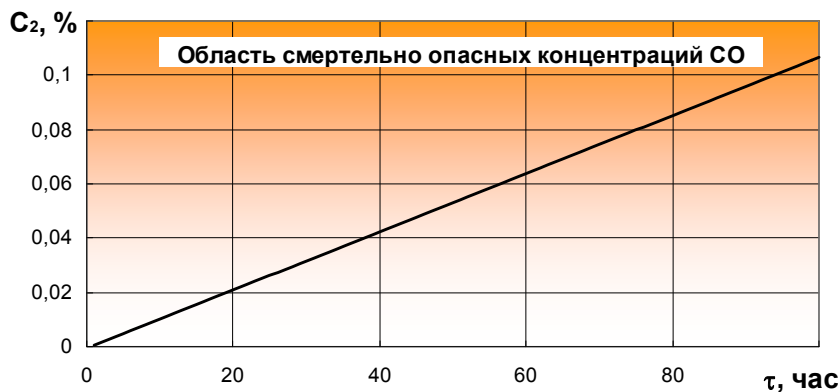


Рисунок 4 – Изменение концентрации угарного газа в жилых помещениях дома

Согласно полученным результатам, смертельно опасная концентрация угарного газа в воздухе жилых помещений ($C_2 = 0,1$ %) будет достигнута через 94 часа непрерывной работы АОГВ-11,6-3.

Выводы

1. Образование угарного газа в отопительном агрегате возникло вследствие нарушения целостности основной газовой горелки и, как следствие, к нерасчетному режиму ее работы.

2. Результаты численного моделирования показали, что продукты сгорания с высокой концентрацией угарного газа выходили через отверстия газохода, возникшие в процессе эксплуатации.

3. В помещение кухни угарный газ попадал через открытую форточку, расположенную вблизи участка газохода с дефектом.

4. Расчетное время достижения смертельно опасной концентрации угарного газа в помещении при сложившихся климатических и конструктивных условиях составило 94 часа.

УДК 621.316.7:338.012

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД МОДУЛЯ СЕТЕВОГО ЛИТИЙ-ИОННОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ротару Л.Г., Бельский А.А.

Санкт-Петербургский горный университет

Актуальность. Передача электроэнергии от генератора к потребителям в электроэнергетической системе (ЭЭС) происходит непрерывно, без возможности её накопления в значительных (соизмеримых с выработкой) количествах. Кроме того, потребление электроэнергии в течение суток происходит неравномерно (в соответствии с суточными графиками нагрузки), поэтому возникает необходимость постоянно регулировать выдачу электроэнергии в сеть, поддерживая в любой момент времени баланс между вырабатываемой и потребляемой активной мощностью. От соблюдения баланса зависит частота электрического тока. Обычно баланс мощности в системе поддерживается путём изменения выдачи мощности в сеть генераторами электростанций. Такой режим управления ЭЭС не только заметно увеличивает скорость износа генерирующего оборудования, но и приводит к дополнительному расходу топлива. Кроме того, не всегда существует технологическая возможность быстрого пуска/остановки генерирующего объекта. К тому же при аварийных ситуациях, когда резервов мощности на электростанциях недостаточно, для восстановления допустимого уровня частоты применяют ограничения нагрузки потребителей. Это в свою очередь может привести к значительному ущербу, связанному с перерывом энергоснабжения потребителей.

В качестве технического решения проблемы управления ЭЭС может быть использован модульный сетевой накопитель энергии МВт-ного класса на базе литий-ионных аккумуляторных батарей отечественного производства. Такой накопитель может участвовать в покрытии пиковых и полупиковых участков суточных графиков нагрузки энергосистемы. Это позволит оптимизировать режимы ЭЭС, снизить расход топлива, значительно повысив энергоэффективность процессов производства и передачи электроэнергии и, в конечном счете, повысить экономическую эффективность управления энергосистемой.



Рисунок 1 – Модуль сетевого накопителя в разрезе