

Рис. 4. Модель в определенный момент времени после начала движения

Исследования показали, что существует возможность разработки трехмерной модели технического объекта, основанной на математической модели в виде законов движений и формул, в таких системах автоматизированного проектирования как OpenSCAD.

Модель наглядно демонстрирует характер движения манипулятора и его составных частей: захвата, шарнира, звеньев в реальном времени и позволяет улучшить понимание подобных процессов при изучении и проектировании технических объектов.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ СТАНДАРТНОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЖАРА

А. Г. Стафеев

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Т. А. Трохова

Согласно требованиям МЧС Республика Беларусь а также ГУ «Главгосстройэкспертиза», расчет температуры пожара должен выполняться по методике, описанной в национальных ТНПА [4, приложение К]. Расчетные комплексы, такие как rugosim [1] не рассматриваются органами строительной экспертизы.

Таким образом, «остро» встает вопрос о рамках применения существующей аппроксимированной методики и возможности ее модификации, а также возможной автоматизации для увеличения производительности труда инспекторов МЧС и проектировщиков конструкторских бюро.

Данная работа призвана проанализировать возможности модификации и автоматизации существующей методики расчета средствами пакета Jupyter Notebooks с библиотеками Pandas, NumPy и Matplotlib, которые позволяют легко оперировать и математическими моделями, и графической информацией.

Расчет температуры пожара производится в случае, если здание имеет степень огнестойкости от I до VII [2, табл. 4], несущие конструкции здания выполнены из

стали или железобетона и рассматриваемое помещение относится к категориям А, Б, В1-В4 или Г1 по пожарной опасности [3]. В помещении должна быть представлена пожарная нагрузка в количестве, достаточном для возникновения стандартного, свободно развивающегося пожара. Параметры пожарной нагрузки определяются по нормативно-справочным материалам [5]. Ограничения расчета предполагают, что пожар должен длиться от 0,15 до 1,22 ч [4, приложение К].

Основным оценочным критерием методики является расчетное время достижения поверхностями стальных несущих и самонесущих конструкций температуры в 500 °С (далее – REI) при нормативной пожарной нагрузке. REI выбирается согласно ТНПА в зависимости от степени огнестойкости здания [2, табл. 4].

Среднеобъемная температура в помещении оценивается исходя из следующей экспоненциальной зависимости:

$$\frac{T - T_0}{T_{\max} - T_0} = 115,5 \left( \frac{t}{t_{\max}} \right)^{4,75} e^{-4,75 \left( \frac{t}{t_{\max}} \right)},$$

где  $T_0$  – начальная среднеобъемная температура, °С;  $T$  – текущая расчетная температура, °С;  $t_{\max}$  – максимальная среднеобъемная температура, °С;  $t_{\max}$  – время достижения максимальной среднеобъемной температуры, мин;  $t$  – текущее время, мин;  $t_{\max}$  для расчета выбирается исходя из того, регулируется ли пожар нагрузкой (ПРН) или вентиляцией (ПРВ) [4, приложение К].

Характерный график изменения температуры стандартного пожара без учета начальной стадии представлен на рис. 1, а.

Так, изменение средней температур поверхности перекрытия определяется по формуле

$$\frac{T_{w\Pi} - T_{w0}}{T_{w\max} - T_{w0}} = 1043 \left( \frac{t}{t_{\max}} \right)^{6,95} e^{-6,95 \left( \frac{t}{t_{\max}} \right)},$$

где  $T_{w0}$  – начальная среднеобъемная температура перекрытия, °С;  $t_{\max}$  – максимальная температура перекрытия, °С.

Изменение средней температуры стен описывается формулой

$$\frac{T_w - T_{wC}}{T_{w\max} - T_{wC}} = 233 \left( \frac{t}{t_{\max}} \right)^{5,45} e^{-5,45 \left( \frac{t}{t_{\max}} \right)},$$

где  $T_{wC}$  – начальная среднеобъемная температура поверхности стен, °С;  $T_{w\max}$  – максимальная температура поверхности стен, °С.

Далее, в зависимости от наличия в помещении оконных и дверных проемов, высоты, объема помещения и количества пожарной нагрузки, может быть учтена начальная стадия пожара. Для стандартного пожара продолжительность данной стадии составляет от 5 до 50 мин [4, приложение Л]. Для унификации расчетов предполагается, что температура в помещении по окончании подготовительного периода составляет 250 °С [4, приложение К], а нарастание температуры происходит более плавно.

Характерный график НСП показан на рис. 1, б.

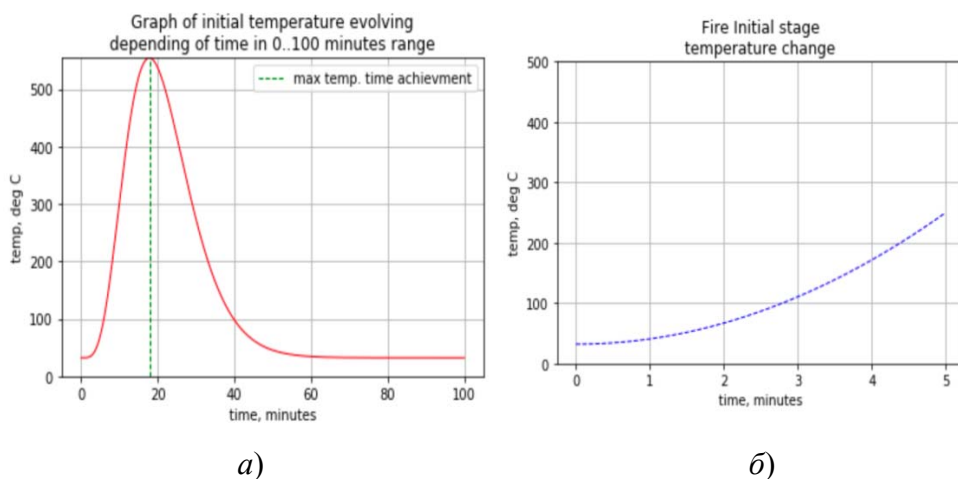


Рис. 1. Характерный график изменения температуры пожара: а – в развитой стадии, без учета НСП; б – в начальной стадии

В случае, если пожар протекает с учетом начальной стадии, то производится совмещение графиков, приведенных на рис. 1, а и б. Точкой совмещения по оси абсцисс при этом является значение времени, которому соответствует температура.

Аналогичные манипуляции производятся для графиков изменения температуры на поверхностях горизонтальных и вертикальных конструкций, и дальнейший анализ температурного режима ведется с учетом НСП. Характерный совмещенный график представлен на рис. 2.

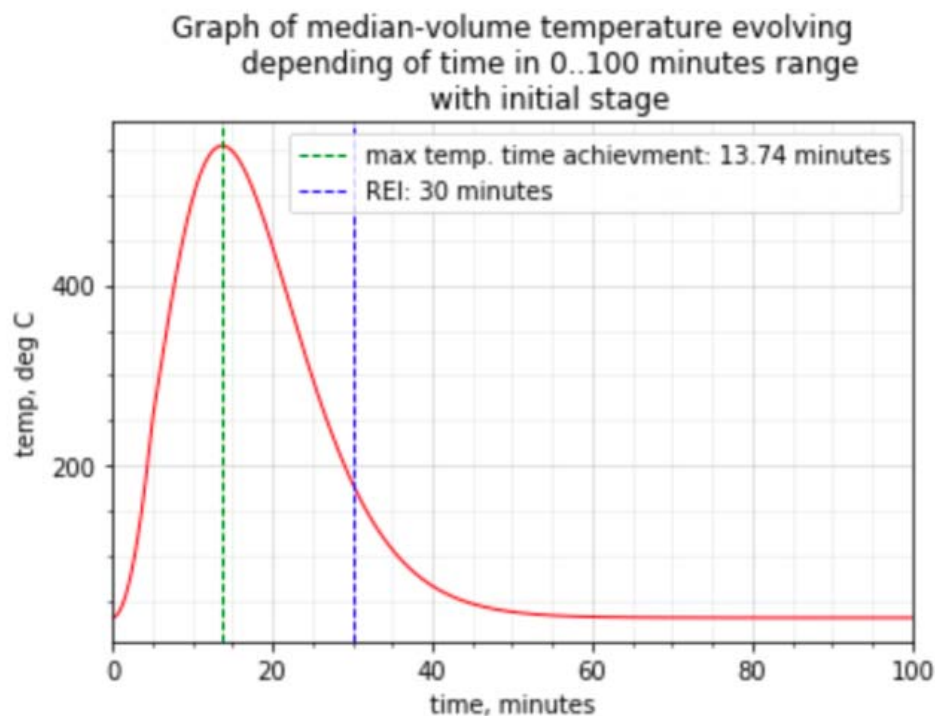


Рис. 2. Характерный график изменения температуры пожара с учетом НСП

Если REI превышает расчетное время строительных конструкций до 500 °С, делается вывод, что стальные конструкции потеряют несущую способность в случае, развития стандартного свободно развивающегося пожара в помещении. В противном случае предполагается, что конструкции выдержат стандартный пожар, и не требуется предпринимать дополнительных мер для повышения огнестойкости.

В процессе работы были выявлены достоинства и недостатки существующей методики.

К ее достоинствам относится следующее:

- легко программируется;
- имеет четкий критерий оценки результатов.

Выделяют такие недостатки:

– используются усредненные показатели, что исключает проверку возможных максимумов;

– изобилует эмпирическими коэффициентами, что делает ее слабо модифицируемой и затрудняет интерпретацию промежуточных шагов;

– не учитывает возможность защиты несущего остова навесными трудногорючими или негорючими ограждающими конструкциями.

Также была получена рабочая расчетная программа, позволяющая произвести полный расчет и сделать выводы о необходимости дополнительной огнезащиты.

#### Л и т е р а т у р а

1. Rygosim / Thunderhead engineering. – Режим доступа: <http://www.thunderheadeng.com>. – Дата доступа: 12.10.2017.
2. Здания, строительные конструкции, материалы и изделия. Правила пожарно-технической классификации : ТКП 45-2.02-142–2011. – Введ. 14.06.2011. – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2011. – 27 с.
3. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : ТКП 474–2013. – Введ. 15.04.2013. – Минск : М-во по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, 2013. – 53 с.
4. Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной опасности. Общие требования : СТБ П 11.05.03–2010. – Введ. 01.01.2011. – Минск : М-во по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, 2011. – 76 с.
5. Корольченко, А. Я. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения : справ. : в 2 ч. / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Пожнаука, 2004. – Ч. I. – 713 с.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ БЫСТРЫХ СВИДАНИЙ**

**А. А. Кашицкий**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Г. П. Косинов

Двадцать первый век ассоциируется с внедрением информационных технологий практически во все сферы жизни общества. С каждым днем появляется все больше и больше отраслей, в которых ручной труд заменяется на машинный, а количество рабочей силы сокращается. Например, для управления определенным участком производства достаточно иметь лишь одного сотрудника, который будет контролировать работу производства. Стоит отметить, что современный ритм жизни приводит к тому, что все большее распространение получает так называемая уда-