

## ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАЗВИТИИ ПОЖАРА В ОГРАЖДЕНИЯХ

Невдах В.В., Антошин А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Принято считать, что отличие пожаров в ограждениях от пожаров в открытом пространстве обусловлено двумя факторами (см. [1, 2]):

1) обратным тепловым потоком от нагретых поверхностей конструкций ограждения и нагретого слоя дыма на поверхности горючих материалов;

2) наличием открытых проемов в ограждениях, через которые осуществляется естественная вентиляция помещений, обеспечивающая поступление в помещение свежего воздуха.

Для техники противопожарной безопасности наибольший интерес представляет начальная стадия пожара, предшествующая стадии полного охвата помещения пламенем, когда основной целью является безопасность людей. Чем длиннее эта стадия, тем больше шансов для безопасной эвакуации людей из ограждений. В современной литературе, посвященной исследованию пожаров в ограждениях, считается, что после инициирования и на начальной стадии такой пожар контролируется горючим материалом (топливом), так как в это время существует достаточное количество кислорода для горения и рост пожара полностью зависит от характеристик топлива и его геометрии (см., например, [1, 2]). Если пожар дорастает до стадии полного охвата, он может стать контролируемым вентиляцией, когда существующее количество кислорода, недостаточное для сгорания большинства топлива, образующегося в результате пиролиза твердых материалов. Тепловыделение пожара тогда определяется количеством кислорода, входящего через открытые проемы помещения, и поэтому пожар называют контролируемым вентиляцией. На стадии затухания пожара, горение возвращается в режим, контролируемый топливом. Также принято считать, что на развитие пожара в ограждениях влияют: размер и положение источника возгорания; тип, количество, положение, пространственное распределение, ориентация, площадь поверхности пакетов топлива; геометрия ограждений; размеры и положение открытых проемов помещения; свойства материалов конструкций ограждения.

Целью настоящей работы являлось компьютерное моделирование пожара в ограждениях и исследование влияния газодинамики на развитие пламенного горения в ограждениях.

Моделирование выполнялось с использованием специализированной программы FDS (Fire Dynamics Simulator) [3, 4]. С помощью графического интерфейса PyroSim в расчетной сетке, состоящей из кубических ячеек с ребром 0.1 м, была создана модель ограждения – помещения с внутренними размерами 4.2×3.8×2.4 м, в котором находятся диван, кресло и другие предметы

из горючего материала (см. рисунок 1). Пожар инициировался источником с размерами 0.1×0.1 м и с тепловыделением 10 кВт, помещаемым на сидение дивана рядом со спинкой. Горение горючего материала моделировалось реакцией горения полиуретана – материала, используемого при изготовлении мягкой мебели [5]. Моделировались 1200 секунд горения вышеуказанных предметов в открытом пространстве и в ограждениях с различными условиями естественной вентиляции. Контролировались массовая скорость горения, величина полного тепловыделения, температура воздуха и изменение его давления.

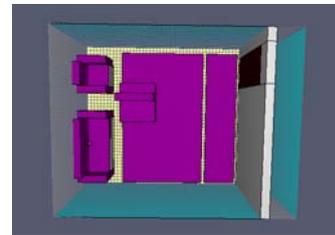


Рисунок 1 – Модель помещения

На рисунке 2 представлены зависимости тепловыделения от времени при горении одного и того же материала (полиуретана) в открытом пространстве, под навесом, роль которого играет потолок, в комнате с естественной вентиляцией через проемы на месте торцевых стен.

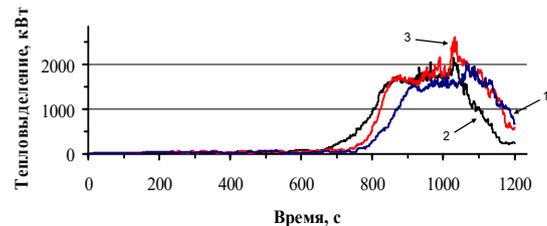


Рисунок 2 – Зависимости тепловыделения от времени при пожаре в открытом пространстве (1), под навесом (2) и в помещении с проемами на месте торцевых стен (3)

Из этого рисунка видно, что в трех рассмотренных случаях отличия в условиях горения мало сказываются на динамике тепловыделения пожара.

На рисунке 3 представлены зависимости температуры воздуха на высоте 2.2 м в центре помещения от времени для трех рассмотренных пожаров. Видно, что при пожаре в помещении в рассматриваемых условиях повышение температуры воздуха в центре помещения под потолком начинается после достижения факелом пламени потолка и образования припотолочной струи, тогда как при пожаре в открытом про-

странстве повышения температуры воздуха в этом же месте практически нет из-за того, что восходящий поток горячего воздуха и дыма находится в стороне от контролируемой точки.

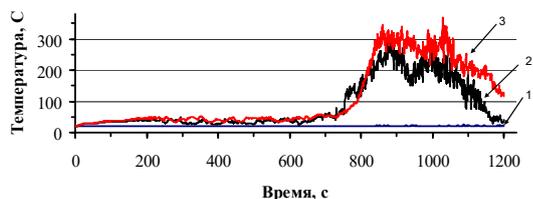


Рисунок 3 – Зависимости температуры воздуха на высоте 2.2 м в центре помещения от времени при пожаре в открытом пространстве (1), под навесом (2), в помещении с проемами на месте торцевых стен (3)

На рисунке 4 представлены зависимости тепловыделения от времени при пожарах в комнате с различными условиями естественной вентиляции: через отсутствующие две боковые стены, дальнюю от источника пожара торцевую стену, ближнюю торцевую стену, ближнюю торцевую стену и дверь в дальней торцевой стене, отсутствующие две торцевые стены.

Моделирование показало, что условия естественной вентиляции влияют на динамику тепловыделения при пожаре через формирование газодинамических потоков, обеспечивающих поступление свежего воздуха и удаление нагретого дыма и продуктов сгорания. Из рисунка 4 видно, что максимальные тепловыделения в рассмотренных случаях отличаются почти на порядок величины и достигаются в сильно отличающиеся моменты пожаров.

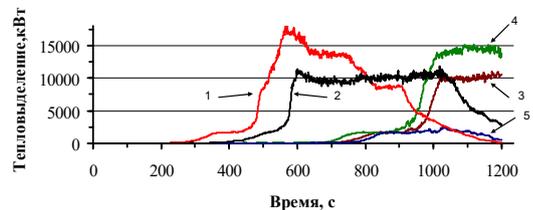


Рисунок 4 – Зависимости тепловыделения от времени при пожаре в помещении: с проемами на месте боковых стен (1), дальней торцевой стены (2), ближней торцевой стены (3), ближней торцевой стены и двери (4), торцевых стен (5)

Зависимости температуры воздуха на высоте 2.2 м в центре помещения от времени для этих пожаров представлены на рисунке 5.

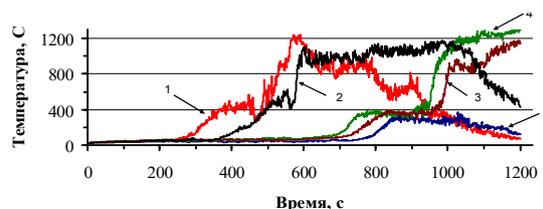


Рисунок 5 – Зависимости температуры воздуха на высоте 2.2 м в центре помещения от времени при пожаре в помещении: с проемами на месте боковых стен (1), дальней торцевой стены (2), ближней торцевой стены (3), ближней торцевой стены и двери (4), торцевых стен (5)

Достижение больших температур воздуха в случаях, показанных на рисунке 5, обусловлено распространением пламенного горения.

Выполненное моделирование пожаров позволило установить, что время достижения пожаром в помещении с естественной вентиляцией стадии, которую в литературе принято называть стадией полного охвата помещения пламенем, определяется интенсивностью возникающих при пожаре газодинамических процессов, которые, в свою очередь, определяются размерами и расположением открытых проемов.

Таким образом, результаты настоящей работы показывают, что пожары в ограждениях с естественной вентиляцией с одним и тем же количеством и расположением горючих материалов могут сильно различаться по степени опасности, определяемой возникающими газодинамическими процессами.

#### Литература

1. Drysdale D. An Introduction for Fire Dynamics. Third edition. Willey, 2011. – 551 p.
2. Karlsson B., Quintiere J.G. Enclosure fire dynamics. CRC Press LLC, 2000. 317 p.
3. Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide, V. 1: Mathematical model, NIST Sp. Publ. 1018-5 / K. McGrattan [et al.]. – Gaithersburg, MA, 2009. – 94 p.
4. Fire Dynamics Simulator (Version 5). User's Guide, NIST Special Publication 1019-5 / K. McGrattan [et al.]. Gaithersburg, MA, 2009. – 176 p.
5. Evaluating models for predicting full-scale fire behaviour of polyurethane foam using cone calorimeter data / J.U. Ezinwa [et al.] Fire Technology, 2014, V. 50. P. 693–719.

УДК 628.74

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ПОЖАРА В СМЕЖНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Кухарев И.А., Невдах В.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Компьютерное моделирование пожаров, позволяющее прогнозировать динамику их опасных факторов, находит все более широкое применение при проектировании систем противопожар-

ной защиты объектов, для которых приоритетной задачей является безопасность людей. Для этого разработаны и используются различные модели пожаров – полевые, зонные, интегральные (см.,