

Использование математической модели аэродинамических характеристик противопожарных клапанов вентиляционных систем

А.П. Пирожникова, Д.В. Кулагин, Л.А. Чудновец

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Гарантия обеспечения безопасности людей и материальных ценностей при возникновении пожара, требует тщательного подхода к проектированию и монтажу противодымной вентиляции. С целью своевременной эвакуации людей из зоны задымления, устанавливаются технические устройства с нормируемым пределом стойкости к огню – противодымные клапаны. Для определения распределения давления воздушного потока в противодымном клапане по площади его сечения, применяют метод математического моделирования. С помощью математической модели, осуществляется визуальное моделирование распределения потока газозвушной смеси, проводится детальный анализ опасных факторов, оценка возможной температуры и времени распространения пламени, определение вероятной степени задымления внутреннего пространства и путей перемещения дыма.

Ключевые слова: задымление, пожар, вентиляционная система, противодымная защита, противодымный клапан, математическая модель.

Для снижения рисков от пожара, дыма и других опасных факторов, на объектах устанавливаются различные виды систем противопожарной защиты, от сигнализации до пожаротушения. В перечень таких систем входит и противодымная защита.

Количество дыма, возникающего при пожаре, зависит от качества строительных материалов здания, его объема, продолжительности пожара и размеров очага возгорания [1]. Опасность для людей и имущества может наступать и без возгорания. Помимо пламени и высоких температур, реальную опасность представляет дым и токсичные продукты сгорания [2].

Например, тление материалов с содержанием химических и токсичных веществ быстро приведет к отравлению, или потере сознания. В подобных ситуациях возникает острая необходимость в обеспечении временной защиты людей от воздействия продуктов сгорания, с целью своевременной эвакуации из зоны задымления [3].

Для решения поставленной задачи во всех зданиях площадью более 800 м² или помещениях, находящихся на расстоянии более 25 метров [4] от эвакуационного выхода, необходима установка систем противодымной защиты, в соответствии с СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности». Схема дымоудаления представлена на рис. 1.

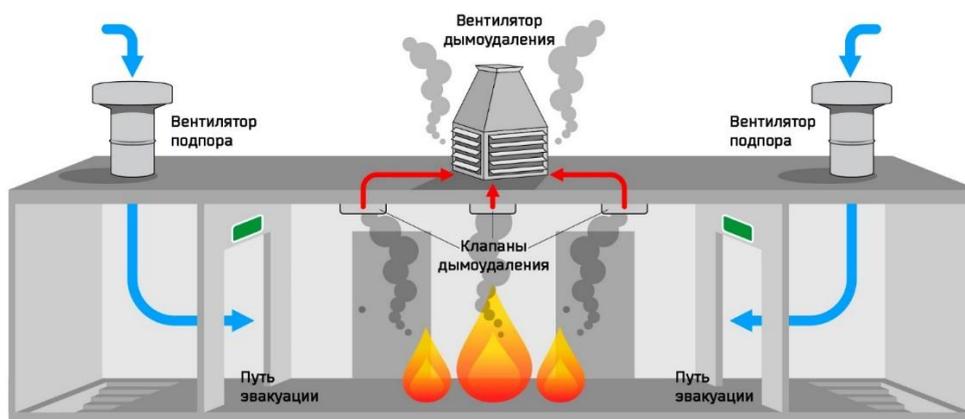


Рис. 1. – Схема дымоудаления

Противодымная защита состоит из комплекса инженерно-технических решений: клапан дымоудаления; вентилятор для удаления плотного дымового потока; шахты дымоудаления; вентилятор принудительного притока воздуха и противодымный клапан.

Ключевые задачи данного комплекса:

- предотвращение задымления эвакуационных путей во время пожара, то есть обеспечение достаточного количества времени и безопасности перемещения людей при эвакуации;

- содействие работе пожарных расчетов при устранении очагов возгорания [5].

Расчет систем противодымной защиты приводится в соответствии с СП.60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» актуализированная редакция СНиП 41-01-2003; СП 486.1311500.2020 «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации»; Р НП АВОК 5.5.1-2012 рекомендации ВОК «Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий».

Запуск системы противодымной защиты должен осуществляться в ручном или автоматическом режиме, а оборудование, важным элементом которого является противодымный клапан, должно быть надежно [6] и максимально соответствовать требованиям безопасности.

При подборе противодымного клапана, основная задача которого заключается в препятствии распространению летучих продуктов горения путем их перенаправления в зоны дымоудаления [7], большое значение играет сопротивление проходящего воздуха через клапан [8].

Ввиду отсутствия возможности проведения расчетов на специально оборудованных лабораторных установках, определение распределения давления воздушного потока в противодымном клапане по площади его сечения в зависимости от степени открытия заслонок и его конструктивных особенностей практически невозможно. Для этих целей существует метод математического моделирования, сущность которого заключается в замене физической модели цифровым аналогом – математической моделью с

возможностью получения конечных данных для достижения поставленной задачи. В России оценка пожарной опасности с применением численного моделирования проводится согласно методике определения расчетных величин пожарного риска. В методике все модели представлены только в математической постановке.

Неоспоримым преимуществом данного способа является возможность проведения исследований без использования оборудования при различных режимах и условиях, что в случае с реальным клапаном противодымной вентиляции без лабораторной установки практически невозможно. Этапы математического моделирования представлены в таб. 1 [9].

Таблица 1. – Этапы математического моделирования

№ п/п	Этапы математического моделирования	Пояснение
1	Построение модели	Системе задается объект – противодымный клапан. При этом четко описать перемещение газозвдушной смеси через клапан в различных ситуациях затруднительно. Для этого выявляется специфика явлений процессов и взаимосвязи между ними. Затем, с помощью математических формул полученные взаимосвязи последовательно объединяют
2	Решение математической задачи	Разрабатывается последовательность метода решения заданной задачи с помощью компьютера
3	Объяснение конечных данных	Происходит разъяснение конечных математических данных, выявленных в ходе проведения расчета на более доступном для потребителя языке
4	Сверка данных полученных при моделировании	На данном этапе становится ясно, сходятся ли конечные результаты измерений с теоретическими следствиями из модели в пределах определенной точности

В качестве примера для расчета рассмотрим противодымный клапан КПУ-1Н фирмы «ВЕЗА». Его конструкция представляет собой корпус

прямоугольного сечения из оцинкованной или нержавеющей стали, с установленной внутри него лопаткой поворотного типа. Лопатка выполнена из огнестойкого материала, который характеризуется низким коэффициентом теплопроводности, влагостойкостью, морозостойкостью, экологичностью [10]. Устройство клапана КПУ-1Н представлено на рис. 2.

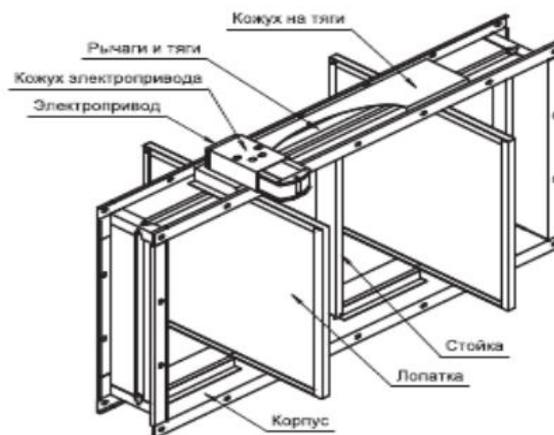


Рис. 2. – Клапан КПУ-1Н

Для проведения расчета потерь давления на противодымном клапане используют такие параметры как площадь проходного сечения клапана $F_{\text{кл}} = 0,015\text{ м}^2$ и коэффициент местного сопротивления $\zeta_{\text{кл}} = 1,1$ для установки в воздуховоде с размерами внутреннего поперечного сечения 150 x 150 мм.

Расчет потерь давления с последующим моделированием приведен ниже.

Расчет потерь давления коэффициента местного сопротивления производится по формуле 1:

$$\zeta_{\text{в}} = \zeta_{\text{кл}} \cdot (F_{\text{в}} / F_{\text{кл}})^2, \quad (1)$$

где $F_{\text{кл}}$ – площадь проходного сечения клапана, м^2 ; $F_{\text{в}}$ – площадь внутреннего сечения воздуховода, м^2 .

$$\zeta_{\text{в}} = 1,1 \cdot (0,0225 / 0,015)^2 = 2,475.$$

Потери давления на ПДК рассчитываются по формуле 2:

$$DP_{\text{КЛ}} = \zeta_{\text{В}} \cdot \rho \cdot V_{\text{В}}^2 / 2, \quad (2)$$

где $\zeta_{\text{В}}$ – КМС клапана, отнесенный к скорости в воздуховоде; $V_{\text{В}}$ – скорость воздуха в воздуховоде, м/с.

$$DP_{\text{КЛ}} = 2,475 \cdot 1,2 \cdot 6^2 / 2 = 168,9 \text{ Па.}$$

Таким образом, с помощью математической модели осуществляется визуальное моделирование распределения потока газозвушной смеси, с целью определения его аэродинамических характеристик при заданных параметрах. Результаты исследования приведены на рис. 3-4.

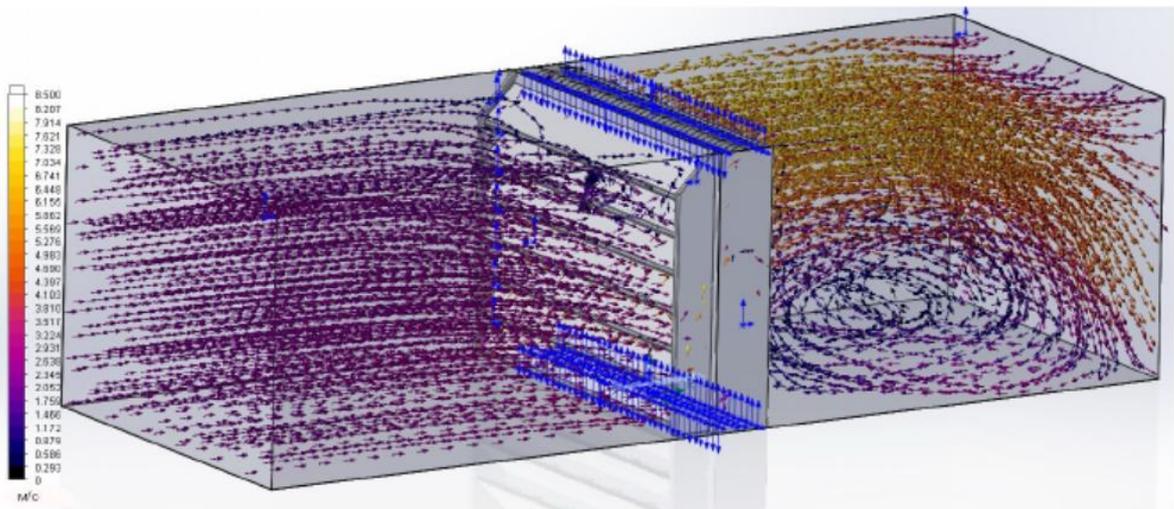


Рис. 3. – Распределение газозвушной смеси через противодымный клапан КПУ-1Н

На основании проведенных выше исследований можно сделать вывод о том, что при проектировании систем противодымной защиты математическое моделирование позволяет наглядно оценить правильность подбора аэродинамических характеристик противопожарных клапанов. От эффективности функционирования данного элемента системы противодымной вентиляции зависит эффективность всего комплекса

противопожарной защиты, что в случае возникновения реальной угрозы задымления позволит безопасно и своевременно покинуть здание.

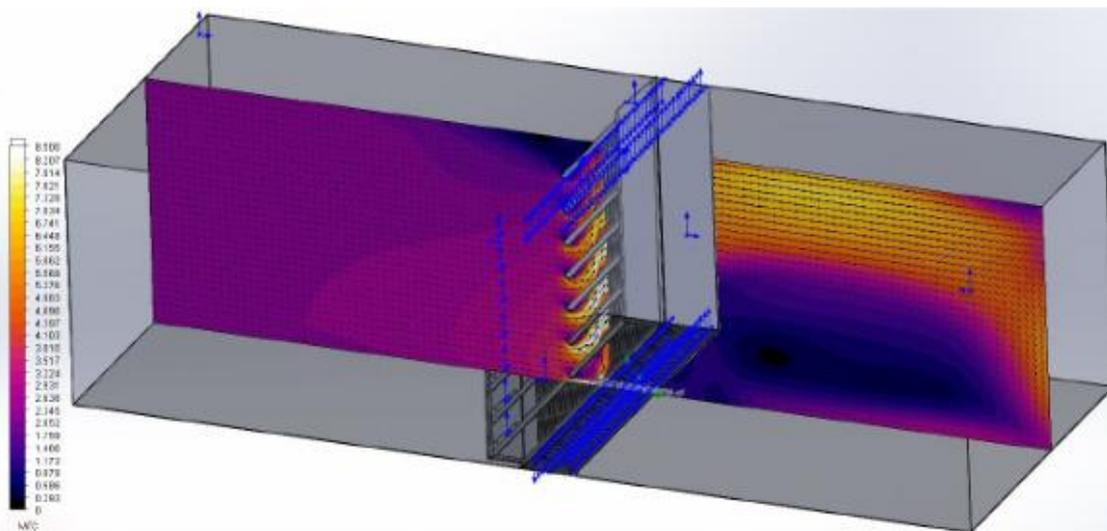


Рис. 4. – Огибание потоков газовой смеси через противоподымный клапан КПУ-1Н

Литература

1. Deibjerg T., Husted B.P., Bygbjerg H., Westerman D. A step by step guide to fire simulation. Argos User's Guide. Hvidovre, Copenhagen 2003. p 39-61.
2. Thomas P.H. The Distribution of Temperature and Velocity Due to Fires beneath Ceilings. Building Research Establishment, Borehamwood, UK 2015. p 141.
3. Рекунов В.С., Анисимов М.В. Расчет противоподымной вентиляции в зданиях различного назначения. Клуб инженеров. URL: инженер.орг.рф/dat/codes_doc_1133.pdf.
4. Гольцов А. Система дымоудаления – виды, требования, принцип работы. Проектирование инженерных систем. URL: hvac-life.ru/ventilyaciya/sistema-dymoudaleniya-vidy-trebovaniya-princip-raboty.



5. Папченко А. Противодымная вентиляция и дымоудаление: как работает, типы и виды. Инженерная компания Qwent. URL: ceds.ru/blog/protivodymnaya-ventilyatsiya.

6. Галкина Н.И. Моделирование процесса прогноза и повышения надежности работы системы вентиляции // Инженерный вестник Дона. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2086.

7. Клапан дымоудаления (дымовой клапан): требования, назначение, типы, устройство, обозначение. URL: fireman.club/statyi-polzovateley/klapan-dyimoudaleniya-tipyi-ustroystvo-montazh.

8. Литвинова Н.А. Эффективное применение клапана приточной принудительной вентиляции с очисткой воздуха в многоэтажном строительстве // Инженерный вестник Дона. 2020. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6356.

9. Скворцова М. Математическое моделирование. Журнал «Математика». 2003. №14. Москва. URL: mat.1sept.ru/view_article.php?ID=200301401.

10. Кузнецова Л.В., Сотникова О.А., Тертычный О.В. Клапан дымоудаления. – 2011. URL: elibrary.ru/download/elibrary_37749860_52449471.

References

1. Deibjerg T., Husted B.P., Bygbjerg H., Westerman D. A step by step guide to fire simulation. Argos User's Guide. Hvidovre, Copenhagen 2003. p 39-61.

2. Thomas P.H. The Distribution of Temperature and Velocity Due to Fires beneath Ceilings. Building Research Establishment, Borehamwood, UK 2015. p 141

3. Rekunov V.S., Anisimov M.V. Raschet protivodymnoj ventilyacii v zdaniyah razlichnogo naznacheniya. [Calculation of smoke ventilation in buildings for various purposes]. Klub inzhenerov. URL: inzhener.org.rf/dat/codes_doc_1133.pdf.



4. Gol'cov A. Sistema dymoudaleniya – vidy, trebovaniya, princip raboty. Proektirovanie inzhenernyh sistem. URL: hvac-life.ru/ventilyaciya/sistema-dymoudaleniya-vidy-trebovaniya-princip-raboty.

5. Papchenko A. Protivodymnaya ventilyaciya i dymoudalenie: kak rabotaet, tipy i vidy. [Smoke ventilation and smoke removal: how it works, types and types]. Qwent Inzhenernaya kompaniya. URL: ceds.ru/blog/protivodymnaya-ventilyatsiya.

Galkina N.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2086.

7. Klapan dymoudaleniya (dymovoj klapan): trebovaniya, naznachenie, tipy, ustrojstvo, oboznachenie. [Smoke removal valve (smoke valve): requirements, purpose, types, device, designation]. URL: fireman.club/statyi-polzovateley/klapan-dymoudaleniya-tipyi-ustrojstvo-montazh.

8. Litvinova N.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6356.

9. Skvorcova M. Matematicheskoe modelirovanie. Zhurnal «Matematika» 2003. №14. Moskva. URL: mat.1sept.ru/view_article.php?ID=200301401.

10. Kuznecova L.V., Sotnikova O.A., Tertychnyj O.V. Klapan dymoudaleniya. 2011. URL: elibrary.ru/download/elibrary_37749860_52449471.