

Разработка способов повышения безопасности при работе систем противодымной вентиляции.

ЧАСТЬ 4

Метод обеспечения требуемых параметров при работе системы подпора на открытую дверь

А. В. Бусахин, канд. техн. наук, доцент, НИУ МГСУ

Г. А. Савенко, аспирант НИУ МГСУ

Ключевые слова: система противодымной вентиляции, система подпора на открытую дверь, максимально допустимое усилие для открытия эвакуационной двери, клапан избыточного давления, минимально допустимое усилие на створке клапана

Данная статья завершает цикл публикаций, посвященных проблеме определения величины допустимого перепада давлений на дверях эвакуационных выходов и экспериментальному исследованию, проведенному с целью изучить работу систем противодымной вентиляции, в частности систем подпора дымоудаления в тамбур-шлюз. Проведенные испытания, полученные результаты, массивы обработанных данных позволили наглядно показать существующие проблемы, возникающие при работе системы противодымной вентиляции, и реализовать комплекс мероприятий по их решению. В четвертой части будет представлен новый метод, позволяющий привести параметры системы к требуемому соответствию, а также подведен итог выполненной работы.

Окончание. Начало см.: АВОК, № 2, 4, 5, 2023

Начнем с выбора максимально допустимого усилия для открытия эвакуационной двери, приведенного в предыдущей части статьи, результаты которого были сведены в графический метод подбора по разработанной номограмме (см. рис. 3, часть 3 данной статьи). При этом следует сказать, что проведение пусконаладочных испытаний является заключительным комплексом мероприятий перед потенциальным подписанием актов выполненных работ,

актов успешно проведенных испытаний, а как следствие – актов сдачи объекта в эксплуатацию. Дополнительные монтажные работы влекут за собой смещение времени сдачи объекта, а как итог – убытки для заказчика.

По результатам проведенных экспериментов, с учетом найденного эмпирического коэффициента и преобразования физической зависимости допустимого перепада на эвакуационной двери в

Таблица 4

Усилие открытия клапана избыточного давления для различных перепадов, Н

$\Delta P/F_{кид}$	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,60	0,81	1,00	1,21	1,44
150	1,40	2,40	3,80	5,40	7,40	9,60	12,20	15,00	18,20	21,60
125	1,10	2,00	3,10	4,50	6,10	8,00	10,10	12,50	15,10	18,00
100	0,90	1,60	2,50	3,60	4,90	6,40	8,10	10,00	12,10	14,40
80	0,70	1,30	2,00	2,90	3,90	5,10	6,50	8,00	9,70	11,50
60	0,50	1,00	1,50	2,20	2,90	3,80	4,90	6,00	7,30	8,60
40	0,40	0,60	1,00	1,40	2,00	2,60	3,20	4,00	4,80	5,80
20	0,20	0,30	0,50	0,70	1,00	1,30	1,60	2,00	2,40	2,90

соответствии с требованиями для объектов, возводимых на территории РФ, в рамках данного исследования была выведена формула, позволяющая упростить выполнение мероприятий по обеспечению открытия эвакуационной двери в период работы системы подпора дымоудаления на открытую дверь при отсутствии ряда требуемых вводных данных.

$$F = k_{у.д.} \cdot B_{пр} \cdot H_{пр} \cdot \Delta P, \quad (1)$$

где F – усилие открытия двери с установленным дверным доводчиком (требуется соблюдать допустимые 100 Н для беспрепятственного открытия двери), Н;

$k_{у.д.}$ – эмпирический коэффициент усилия открытия двери, равный 0,4582;

$B_{пр}$ – ширина двери, м;

$H_{пр}$ – высота двери, м.

Выведенная формула определения допустимого усилия на открытие эвакуационной двери (включая в себя погрешность для различных конфигураций) позволяет оценить получаемые параметры системы до начала проведения комплекса пусконаладочных испытаний и найти потенциальные ошибки проектирования/монтажа, своевременно их локализовать и исправить.

Определившись с верхним пределом и представив графический метод подбора допустимого перепада и формулу для вычисления предварительной работоспособности системы, перейдем к рассмотрению нижнего минимально допустимого предела значений избыточного давления в защищаемых объемах и помещениях.

В данный момент необходимость выявления исследуемого предела связана с тем, что при обеспечении 20 Па в тамбур-шлюзе (далее ТШ) не выполняется условие скорости в проеме двери тамбур-шлюза (если не установлен клапан избыточного давления, далее КИД).

В случае, когда клапан установлен, подобранный перепад на нем составляет в среднем 75–150 Па, что по определению включает в себя нижнюю границу

давления. При этом вариант применения обычного отверстия (с решеткой) в проеме стены ТШ не проходит согласование у специалистов МЧС, что объясняется возможным перетоком дыма через данное отверстие.

Основным регулирующим элементом для клапанов избыточного давления является пружина, которая в ряде случаев крепится к винтовой детали с определенным шагом установки. В других вариантах используется только жесткость пружины (с другим шагом крепления к корпусу клапана), которая за счет силы упругости позволяет выполнить балансировку на допустимое для испытаний давление.

Как показала серия экспериментов, выставленное положение пружины при предварительной наладке может в значительной степени отличаться для каждого отдельно взятого этажа, в силу чего балансировать такой клапан на заводе-изготовителе не представляется возможным.

Главная сложность заключается в том, что жесткость пружины в ряде случаев может увеличиваться, в других случаях уменьшаться, а тамбур-шлюз при закрытой двери на каждом этаже обладает отличающимся избыточным давлением. Обеспечение минимального предела достигается сложной процедурой наладки, к которой прибегают во время испытаний перепада давления на закрытой двери. При этом, если нет установленного КИД в ТШ, полученные 20 Па говорят о том, что не выполняется условие скорости в проеме.

Если же клапан избыточного давления установлен, то при настроенном перепаде в 20 Па время его открытия для систем различной конфигурации может составлять 1–10 с. Эта величина не соотносится с количеством времени, требуемым для эвакуации человека во время пожара. Поэтому в действительности получается так, что обеспечение нижнего предела давления в тамбур-шлюзе либо невозможно, либо недопустимо.

Дополнительная сложность выявляется во время наладки системы при некачественном монтаже. Получив недостаточное количество воздуха из-за

Номограмма определения допустимого усилия для открытия створки клапана в зависимости от его площади и избыточного давления в тамбур-шлюзе

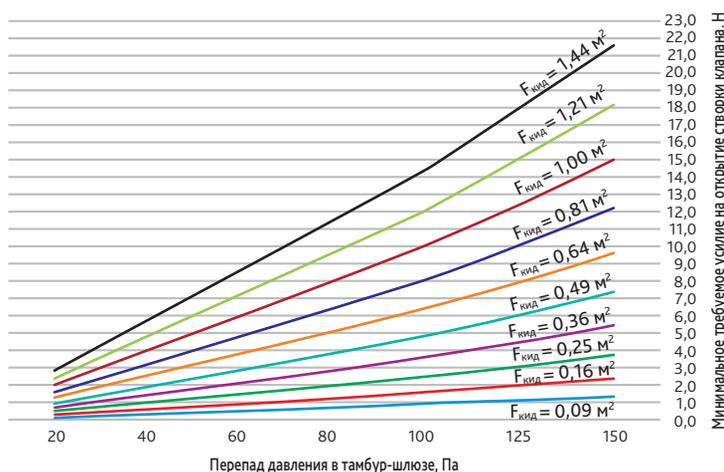


Рис. 4. Номограмма определения минимально допустимого усилия на створке клапана

высоких потерь его объема при движении по воздуховодам, клапан избыточного давления в ряде случаев может не открыться – не хватит давления. Это не говорит о нарушении требований относительно максимально допустимых 150 Па, но сводит полезную работу установленного клапана к нулю.

Выявление минимального предела давления, которое требуется в ТШ, – это попытка решения описанного комплекса проблем, и решением может стать метод определения минимально требуемого усилия на открытие ламели клапана для наладки каждого этажа при проведении испытаний для систем ПД в ТШ на открытую дверь.

Выбрав диапазон площадей для КИД по одной из формул от производителей данных клапанов и отталкиваясь при этом от рассматриваемого интервала избыточного давления, мы можем произвести расчет усилия, требуемого на открытие створки, по эквивалентной физической зависимости от формулы (1), где примем вместо площади дверного проема площадь КИД.

Из полученных данных видно, что при перепаде давления до 40 Па включительно величина требуемого усилия на открытие створки крайне мала по отношению к следующим значениям перепада. Это подтверждает высказанный ранее тезис об отсутствии необходимости и возможности использования нижней границы 20 Па, а также демонстрирует еще один вытекающий из этого вывод: точная наладка клапанов, габариты которых менее 400×400, маловероятна – исходя из погрешности вычислительных приборов как раз на одну цену деления, чаще всего равную 1/10 части шкалы.

Табл. 4 служит доступным способом проверки требуемого усилия на открывание ламели для сопоставления с результатами проведенных испытаний. Это дает возможность аналогично с определением

максимально допустимого перепада на эвакуационной двери выполнить замеры минимально допустимого перепада и оценить усилие на открытие створки КИД. Если не выполнять это действие, может произойти ситуация, при которой из-за описанных факторов, влияющих на жесткость регулируемой пружины, клапан откроется при недопустимом давлении в тамбур-шлюзе, что может привести к серьезным последствиям во время эвакуации людей и нарушению прогнозируемого воздушного режима в период работы систем противодымной вентиляции. Приведем таблицу к графическому виду для упрощения ее использования (рис. 4).

Использование данной номограммы допустимо в прямом и обратном порядке. В первом случае, когда известен перепад давления в тамбур-шлюзе и площадь клапана, полученное усилие сравнивается со значением по вертикальной оси и в случае необходимости регулируется жесткость пружины или другие элементы клапана, позволяющие увеличить усилие на открытие.

Во втором случае, получив усилие при открывании клапана и зная его площадь, требуется экспериментально соотнести величину избыточного давления в тамбур-шлюзе с полученным действительным давлением открытия.

Резонно добавить, что открытие клапана следует из эквивалентного преодоления момента силы, как в случае с открываемой эвакуационной дверью, и аналогично следует добавить понижающий эмпирический коэффициент. Но здесь есть существенное отличие, а именно порядок цифр между рассматриваемыми элементами. Погрешность вычисленного коэффициента при наложении на точность измерительных приборов для более тонкой настройки может дать существенную разницу, которая скажется на итоговом результате.

Остается последний этап, который требуется выполнить для корректного проведения испытаний, а именно наладить КИД на каждом отдельно взятом этаже.

Если оценить всевозможные факторы, которые могут влиять на режим открытия клапана, становится очевидно, что нужен индивидуальный подход к обеспечению требуемого перепада давления на эвакуационной двери. Решением является разработанный и проверенный в рамках данного исследования метод, а именно ограничительный упор на открытие клапана избыточного давления. По мере того как система набирает давление в сети при раскручивании рабочего колеса, меняется и избыточное давление в ТШ, а как следствие – сбрасываемое давление КИД. Выставленное положение пружины, действительная

рабочая точка вентилятора для заданной системы, качества монтажа и т. д., в значительной степени позволяет сместить и рассчитанное значение требуемого сбрасываемого избыточного давления.

Выйдя на рабочие параметры расхода и давления конкретного этажа, можно вручную изменять положение ламелей и «ловить» требуемый перепад на измерительных приборах, а далее использовать разработанный в данном исследовании метод ограничения положения створки клапана и получить требуемый перепад, который будет соотноситься со значением по номограмме и полученным требуемым усилием открытия эвакуационной двери для беспрепятственного ее открытия. Следует сказать, что применение ограничителя требуется тогда, когда требуемые параметры не выполняются в сторону меньшего давления. Если площадь клапана или мощность системы подобраны неверно и полученное избыточное давление превышает максимально допустимое, то выставление ограничителя ухудшит сложившийся режим и увеличит перепад давления на эвакуационной двери.

Сведем описанные положения в упрощенную структуру проведения испытаний.

1. После выполнения монтажа системы подпора дымоудаления для рассматриваемых вариантов провести предварительную оценку усилия открытия двери по формуле (1) (см. выше).
2. При подготовке к проведению пусконаладочных испытаний воспользоваться номограммой (рис. 4) и соотнести площадь КИД, усилие открытия створки и избыточное давление в тамбур-шлюзе.
3. Использовать номограмму (см. рис. 3, часть 3 статьи) для определения максимально допустимого усилия для открытия эвакуационной двери и соотнести с действительными полученными значениями.
4. Провести испытания, опытным путем на каждом этаже произвести замеры избыточного давления на каждом этаже и отрегулировать врезанным упором давление на КИД.

Итоги выполненного исследования

1. Проведен комплексный физико-технический анализ составляющих рабочих параметров системы подпора в защищаемые объемы и помещения при различных вариантах работы. Доказана невозможность одновременного обеспечения требуемых параметров по действующему методу подбора вентилятора (скорости в проеме (расхода) / допустимого перепада давления / беспрепятственного открытия эвакуационной двери).

2. Выполнена серия экспериментов, моделирующих различные режимы работы исследуемой системы, обработаны и аппроксимированы массивы полученных эмпирических данных. Доказано многократное превышение максимально допустимого перепада на эвакуационной двери без установленного клапана избыточного давления, а также необходимость учета усилия дверного доводчика для безопасной эвакуации людей во время пожара в здании.
3. Определены теоретически и доказаны экспериментально требуемые значения нижнего и верхнего предела допустимого избыточного давления в защищаемых объемах и помещениях при наличии установленного КИД. Полученные в ходе исследования численные результаты преобразованы в графический вид номограмм для удобства прикладного применения на возводимых и построенных объектах.
4. Разработана и внедрена в производство модифицированная конструкция клапана избыточного давления. Проведена повторная серия экспериментов для достоверного утверждения теоретических положений в рамках данного исследования.
5. Выведена методика проведения пусконаладочных испытаний для систем подпора дымоудаления в защищаемые объемы и помещения с учетом всех графоаналитических, физико-математических и эмпирических данных, полученных в результате выполнения научной диссертации.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В дальнейшем планируется ряд действий.

1. Подробно рассмотреть ряд других проблем в системах противодымной вентиляции и разработать способы их решения.
2. Продолжить комплексное научное сотрудничество с ведущими в данном исследовании фирмами-производителями (ООО «Арктика», ООО «Аэрдин») для реализации экспериментальной проверки выдвигаемых теоретических тезисов, а также отработки множества вариантов решений для выбора лучшего по критериям надежности, безопасности и долговечности.
3. Систематизировать полученный в рамках данного и будущих исследований опыт в материалах научных статей, методических рекомендаций и учебных пособий, чтобы в дальнейшем обеспечить возможность компетентного проектирования систем противодымной вентиляции и доступного обучения специалистов.