

Л и т е р а т у р а

1. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. М., 1963. 2. Сорокин Н.С. Рационализация воздухообмена на текстильных фабриках. М., 1949. 3. Батулин В.В. Основы промышленной вентиляции. М., 1965. 4. Одельский Э.Х. Гидродинамика потоков - основа индустриализации и сборности современных систем отопления и вентиляции. - "Труды Всесоюз. межвуз. конф. "Проблемы вентиляции и кондиционирования воздуха". Минск, 1939. 5. Кривицкая Н.А. К вопросу о расчете распределительных воздуховодов постоянного поперечного сечения. - В сб.: Отопление, вентиляция и строительная теплофизика. Минск, 1974, вып.3.

УДК 532.574.53.082.7

В.Г. Комарова, В.А. Шущкевич

К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕРЕНИИ ОСРЕДНЕННЫХ ДАВЛЕНИЙ В ТУРБУЛЕНТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СТРУЯХ

Изучение турбулентных течений, хаотичных во времени и пространстве, весьма сложно. До сих пор нет единого мнения о механизме турбулентного переноса, а также теории, которая математически строго и полно отражала бы реальную турбулентность.

Из всех видов турбулентных течений наиболее изучены струи, в которых некоторые характеристики потока (скорость, давление, температура) в каждой точке изменяются во времени очень неравномерно, но в среднем остаются постоянными для любого достаточно большого промежутка времени. Эта особенность турбулентности придает в общем неустановившемуся течению в среднем установившийся характер, что намного упрощает его изучение.

Проведенные экспериментальные исследования турбулентных пульсаций расширили представление о механизме свободной турбулентности. Не подтвердились на опыте некоторые предположения авторов полуэмпирических теорий свободной турбулентности. Оказалось, что ни "путь смешения", ни коэффициент турбулентной вязкости не остаются постоянными в поперечных сечениях турбулентного потока; процессы турбулентного переноса определяются не только диффузией мелкомасштабных вихрей, но и взаимодействием крупных вихрей между собой и с

невозмущенным потоком, а распределение осредненных скоростей в полностью турбулентных участках свободных струй можно описать кривой Гаусса.

Все эти данные снижают ценность существующих полуэмпирических теорий свободной турбулентности, показывают их несовершенство и неуниверсальность и говорят в пользу статистической теории турбулентности. Но поскольку таковая еще не создана, возникает необходимость разрешения конкретных вопросов аэродинамики путем эксперимента. В последнее время большинство исследователей пришло к выводу, что возможность построить истинную модель турбулентного течения вытекает не из измерений пульсаций и связей между ними, а из измерений осредненных величин.

Все это в еще большей мере относится к исследованию турбулентных стесненных струй. Несмотря на то, что проведение эксперимента в этой области сопряжено с большими трудностями, многие исследователи, не имея теоретических предпосылок в части циркуляции и смешения потоков при стесненном течении, вынуждены изучать этот вид турбулентных струй экспериментально.

При экспериментальном изучении турбулентных струй воздуха в изотермических условиях оказывается достаточным измерить осредненные поля давлений, чтобы по ним определить основные характеристики струи (ее границы, поля скоростей, количество движения и энергию в любом сечении).

Для измерения давления и скорости в экспериментальной аэродинамике наибольшее распространение получили пневматический, термоэлектрический и электрический методы. Для измерения пульсирующих величин используют термоэлектрический и электрический методы, что вполне оправдано, а для измерения осредненных величин — пневматический, что оказывается ошибочным.

Так как пневмотрубки являются наиболее инерционным воспринимающим элементом, то их применение для измерения осредненных давлений отчасти уместно. Они могут с успехом применяться в потоках с редкими во времени пульсациями. Но таких потоков мало. В основном все воздушные течения турбулентны со значительной частотой и амплитудой пульсаций, и использование пневмотрубок для измерения в них осредненных давлений приводит к неточным результатам по двум причинам.

Первая состоит в том, что на измерение осредненных статического и полного давлений с помощью пневмотрубки очень сильное влияние оказывают поперечные турбулентные пульсации

скорости. Однако до сих пор не проводились исследования по учету погрешности от влияния турбулентности на результаты измерений. Вероятно, причина тому – еще малая изученность турбулентности. В свою очередь при изучении турбулентности измерение пульсационных составляющих скорости осложняется влиянием на их величину осредненных характеристик турбулентного потока.

Выход из этого замкнутого круга можно найти, применяя такие конструкции пневмотрубок, в которых влияние пульсаций сводится до минимума. Одно из конструктивных требований к пневмотрубкам состоит в том, что они должны иметь небольшие размеры, чтобы не вносить в поток возмущений. Однако уменьшение размеров пневмотрубки, особенно той ее части, которая воспринимает полное давление, ограничено тем, что с уменьшением размера отверстия сказывается влияние вязкости, искажающей показания. В дополнение к этому требованию необходимо ввести еще одно ограничение: диаметр отверстий пневмотрубки, воспринимающих давление, должен быть не больше линейного размера наименьшего вихря исследуемого потока, т.е. не должен превышать микромасштаба турбулентности. Величина микромасштаба турбулентности известна и зависит от величины средней скорости потока. Например, для скорости воздушного потока до 100 м/с микромасштаб не превышает 1 мм.

Вторая причина погрешностей, возникающих при использовании пневмотрубок для измерения осредненных давлений в пульсирующих потоках, состоит в том, что в условиях таких потоков инерционность пневмотрубки недостаточна для полного осреднения измеряемого давления. Пневмотрубка почти полностью передает пульсации давления микроманометру, отчего уровень рабочей жидкости в нем колеблется с большими амплитудой и частотой.

В таких условиях, т.е. при осреднении "на глаз" пульсаций давлений, невозможен отсчет показаний не только с допустимой прибором, но и вообще с какой-либо определенной и постоянной в процессе измерения погрешностью. Микроманометр как регистрирующий прибор не приспособлен к пульсирующим потокам.

Очевидно, эту проблему измерений можно было бы решить, использовав вместо пневмотрубки электрический датчик давления, а в качестве регистрирующего прибора поставить самописец или осциллограф. Получив диаграмму пульсирующего давления в некоторой точке потока в течение определенного про-

межутка времени, можно было бы по ней с достаточной точностью определить среднюю величину измеряемого давления.

Такой метод не нов и с успехом применяется в некоторых областях техники, но в исследованиях воздушных турбулентных струй он не получил должного распространения. Это, вероятно, связано с отсутствием необходимых и достаточно надежных приборов.

Например термоанемометр, самый распространенный прибор для измерений турбулентных пульсаций скорости, достаточно хорошо работает только в стационарных потоках и лишь сносно в микромасштабных турбулентных потоках, когда поперечная пульсационная составляющая скорости намного меньше ее осредненной величины. Как только величина поперечных пульсаций становится соизмеримой со средней величиной скорости, становится заметным влияние их на охлаждение нити термоанемометра, что выражается в нарушении линейности выходных характеристик прибора. Учесть это влияние в погрешности термоанемометра очень сложно, так как для этого надо знать структуру турбулентного потока, которая в настоящее время изучается с помощью тех же термоанемометров.

Таким образом, поскольку основной участок турбулентных струй является крупномасштабным, то применение термоанемометра для измерений в них почти невозможно.

Не лучше обстоит дело и с электрическими датчиками давления. При исследованиях, связанных с выявлением закономерностей турбулентных воздушных струй, возникает необходимость в измерении и непрерывной регистрации очень малых перепадов давлений в довольно широком диапазоне — от десятых и даже сотых долей до сотен миллиметров вод.ст. Однако в настоящее время отечественная промышленность не выпускает специальной аппаратуры, предназначенной для измерения и регистрации столь малых давлений.

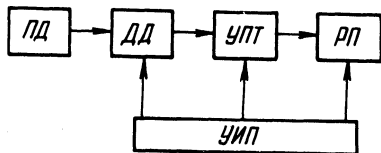


Рис. 1.

В Белорусском политехническом институте создана измерительная установка, удовлетворяющая вышеуказанным требованиям.

Блок-схема измерительной установки для регистрации малых давлений показана на рис. 1. Она состоит из приемника

давления (ПД) – пневмотрубки, выполненной в соответствии с предъявляемыми к ней требованиями, вводимой в исследуемый поток и воспринимающей измеряемое давление; датчика давления (ДД), преобразующего импульс давления в электрическую величину, с источником питания (УИП); усилителя постоянного тока (УПТ) и регистрирующего самопишущего прибора (РП) с источником питания (УИП).

При разработке указанной измерительной установки самым сложным оказалось создание датчика малых давлений с линейной характеристикой в очень широком диапазоне измеряемых величин. В результате анализа схем существующих датчиков давления разработано несколько типов электрических датчиков с общим диапазоном измеряемых величин 0 ± 200 мм вод.ст.

Задача усиления и регистрации сигналов, выдаваемых датчиками, оказалась значительно проще, так как необходимые для этого приборы были в свое время разработаны и выпускаются отечественной промышленностью.

Описанный метод измерения осредненных пульсирующих давлений имеет следующие преимущества в сравнении с существующими методами:

возможность выполнять измерения с известной систематической погрешностью, обеспечивающей точность экспериментальных исследований;

сокращение времени измерений;

возможность изучения характера турбулентного потока по виду пульсаций давления.

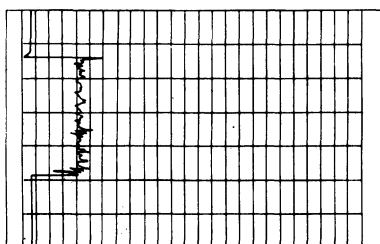


Рис. 2.

На рис. 2 показана часть диаграммной ленты, на которой записаны с помощью измерительной установки пульсации давления в некоторой точке турбулентного потока воздуха в течение определенного промежутка времени.

Резюме. Для измерения осредненных давлений в крупномасштабных турбулентных потоках воздуха наиболее надежным является описанный метод измерения с помощью пневмотрубки как приемника давления, датчика давления, преобразующего

импульс давления в электрическую величину, и регистрирующего самопишущего прибора, так как этот метод обеспечивает точность измерений с известной систематической погрешностью.

УДК 628.52

М.И. Курпан (канд. техн. наук),
Э.В. Сенькевич (канд. техн. наук)

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК С ДОЖИГАНИЕМ ПАРОВ РАСТВОРИТЕЛЯ

Современным перспективным направлением, .. исключающим или резко снижающим выброс вредных веществ в атмосферу из сушильных камер, является замкнутый технологический процесс, при котором очистка отбросного воздуха производится в схеме обогрева сушильной установки. К такому способу относится попутное термическое дожигание паров растворителей [1]. Однако практическое воплощение предлагаемого способа влечет за собой необходимость увязки вопросов техники и технологии процесса сушки и сжигания горючих газов на основе действующих правил и норм пожаро- взрывобезопасности и промышленной санитарии окрасочных цехов [2].

Процесс сушки лакокрасочных материалов с точки зрения теплообмена состоит из двух периодов: в начальный период деталь с нанесенной лакокрасочной пленкой разогревается до заданной температуры, а затем производится выдержка и полимеризация покрытия. Для каждого вида лакокрасочных материалов разработаны свои режимы сушки, обеспечивающие твердость покрытия и его оттенок в зависимости от температуры сушки и времени выдержки [3, 4]. Анализ этих зависимостей показывает, что необходимое качество лакокрасочной пленки можно получить различными режимами нагрева и выдержки, граничные значения которых определяют область рабочих режимов сушки.

В процессе разогрева наблюдаются значительные колебания температур на поверхности сушимых деталей, что обуславливается массивностью стенок детали, переменным значением коэффициента облученности и другими причинами. Режим разогрева любой детали можно представить в виде определенной температурной области. Графическое выражение области рабочих режимов разогрева деталей может быть использовано для по-