

динамич. коэф. учитывается расчётной или эксперим. поправкой.

Эксперим. исследование полёта на больших высотах и скоростях связано с необходимостью соблюдать дополнит. условия, к числу к-рых относятся безразмерные комбинации M/\sqrt{Re} или M/Re , характеризующие отношение длины свободного пробега молекулы к размерам тела. Кроме того, при больших сверхзвуковых скоростях необходимо соблюдать условия теплового подобия, т. е. подобия температурных полей и тепловых потоков, характеризующихся *Прандтля числом* $Pr = \mu c_p / \lambda$, *Нуссельта числом* $Nu = \alpha l / \lambda$ и *Стэнтона числом* $St = \alpha l / \rho c_p v$, где α — коэф. теплоотдачи, μ и λ — коэф. вязкости и теплопроводности газа, ρ — плотность текущего газа. При исследовании нестационарного движения необходимо, кроме перечисленных, соблюдать также критерий гомохронности, характеризующийся *Струхала числом* $Sh = vt/l$, где t — характерное время процесса.

Методы создания потока, обтекающего модель. Существует неск. способов осуществления обтекания исследуемой модели. Поскольку характер потока около обтекаемого тела и действующие на него силы не зависят от того, движется ли тело в неподвижном газе или равномерный поток газа обтекает неподвижное тело, то А. э. в большинстве случаев производится в аэродинамич. трубах, где исследуется обтекание газом неподвижно закреплённых моделей. Это основной и наиболее распространённый метод А. э. Одно из его достоинств — возможность испытания моделей сложной формы, устанавливаемых под любым углом к направлению скорости потока. Кроме того, аэродинамич. трубы в большинстве случаев позволяют получить большую продолжительность установившегося режима обтекания модели, что даёт возможность использовать разнообразные методы измерения и выполнять всесторонние исследования. Недостаток аэродинамич. труб — трудность получения чисел $M > 10-12$, т. к. для предотвращения конденсации воздуха, ускоряющегося в сопле аэродинамич. трубы, его необходимо нагревать до темп-р, превышающих 1000°C . Применение одноатомных газов (в основном гелия), конденсирующихся при низких темп-рах, позволяет получить в аэродинамич. трубах числа $M \approx 20$, однако при этом в получаемые результаты необходимо вносить поправки, учитывающие различные физ. свойства воздуха и одноатомных газов. К недостаткам аэродинамич. труб также относятся повышенная турбулентность потока и трудности, вызываемые необходимостью предотвращения или учёта влияния на обтекание модели стенок аэродинамич. трубы и державок или подвесок, на к-рых крепится модель.

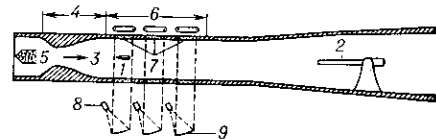
Для моделирования обтекания спускаемых космич. аппаратов и головных частей баллистич. ракет при изучении вопросов, связанных с обтеканием элементов поверхности высокотемпературным газом, существуют аэродинамич. трубы, у к-рых темп-ра газа в форкамере достигает $5000-6000\text{ K}$ (установки с электродуговым подогревом рабочего тела), а при кратковременной работе — $15\ 000-18\ 000\text{ K}$ (ударные трубы). Особую группу аэродинамич. труб представляют установки, обеспечивающие течение разреженных газов и создающие условия, соответствующие полёту на высотах $\sim 100\text{ км}$.

К установкам, обеспечивающим исследование обтекания движущейся модели в неподвижном воздухе, относятся ративные машины, баллистич. установки, летающие модели и ракетные тележки. На ративных машинах модель вращается по замкнутому кругу; их недостатки — невозможность получения значит. чисел M и трудности, связанные с необходимостью учёта влияния на обтекаемые модели центробежных сил и аэродинамич. следа за моделью.

В баллистич. и аэробаллистич. установках модель небольших размеров и относительно простой формы ка-

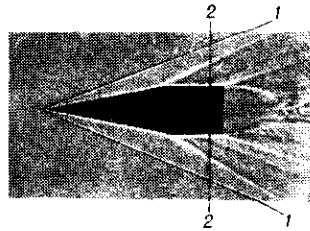
тапультируется (выстреливается) в первом случае в неподвижный воздух, а во втором — навстречу струе, выходящей из сопла аэродинамич. трубы. Если струя вытекает из сопла со скоростью, соответствующей числу $M=5$, а скорость полёта модели 4000 м/с , то число M

Рис. 1. Схема аэробаллистич. с кой установки.



модели относительно движущегося воздуха равно 30; при этом можно получить число $Re \sim 10^6$ и темп-ру торможения $T_0 \sim 12000\text{ K}$. В аэробаллистич. установке (рис. 1) исследуемая модель 1 выстреливается пушкой 2 навстречу потоку газа, выходящего из сверхзвукового сопла 4; пройдя через критич. сечение сопла, модель улавливается контейнером 5. Через окна 7 в стенках рабочей части 6 производится фотографирование модели *теневым методом*. Параллельный пучок света от точечного источника 8 (обычно искровой разряд с длительностью свечения 10^{-8} с) отражается зеркалом 9, проходит через окна 7 и освещает фотошлэнк в кассете. Система синхронизации, искровой источник света 8 и оптич. система 9 позволяют получать последовательность фотоснимков, на к-рых видны силуэт модели и теневая картина её обтекания (рис. 2). Длительность промежутка времени между искровыми разрядами регистрируется хронометром. Расстояние, проходимое моделью за это время, определяется

Рис. 2. Теневая фотография летящей модели: 1 — ударные волны; 2 — визирная линия.



по расстоянию между визирными линиями, нанесёнными на защитных стёклах окон (рис. 2), и по положению модели относительно визирной линии на фотоснимке. Полученные данные позволяют вычислить скорость и ускорение, а следовательно, и суммарную аэродинамическую силу, действующую на модель. Малогабаритная телеметрическая аппаратура даёт возможность вести и др. измерения непосредственно на летящей модели.

Аналогичные исследования выполняются при помощи летающих моделей, к-рые катапультируются назем-

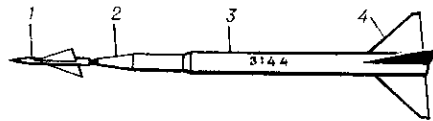


Рис. 3. Испытание в свободном полёте: 1 — исследуемая модель; 2 — телеметрия; 3 — ракетный двигатель; 4 — стабилизаторы.

ными установками, сбрасываются с самолётов или разгоняются спец. ракетами (рис. 3). Летающие модели обычно имеют значит. размеры и достаточно сложную форму. Измерит. и телеметрич. аппаратура, устанавливаемая на модели, в сочетании с наземным оборудованием позволяет вести детальное исследование сил, действующих на модель и её элементы, изучать нагревание модели и т. п. Недостатки этого метода А. э. — сложность и дороговизна, ограничивающие возможность проведения систематич. исследований.

Ракетная тележка (рис. 4) представляет собой площадку, к-рая движется по рельсам и ускоряется системой ракетных двигателей. Исследуемая модель и измерит. аппаратура крепятся на спец. рамс. Совр. ра-