

odpowiednio złożone, szczególnie w przypadku fotografii kolorowej. Zdjęcia fal uderzeniowych, wywołanych przez lecący pocisk, reprodukowane na okładce były szczególnie trudne do uzyskania, gdyż czas eksplozji był tu bardzo krótki (0,3 mikrosekundy). Lampa błyskowa musiała mieć odpowiednio wysoką moc, aby prawidłowo naświetlić kolorową błonę (moc lampy 20 000 kW). Na zdjęciach fale uderzeniowe są widoczne jako ciemne smugi odchodzące skośnie od pocisku. Posłużymy się modelem ilustrującym mechanizm powstawania fali uderzeniowej. W modelu tym rozpatrzmy ruch samochodów na autostradzie. Wyobraźmy sobie sznur samochodów jadących z dużą prędkością. Pierwszy samochód zaczyna nagle ostro hamować przed przeszkodą na autostradzie. Jeśli samochody jadą tak szybko, że prędkość reakcji kierowców nie pozwoli im w porę włączyć hamulców, to wytworzy się nagle zgęszczenie samochodów — gigantyczna kraksa. Przetłumaczmy teraz tę katastrofę na język fal uderzeniowych. Samochody to cząsteczki powietrza. Przeszkoda na szosie to ciało opływane przez powietrze. Prędkość reakcji kierowców to prędkość dźwięku. Nagle zgęszczenie samochodów to fala uderzeniowa. Oczywiście prędkość samochodów jest większa od „prędkości dźwięku”.

Bardzo ciekawie przedstawiają się fale uderzeniowe w matematycznym opisie przepływu gazu. Jeśli nie uwzględniamy lepkości gazu, to wśród rozwiązań opisujących ruch tego gazu pojawiają się rozwiązania nieciągłe odpowiadające falom uderzeniowym. Jeśli uwzględnimy lepkość gazu, to falom uderzeniowym odpowiadają już rozwiązania ciągłe, dające jednak bardzo szybkie zmiany wielkości opisujących stan gazu.

Wydaje się, że strzelając z torby wypełnionej powietrzem nie myśleliście o tym, ile rozmaitych problemów, z których jedynie drobną część tu omówiliśmy, kryje się w tym zjawisku.

Czy można zobaczyć strumień powietrza opływający przeszkodę, bez korzystania z dymu, pyłu lub innych widzialnych zawiesin unoszących się z wiatrem? Powietrze nieruchome jest praktycznie przezroczyste. Powietrze unoszące się nad ogniskiem jest również przezroczyste, ale można je zobaczyć — dostrzec jego drganie i falowanie.

Warstwy cieplejsze są rzadsze, mają inne właściwości optyczne, inaczej załamują światło aniżeli cięższe, gęstsze warstwy chłodniejsze. Powietrze opływające przeszkodę ulega w jednych miejscach zagęszczeniu, a w innych rozrzedzeniu, a więc przestaje być ośrodkiem jednorodnym optycznie. Zmiany współczynnika załamania mogą być bardzo niewielkie, ale te właśnie różnice pozwalają dostrzec lub raczej zarejestrować na kliszy fotograficznej ruch różnych warstw powietrza. W badaniach tego typu, szczególnie ważnych w tunelach aerodynamicznych, stosuje się między innymi metodę smug (z niemiecka metoda Schlieren) — przy pomocy interferometru smugowego. Rysunek ilustruje zasadę działania przyrządu. Światło ze szczeliny 1, umieszczonej w ognisku soczewki 2, przechodzi przez obszar badany (3) i jest ogniskowane przez soczewkę 3 w jej płaszczyźnie ogniskowej. Obraz szczeliny przesłania częściowo ostrze 4. Na kliszy fotograficznej 5 otrzymujemy jednorodne oświetlenie.

Jeżeli w obszarze badanym znajduje się niejednorodność optyczna, na przykład zagęszczenie powietrza, to promień (narysowany kolorem) ulegnie odchyleniu. Zależnie od kierunku odchylenia obraz na kliszy ulegnie w określonym obszarze zaciemnieniu lub rozjaśnieniu. Klisza fotograficzna zarejestruje obraz złożony z obszarów jasnych i ciemnych, odpowiadających rozkładowi niejednorodności w obszarze badanym. Analiza obrazu nie pozwala stwierdzić, czy niejednorodność odpowiada zagęszczeniu powietrza, czy też jego rozrzedzeniu.

Niejednoznaczność tę usunięto wprowadzając cztery szczeliny ułożone na brzegach kwadratu i emitujące światło w czterech barwach. Cztery odpowiednio ustawione ostrza odcinają połowę światła z każdej szczeliny. Wprowadzenie do badanego obszaru niejednorodności odchyła promienie czterech barw, a z rozkładu kolorów na obrazie można wnioskować o rozkładzie zagęszczeń i rozrzedzeń. Fotografia barwna wymaga stosunkowo długich ekspozycji i dlatego opisaną technikę stosowano przede wszystkim do procesów stacjonarnych. Wprowadzenie do badań powietrznej lampy błyskowej, w której moc 20 megawatów wyzwolana jest w okresie 0,3 mikrosekundy, umożliwiło rejestrowanie procesów bardzo krótkotrwałych.

Na pierwszej i ostatniej stronie okładki zamieszczamy cztery zdjęcia krótkotrwałych zjawisk. Na stronie IV z lewej zdjęcie pocisku przebijającego bańkę mydlaną, a na stronie I, pocisk przechodzący przez płomień świecy. W obu przypadkach widoczna jest fala uderzeniowa (patrz poprzedni artykuł). Zdjęcie na stronie IV okładki z prawej pokazuje falę uderzeniową rozchodzącą się w wodzie w wyniku wyładowania elektrycznego. Prędkość fali wynosi 1800 m/s. Ostatnie zdjęcie pokazuje wiry wokół skrzydła wiatraczka kręcącego się z prędkością 1200 obrotów na minutę.

T. H.

(Zdjęcia na podstawie «Scientific American», tom 231 (1974), nr 2)



Czy można zobaczyć wiatr?

