



УКРАЇНА

(19) UA (11) 22943 (13) A

(51)6 G 09 B 23/14

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті
на підставі Постанови Верховної Ради України
№ 3769-XII від 23.XII. 1993 р.Публікується
в редакції заявника

(54) СПОСІБ ДОСЯГНЕННЯ ПОДІБНОСТІ ПРИ ФІЗИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ АКУСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

1

(21) 96103772

(22) 01.10.96

(24) 05.05.98

(46) 30.06.98. Бюл. № 3

(47) 05.05.98

(72) Сафонов Володимир Васильович, Абракітов Володимир Едуардович, Захаров Юрій Іванович

(73) Сафонов Володимир Васильович, Абракітов Володимир Едуардович, Захаров Юрій Іванович

(57) 1. Спосіб досягнення подібності при фізичному моделюванні акустичних процесів, включаючий спостереження геометричного подібності моделі і натурі, спостереження рівності відношень лінійних розмірів до довжини хвилі в моделі і в натурі, спостереження рівності імпедансів або коефіцієнтів звукопоглинання в моделі і в натурі, о т л и ч а ю щ и й с я тем, що моделювання ведуть в реальному масштабі часу, спостереження рівності сусідніх проміжків часу в моделі і в натурі, за рахунок чого забезпечують в моделі швидкість поширення звуку, рівну швидкості поширення звуку в натурі на масштабі лінійних розмірів.

2. Спосіб досягнення подібності при фізичному моделюванні акустичних процесів по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, що при рівності газових постійних в моделі і в натурі і рівності в них постійних

2

адиабат, т.е. при використанні в якості середовища поширення звукових хвиль одного і того ж газу як в моделі, так і в натурі, наприклад, повітря, забезпечують температуру цього газу в моделі, рівну температурі цього газу в натурі на масштабі лінійних розмірів, піднятий в третю ступінь, при однакових тисках газу в них.

3. Спосіб досягнення подібності при фізичному моделюванні акустичних процесів по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, що при рівності газових постійних в моделі і в натурі і рівності в них постійних адиабат, т.е. при використанні в якості середовища поширення звукових хвиль одного і того ж газу як в моделі, так і в натурі, наприклад, повітря, забезпечують тиск цього газу в моделі, рівний відношенню тиску цього газу в натурі до масштабу лінійних розмірів, піднятому в третю ступінь, при однакових значеннях температур в них.

4. Спосіб досягнення подібності при фізичному моделюванні акустичних процесів по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, що в якості середовища поширення звукових хвиль в моделі використовують газ з хімічним складом, відмінним від хімічного складу газу, являючогося середовищем поширення звукових хвиль в натурі, наприклад, повітря.

Харківська державна
НАУКОВА БІБЛІОТЕКА
ім. В.Г.Короленка

(19) UA (11) 22943 (13) A

Изобретение относится к области техники моделирования, а именно к моделям акустических процессов, используемых при физических экспериментах и решении ряда прикладных задач, в частности, задачи прогнозирования ожидаемого шумового режима в проектируемой городской застройке и т.п.

Основное требование, предъявляемое к моделям – их максимально более полное подобие натурным объектам, которые они копируют. Наиболее близким к заявляемому является способ достижения подобия при физическом моделировании акустических процессов [Юдин Е.Я. Борьба с шумом. Справочник под ред Юдина Е.Я. М., Изд-во литер. по строительству, 1964, с. 109], согласно которому при моделировании акустических процессов выдвигаются следующие требования подобия:

1. Геометрическое подобие модели натуре (что достигается путем изготовления уменьшенной в число c_L раз модели (или увеличенной в соответствующее число c_L раз). (Данное число c_L представляет собой масштаб линейных размеров). Если $c_L = 1:1$, модели имеют одинаковые с натурным объектом размеры);

2. Соблюдение равенства отношений линейных размеров к длине волны в модели и в натуре (что достигается путем соответствующего изменения в c_L раз длины волны или частоты звука в модели по отношению к натурным);

3. Соблюдение равенства импедансов в модели и в натуре. Как указывается там же (в указанном описании способа-прототипа), это требование практически невыполнимо и на практике заменяется равенством коэффициентов звукопоглощения (что достигается путем подбора при конструировании модели соответствующих материалов).

Однако этот способ характеризуется локализацией подобия, связанной с тем, что изменяется масштаб времени (в модели время течет в c_L^{-1} раз быстрее или медленнее чем в натуре), поскольку скорости распространения звука в модели v_m , м/с и в натуре v_n , м/с, одинаковы. Действительно, если натуральный объект, например, планируемый к застройке городской район, характеризуется воздушной средой распространения звука со скоростью распространения v_n , его модель, также с воздушной средой характеризуется той же самой скоростью распространения звука $v_m = v_n$, м/с. В то же время модель изготовлена в масштабе c_L по отношению к натурному объекту, т.е. ее (модельные) линейные размеры L_m , м связаны со

сходственными линейными размерами в натуре L_n , м

$$L_m = c_L L_n \quad (1)$$

Промежуток времени в натуре может быть определен как отношение длины L_n , к скорости распространения звука v_n , м/с

$$T_n = L_n / v_n \quad (2)$$

а сходственный ему промежуток времени в модели T_m , с, как

$$T_m = L_m / v_m = c_L L_n / v_n = c_L T_n \quad (3)$$

Т.е. сходственные промежутки времени T_m в модели и T_n в натуре неодинаковы и 1 секунда для модели не эквивалентна 1 секунде для натурального объекта. Это вызывает целый комплекс нарушений подобия. (Как известно, частота обратна времени, кроме собственно времени еще и затрагиваются вопросы подобия частотных характеристик для явлений интерференции звука, например и многое другое). А, как известно, нарушение подобия влечет за собой потерю достоверности моделирования). Из-за значительной локализации подобия модель представляет собой жалкую копию природы.

Задачей изобретения является увеличение полноты подобия, и следовательно, повышение достоверности и точности результатов моделирования.

Эта задача решается тем, что предлагаемый способ достижения подобия предусматривает осуществление моделирования в реальном масштабе времени, с соблюдением равенства сходственных промежутков времени в модели T_m , с и T_n , с – в натуре: $T_m = T_n$, с; за счет того, что обеспечивают в модели скорость распространения звука v_m , равную произведению скорости распространения звука в натуре v_n на масштабе линейных размеров c_L

$$v_m = c_L v_n \quad (4)$$

Действительно, с соблюдением соотношений (1) (которое, входя в признаки прототипа, также соблюдается в предлагаемом устройстве) и (4) получается

$$T_m = L_m / v_m = c_L L_n / (c_L v_n) = L_n / v_n = T_n \quad (5)$$

Предусмотрено осуществлять это изменение за счет либо:

изменения температуры в модели T_m , К по отношению к натурной температуре T_n , К при одинаковом давлении в модели и натуре и одном и том же газе;

изменения давления в модели P_m , Па по отношению к натурному давлению P_n , Па при одинаковой температуре в них $T_m = T_n$, К и (и одном и том же газе);

использував в модели в качестве среды распространения звука другой раз, чем используемый в натуре (т.к. в разных газах скорость звука различна), например, заме-

нив натуральный воздух в модели азотом или др.

Обеспечение равенства сходственных промежутков времени в модели T_m , с и в натуре T_n , с резко повышает полноту подобия модели натуре, а, следовательно, точность и достоверность результатов. Кроме того, использование реального масштаба времени резко увеличивает удобство проведения экспериментов, снижает их трудоемкость и др. Неравенство скоростей распространения звука в модели v_m , м/с и натуре v_n , м/с, возникающее при этом, для полноты подобия имеет мало значащее и маловажное значение, тем более, что по формуле (4) осуществлена их взаимосвязь в виде масштабного соотношения.

Сущность изобретения заключается в следующем. Запишем общеизвестное уравнение состояния идеального газа, связывающее начальное (индекс 1) и конечное (индекс 2) состояния этого газа

$$P_1 \cdot V_1 / T_1 = P_2 \cdot V_2 / T_2 = \text{const} \quad (6)$$

где P – давление газа, Па;

T – температура газа, К;

V – объем газа, м³.

В таком виде эта основополагающая физическая закономерность приведена, например, в: Кухлинг Х. Справочник по физике. Пер. с нем. М., Мир, 1985. Заменим понятие "начальное состояние" с индексом 1 на понятие "натура с индексом "н", а понятие "конечное состояние" с индексом 2 на понятие "модель" с индексом "м". В результате получаем полностью эквивалентное (6) уравнение (7) (совершенно очевидно, уравнение состояния идеального газа есть требование подобия для параметров газообразных сред при физическом моделировании акустических процессов):

$$P_n V_n / T_n = P_m V_m / T_m = \text{const.} \quad (7)$$

Поскольку линейные размеры модели и натуре связаны между собой соотношением (1), объемы сходственных элементов модели V_m и натуре V_n связаны между собой кубической зависимостью

$$V_m = c_L^3 V_n \quad (8)$$

тогда (7) можно переписать в виде

$$P_n V_n / T_n = c_L^3 V_n P_m / T_m$$

$$P_n / T_n = c_L^3 P_m / T_m \quad (9)$$

Это и есть предлагаемое требование подобия, оно же уравнение состояния идеального газа. Как известно, частными случаями уравнения состояния идеального газа являются:

1) изохорический процесс – в данном случае невозможен, т.к. в моделях при $c_L \neq 1:1$ $V_m \neq V_n$ (объемы не равны);

2) изотермический процесс:

$$\begin{cases} T_n = T_m \\ P_m = P_n / c_L^3 \end{cases} \text{ (Закон Гей-Люссака) (10)}$$

3) Изобарический процесс:

$$\begin{cases} P_m = P_n \\ T_m = T_n c_L^3 \end{cases} \text{ (Закон Бойля-Мариотта) (11)}$$

Таким образом, из самих законов физики следует, что действительно подобна натуре только та модель, у которой либо:

10 давление газа изменено по отношению к натурному давлению согласно зависимости (10);

15 температура газа изменена по отношению к натурной температуре согласно зависимости (11).

Технический результат изобретения, выражающийся в изменении скорости распространения звука в модели по отношению к натурной скорости, является таким образом, следствием основополагающих законов физики, согласно которым скорость распространения звука в газе зависит от его давления и температуры. Следствием изменения скоростей распространения является достижение реального масштаба времени согласно формулам (4) и (5).

30 Существует еще одна возможность изменить скорость распространения звука в модели по отношению к натурной, заключающаяся в изменении химического состава газа в модели по отношению к натурному химическому составу его. (Как известно, скорость распространения звука в разных газах различна). Она также вытекает из того же самого уравнения состояния идеального газа, записанного в общем виде (полностью). Мы запишем систему из двух таких уравнений: одно – для модели, другое – для натуре:

$$\begin{cases} P_m V_m / T_m = M_m R_m \\ P_n V_n / T_n = M_n R_n \end{cases} \quad (12)$$

где M – масса газа, кг;

45 R – газовая постоянная, характеризующая химический состав газа (изменить газовую постоянную можно, только изменив химический состав газа).

Техническая реализация изобретения заключается в изменении параметров газообразной среды, в которую помещена модель исследуемого объекта. Отличие от обычных экспериментов по физическому моделированию акустических процессов состоит в том, что модель исследуемого объекта помещают не на воздухе, а в барокамеру с измененным согласно (10) давлением, либо в термостат с измененной согласно (11) температурой, либо в герметично закрытую камеру с иным газом, параметры которого могут быть найдены с использованием зависимости (12).

Изобретение обеспечивает значительное повышение точности и достоверности результатов моделирования за счет увеличе-

ния полноты подобия, т.е. к геометрическому подобию, реализованному в прототипе, добавляется еще и подобие физическое.

Упорядник

Техред М.Келемеш

Коректор О. Кравцова

Замовлення 4513

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101