

## ОБЩИЙ ПОДХОД К МАТЕМАТИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ ОБЛАКОВ

**И. З.Меражов**

Осиё Халқаро Университети, Бухара, Узбекистан

**Аннотация:** В этой статье обсуждается одна гидродинамическая математическая модель облака разработанная с помощью искусственного интеллекта.

### Замкнутость уравнений законов сохранения

Замкнутость уравнений законов сохранения означает, что система уравнений полностью описывает физическую ситуацию и не требует дополнительных уравнений или данных для получения полного решения. В контексте законов сохранения, таких как закон сохранения массы, энергии, импульса и момента импульса, замкнутость системы уравнений означает, что все необходимые величины могут быть найдены из этих уравнений.

Для достижения замкнутости уравнений законов сохранения в системе должны быть учтены все взаимодействия и процессы, происходящие в рассматриваемой системе. Обычно это означает, что число уравнений должно быть равно числу неизвестных.

Примером замкнутой системы уравнений могут служить уравнения Навье-Стокса в гидродинамике, которые описывают движение вязкой жидкости и учитывают законы сохранения массы (уравнение непрерывности), импульса (уравнения движения) и энергии (энергетическое уравнение).

Если у вас есть конкретный пример или ситуация, требующая рассмотрения замкнутости уравнений законов сохранения, пожалуйста, предоставьте дополнительные детали.

первое начало термодинамики и уравнения Эйлера идеальной жидкости

Первое начало термодинамики и уравнения Эйлера для идеальной жидкости тесно связаны с законами сохранения и являются основополагающими в теоретической физике и инженерии.

Первое начало термодинамики, также известное как закон сохранения энергии, гласит:

$$\Delta U = Q - W$$

где: -  $\Delta U$  — изменение внутренней энергии системы, -  $Q$  — тепло, переданное системе, -  $W$  — работа, совершенная системой.

Это уравнение описывает баланс энергии в термодинамической системе и утверждает, что изменение внутренней энергии системы равно разности между подведенным к системе теплом и совершенной ею работой.

Уравнения Эйлера описывают движение идеальной (невязкой и несжимаемой) жидкости. Уравнение движения (закон сохранения импульса):

описывают изменение плотности и скорости жидкости во времени и пространстве. Они являются замкнутой системой, если задана соответствующая начальная и граничная информация о плотности, скорости и давлении.

Первое начало термодинамики применяется к жидкостям для описания теплообмена и работы, связанной с изменением объема и давления. В контексте идеальной жидкости, уравнения Эйлера используются для описания динамики жидкости без учета вязкости и

теплопроводности. Однако, в рассматриваемой задаче важно учитывать теплообмен и работу, тогда эти уравнения объединяют законы сохранения массы, импульса и энергии для более полной и реалистичной модели динамики жидкостей.

Вывод уравнения энергии для идеальной жидкости из основных уравнений термодинамики и гидродинамики требует объединения первого начала термодинамики с уравнениями движения и непрерывности.

$$\Delta U = Q - W$$

Уравнение состояния идеального газа (при необходимости):

$$p = \rho RT$$

где  $R$  — удельная газовая постоянная.

Уравнение энергии для идеальной жидкости

Для вывода уравнения энергии начнем с внутренней энергии и работы, связанных с движущейся жидкостью.

1. Внутренняя энергия и энтальпия:

Удельная внутренняя энергия  $e$  связана с энтальпией  $h$  следующим образом:

$$h = e + \frac{p}{\rho}$$

2. Первое начало термодинамики в дифференциальной форме:

В дифференциальной форме первое начало термодинамики для подвижной жидкости выражается как:

$$d(\rho e) = \delta q - \delta w$$

3. Работа давления:

Работа давления на жидкость в движении учитывается через  $p dV$ :

$$\delta w = -p \nabla \cdot \mathbf{v}$$

4. Теплопередача:

Теплопередача учитывается через поток тепла:

$$\delta q = \nabla \cdot (k \nabla T)$$

где  $k$  — теплопроводность,  $T$  — температура.

5. Полная энергия жидкости:

Полная энергия на единицу объема включает кинетическую и внутреннюю энергии:

$$E = \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho e$$

В атмосфере внутреннюю энергию воздуха можно выразить через его энтальпию и температуру:

$$dU = c_v dT$$

где  $c_v$  - удельная теплоемкость при постоянном объеме,  $T$  - температура.

Для сжимаемого газа уравнение состояния можно записать как:

$$p = \rho RT$$

где  $\rho$  - плотность воздуха,  $R$  - удельная газовая постоянная.

Для удобства переходим к энтальпии  $h$ :

$$h = c_p T$$

где  $c_p = c_v + R$  - удельная теплоемкость при постоянном давлении.

Для того чтобы записать первое начало термодинамики в дифференциальной форме для системы уравнений, описывающей динамику влажной атмосферы с учетом конденсации водяного пара, нужно учесть следующие аспекты:

1. Внутренняя энергия влажного воздуха. 2. Работу, выполняемую воздухом. 3. Подводимое тепло, которое включает фазовые переходы (конденсация/испарение водяного пара).

Первое начало термодинамики для влажного воздуха в дифференциальной форме можно записать как:

$$dQ = dU + p dV$$

где: -  $dQ$  — подводимое тепло (включая фазовые переходы), -  $dU$  — изменение внутренней энергии, -  $p$  — давление, -  $dV$  — изменение объема.

Для влажного воздуха внутренняя энергия  $U$  включает вклад от сухого воздуха и водяного пара:

$$dU = c_v dT + L_v dq$$

где: -  $c_v$  — удельная теплоемкость при постоянном объеме, -  $dT$  — изменение температуры, -  $L_v$  — удельная теплота испарения, -  $dq$  — изменение специфической влажности.

Изменение объема можно выразить через плотность:

$$dV = -\frac{d\rho}{\rho^2}$$

Также введем уравнение состояния для влажного воздуха:

$$p = \rho R_d T (1 + 0.61q)$$

где: -  $R_d$  — удельная газовая постоянная для сухого воздуха, -  $q$  — специфическая влажность.

Дифференциальное уравнение первого начала термодинамики

$$dQ = c_v dT + L_v dq + p d\left(\frac{1}{\rho}\right)$$

Это уравнение связывает изменения температуры, влажности, плотности и давления в атмосфере с подводимым теплом, учитывая фазовые переходы водяного пара.

#### Литературы:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. — Гидродинамика (Теоретическая физика, Том 6):
2. - Один из наиболее авторитетных учебников по гидродинамике, который включает в себя как основные уравнения движения жидкости, так и их выводы.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. — Статистическая физика. Часть 1 (Теоретическая физика, Том 5): - Включает основные положения термодинамики и статистической физики, необходимые для понимания первого начала термодинамики.
4. Качанов Я.С., Кочина П.Я. — Основы гидравлики: - Этот учебник подробно рассматривает основы гидравлики и гидродинамики, включая уравнения движения жидкости и их выводы.
5. Курипко В.И. — Основы термодинамики и теплопередачи: - Учебник по термодинамике и теплопередаче, который помогает понять детали теплопередачи и первого начала термодинамики.