

яснению, как работает система. Расчетный прибор учета находится непосредственно на границе балансовой принадлежности, то есть в верхней части опоры перед домом. Общий контрольный прибор учета на всю эту линию находится в КТП. По линии Ф-2 электроэнергия от КТП идет потребителю и по этой же линии с помощью PLC-системы вся информация о потреблении электроэнергии с расчетного ПУ попадает в общеконтрольный ПУ. С контрольного ПУ вся информация через GSM отправляется в Емельяновский РЭС. При попытке воздействия на ПУ сигнал передается специалистам РЭСа.

Замена прибора учета осуществляется по согласованию с подразделением ПАО «Энергосбыт». Это необходимо для принятия данных приборов учета на расчеты в ПАО «Энергосбыт».

План на 2015–2016 гг. по установке 9000 приборов учета выполнен на 55 %.

**Заключение.** При выборе поставщика аппаратуры или создании локальной АСКУЭ «под ключ» необходимо обратить внимание на открытость системы. Необходимо наличие описаний протоколов обмена данными с УСПД и счетчиками энергии/мощности, описания структуры и особенностей реализации базы данных, подробного описания принципов функционирования всех компонентов АСКУЭ – как аппаратных, так и программных. В противном случае могут возникнуть проблемы с интеграцией локальной АСКУЭ в региональную.

Соблюдение технических требований, предъявляемых к АСКУЭ, является залогом успешного ввода в промышленную эксплуатацию и надежного функционирования системы.

Выбранная система соответствует всем требованиям, предъявляемым к АСКУЭ, является наиболее экономичной и надежной.

УДК 628.84

## УРАВНЕНИЯ В ГИДРОДИНАМИКЕ В НЕИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ОТСЧЕТА (ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ ПОДХОД)

### EQUATIONS IN FLUID MECHANICS IN NON-INERTIAL REFERENCE SYSTEM (GEODETIC APPROACH)

Истечение жидкости с образованием воронки рассматривается как движение закрученных потоков. Уравнения гидродинамики истечения жидкости базируются на втором законе И. Ньютона. Преимуществом задач

## Литература

1. Гуртовцев А. Правила приборного учета электроэнергии. Глобальный проект белорусских энергетиков // Новости ЭлектроТехники. – 2004. – № 6 (30).
2. Железко Ю.С., Артемьев А.В., Савченко О.В. Расчёт, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. – М., 2004.
3. Тубинис В.В. Создание автоматизированной системы учета и управления потреблением электроэнергии в Италии // Электро. – 2004. – № 4.
4. Шевелёв М.М., Фёдорова С.В. Плесняев Е.А. Приборы и средства контроля и учёта энергоносителей: учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2004. – 123 с.
5. URL: [www.izmerenie.ru](http://www.izmerenie.ru).

## Literatura

1. Gurtovcev A. Pravila pribornogo ucheta jelektrojenergii. Global'nyj proekt belorusskih jenergetikov // Novosti JelektroTehniki. – 2004. – № 6 (30).
2. Zhelezko Ju.S., Artem'ev A.V., Savchenko O.V. Raschjot, analiz i normirovanie poter' jelektrojenergii v jelektricheskikh setjah. – M., 2004.
3. Tubinis V.V. Sozdanie avtomatizirovannoj sistemy ucheta i upravlenija potrebleniem jelektrojenergii v Italii // Jelektro. – 2004. – № 4.
4. Shevel'ov M.M., Fjodorova S.V. Plesnjaev E.A. Pribory i sredstva kontrolja i uchjota jenergonositelej: ucheb. posobie. – Ekaterinburg: Izd-vo Ros. gos. prof.-ped. un-ta, 2004. – 123 s.
5. URL: [www.izmerenie.ru](http://www.izmerenie.ru).

С.А. Аринчин, Р.Т. Емельянов, Е.С. Турышева

S.A. Arinchin, R.T. Yemelyanov, E.S. Turysheva

гидродинамики является наглядность траекторий движения жидкости. Поэтому уравнения гидродинамики рассмотрены на основе неинерциальной системы отсчета с точки зрения геодезии. В основу представления о про-

пространстве принято положение Э. Маха, рассматривающее отношение системы координат к телам мирового пространства в соответствии с принципом относительности. Целью работы являлась разработка геодезического подхода при моделировании вихревых течений жидкости и газа. В соответствии с принципом относительности Маха и геодезическим подходом пространство определено как набор материальных тел (пунктов геодезической сети) с отношениями (связями, расстояниями) между ними. Время (внутреннее геодезическое) определено как изменение состояния пространства (системы отсчета). Под инерциальной системой отсчета принят набор геодезических пунктов (реперные точки в потоке жидкости), изменение расстояний между которыми при повторных измерениях на ограниченном интервале эталонного (астрономического) времени не обнаружено. Под системой координат принята система отсчета с заданным алгоритмом получения координат. Для алгебраического представления принципа относительности Э. Маха по аналогии с комплексным видом интервала Г. Минковского введен кинематический интервал (интервал Маха Э.). На основе кинематического интервала сформулировано два неклассических кинематических принципа: геодезический принцип эквивалентности (принцип Панина В.М.) и принцип инерции. Дано изменение координат за счет изменения взаимных расстояний между элементами системы отсчета эквивалентно перемещению. Приведены уравнения изменения взаимного положения тел системы отсчета, а также система уравнений гидродинамики для закрученного потока. Полученные уравнения позволяют моделировать вихревые течения жидкости и газа, например в трубопроводном транспорте.

**Ключевые слова:** движение закрученных потоков, дифференциальные уравнения, инерциальная система отсчета, уравнения гидродинамики, распределение полной скорости.

*The outflow of fluid with swirl is considered to be the movement of the swirling flows. The equations of liquid outflow hydrodynamics are based on the second law of I. Newton. The advantage of hydrodynamics is the visualization of the trajectories of*

*fluid. Therefore the hydrodynamic equations are considered to be based on the reference frame from the point of view of geodesy. The basis of the concept of space adopted by E. Mach, considering the attitude of the coordinate system to world space, according to the principle of relativity. The goal is to develop a geodetic approach for the simulation of vortex liquid and gas flows. In accordance with the principle of relativity Mach and geodetic approach space is defined as a set of material bodies (the points of the geodetic network) with the relations (connections, distances) between them. Internal survey is defined as the change in the state space (frame of reference). Under the inertial reference system is adopted a set of geodetic points (datum point in the fluid flow), changing the distances between them in repeated measurements in a limited interval reference (astronomical) time is not detected. Under the coordinate system a reference system with a preset algorithm to obtain coordinate is adopted. For algebraic representations of the principle of relativity Mach's by analogy with the complex form of interval Minkovsky introduced the kinematic interval (interval of Mach E.). On the basis of the kinematic interval two non-classical kinematic principles and geodesic equivalence principle (principle of Panin V.M.) and the principle of inertia were formulated. Given the change of coordinates by changing mutual distances between the elements of the reference system is equivalent to moving. The equations of change of the relative position of the bodies of the reference system and the system of equations of hydrodynamics for swirling flow are given. Derived equations allow you to model eddy currents of liquid and gas such as in pipeline transport.*

**Keywords:** the movement of the swirling flows, differential equations, inertial reference system, hydrodynamic equations, full speed distribution.

**Введение.** Преимуществом задач гидродинамики является наглядность траекторий движения жидкости. В данной статье рассматривается движение закрученных потоков. Характерный пример такого движения – истечение жидкости с образованием воронки (рис. 1).

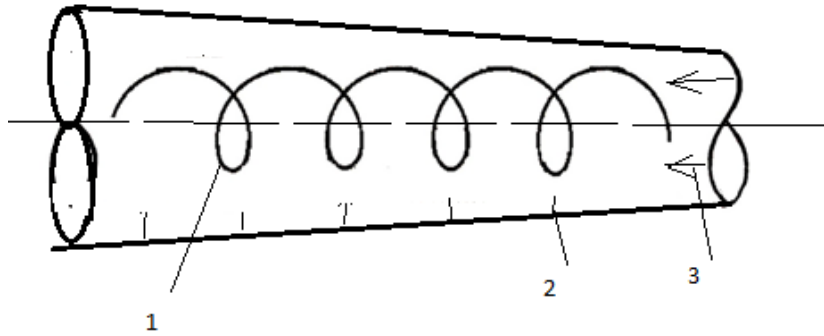


Рис. 1. Траектория частицы жидкости в закрученном потоке: 1 – закрученный поток; 2 – реперные точки; 3 – сила разряжения вихря

Уравнения гидродинамики базируются на втором законе И. Ньютона. Прежде чем к ним перейти, остановимся на понятии неинерциальной системы отсчета с точки зрения геодезии. При этом в основу представления о пространстве положим формулировку Э. Маха: «Вместо того, чтобы относить движущееся тело к пространству (к какой-нибудь системе координат), мы будем теперь прямо рассматривать его отношение к телам мирового пространства, которыми эта система координат может быть определена» [1, с. 198].

В соответствии с принципом относительности Маха и геодезическим подходом определим пространство как набор материальных тел (пунктов геодезической сети) с отношениями

(связями, расстояниями) между ними. При этом система отсчета – выделенная для определения координат часть пространства.

Время (внутреннее геодезическое) определим как изменение состояния пространства (системы отсчета). Состояние пространства характеризует момент внутреннего времени.

Под системой координат условимся понимать систему отсчета с заданным алгоритмом получения координат. Под инерциальной системой отсчета понимаем набор геодезических пунктов (реперные точки в потоке жидкости), изменение расстояний (рис. 2) между которыми при повторных измерениях на ограниченном интервале эталонного (астрономического) времени не обнаружено.

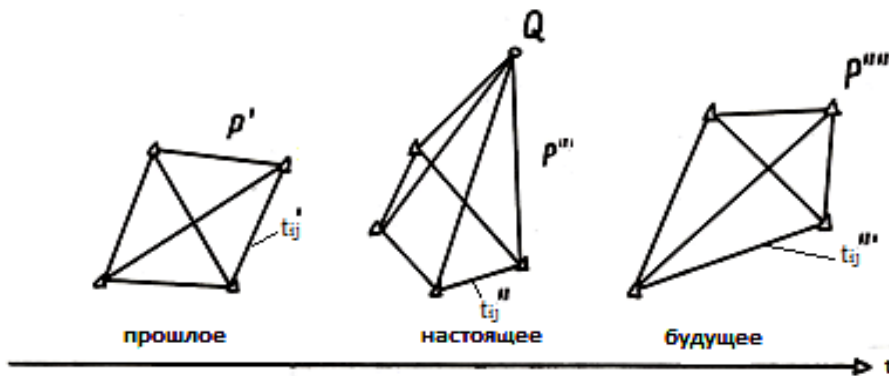


Рис. 2. Неинерциальная система отсчета

Соответственно, неинерциальной системой отсчета назовем набор материальных тел с изменяющимися от эпохи к эпохе (при повторных измерениях) взаимными расстояниями.

Для алгебраического представления принципа относительности Э. Маха по аналогии с комплексным видом интервала Г. Минковского

[2] введем кинематический интервал (интервал Э. Маха)

$$M = \vec{R}_{PQ} + iT, \quad (1)$$

где  $\vec{R}_{PQ}$  – классический радиус-вектор;  $T$  – матрица взаимных расстояний между элементами системы отсчета;  $i = \sqrt{-1}$  (см. рис.2)

Для упрощения выкладок преобразуем матрицу  $T$  в вектор  $\vec{T}$ . Для этого введем нормы матриц прошлого  $T_{пр}$ , настоящего  $T_{наст}$  и будущего  $T_{буд}$  и на их основании составим вектор  $\vec{T}$

$$\vec{T} = \|t\|_{пр} \vec{e}_x + \|t\|_{наст} \vec{e}_y + \|t\|_{буд} \vec{e}_z. \quad (2)$$

Тогда формулу (1) можно переписать в виде

$$\vec{M} = \vec{R}_{PQ} + i\vec{T}. \quad (3)$$

Прежде чем перейти к уравнениям гидродинамики в неинерциальной системе отсчета (в потоке с кручением) на основе кинематического интервала (3), сформулируем два неклассических кинематических принципа.

1. Геодезический принцип эквивалентности (принцип Панина В.М.)

Изменение координат т. Q за счет изменения взаимных расстояний между элементами системы отсчета эквивалентно перемещению т. Q

$$d\vec{M} = d\vec{R}_{PQ} + i\tau d\vec{T}, \quad (4)$$

где  $\tau$  – эквивалентный коэффициент.

2. Принцип инерции

Инерция тела Q определяется изменением взаимного положения тел системы отсчета (принадлежащей закрученному потоку).

Отсюда

$$\frac{d^2\vec{M}}{dt^2} = \frac{d^2\vec{R}_{PQ}}{dt^2} + i\tau \frac{d^2\vec{T}}{dt^2}. \quad (5)$$

Следуя второму закону И. Ньютона и принципам (1), (2), запишем

$$m_Q \frac{d^2\vec{M}}{dt^2} = F_H + iF_{tr}, \quad (6)$$

где  $F_H$  – движущая сила И. Ньютона (в гидродинамике это сила тяжести);  $\frac{d}{dt}$  – полные производные;  $m_Q$  – масса частицы Q;  $F_{tr}$  – трансверсальная сила (впервые заявленная в переписке Ньютона И. и Бентли Р.) [3]. Примем, что

$$\vec{F}_{tr} = \tau \nabla \times \times \vec{F}_{in}, \quad (7)$$

где  $\vec{F}_{in}$  – сила инерции, возникающая в неинерциальной системе отсчета (см 1-й и 2-й принципы).

По аналогии с уравнениями электромагнитного поля в неподвижной среде [4] запишем систему уравнений гидродинамики для закрученного потока

$$\begin{cases} \frac{d\vec{V}}{dt} = F_H + i\tau \nabla \times \times \vec{F}_{in} \\ -\chi \frac{d\vec{F}_{in}}{dt} = \nabla \times \times \vec{V} \end{cases}, \quad (8)$$

где  $V = \frac{d\vec{M}}{dt}$  – полная скорость (см. 1-й принцип);  $\chi$  – калибровочный коэффициент.

Второе уравнение в системе (8) получено исходя из экспериментальных данных [5].

Возьмем ротор от левой и правой частей первого уравнения в системе (8) и подставим второе уравнение (8) в первое. Тогда, учитывая, что  $\nabla \cdot \vec{V} = 0$ , а  $\nabla \cdot F_H = 0$ , получим уравнение для определения  $\vec{F}_{in}$

$$-\chi \frac{d^2\vec{F}_{in}}{dt^2} = -i\tau \Delta \vec{F}_{in}. \quad (9)$$

Распределение полной скорости  $\vec{V}$  после решения (9) можно получить из второго уравнения (8).

**Выводы.** Полученные уравнения позволяют моделировать вихревые течения жидкости и газа, например, в трубопроводном транспорте.

### Литература

1. Мах Э. Механика. Исторический экскурс ее развития. – СПб., 1908. – С. 447.
2. Минковский Г. Основные уравнения электромагнитных процессов в движущихся телах // Эйнштейновский сборник. 1978–1979. – М.: Наука, 1983. – С. 5–63.
3. Койре А. Очерки истории философской мысли. – М.: Прогресс, 1985. – 214 с.
4. Аринчин С.А. Энтропия времени (системный подход) // Мат-лы Междунар. науч. конф. RIRT. – 2013. – С. 6–10.
5. Аналоговая модель истечения жидкости из бака с учетом образования воронки / С.А. Аринчин, Д.В. Артемьев, Д.Б. Тугужаков [и др.] // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень: Изд-во ТГАСА, 2013. – С. 32–35.

### Literatura

1. Mah Je. Mehanika. Istoricheski jekskurs ee razvitija. – SPb., 1908. – S. 447.
2. Minkovskij G. Osnovnye uravnenija jelektromagnitnyh processov v dvizhushhihsja telah // Jejnshtejnovskij sbornik. 1978–1979. – M.: Nauka, 1983. – S. 5–63.
3. Kojre A. Ocherki istorii filosofskoj mysli. – M.: Progress, 1985. – 214 s.
4. Arinchin S.A. Jentropija vremeni (sistemnyj podhod) // Mat-ly Mezhdunar. nauch. konf. RIRT. – 2013. – S. 6–10.
5. Analogovaja model' istechenija zhidkosti iz baka s uchetom obrazovanija voronki / S.A. Arinchin, D.V. Artem'ev, D.B. Tuguzhakov [i dr.] // Mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Tjumen': Izd-vo TGASA, 2013. – S. 32–35.