

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ

УДК 631.6. (575.2)

Пресняков Константин Александрович, д.т.н., с.н.с.,

Институт машиноведения и автоматизации НАН КР

*Керимкулова Гулсаат Кубатбековна, к.ф.-м.н., Институт
машиноведения и автоматизации НАН КР, e-mail: gulsaat@mail.ru*

Аскалиева Гулзада Орозобаевна, к.т.н.,

Институт машиноведения и автоматизации НАН КР, e-mail: 87guzya@mail.ru

СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНО ИЗОТРОПНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТЬЮ СОГЛАСНО ЗАКОНУ «2/3» КОЛМОГорова – ОБУХОВА В ПРИСТЕНОЧНОЙ ОБЛАСТИ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ОТКРЫТОГО ВОДОТОКА

Синергетическое управление локально изотропной турбулентности реализуют таким образом, чтобы выполнялся закон «2/3» Колмогорова – Обухова.

Ключевые слова: синергетическое управление, локально изотропная турбулентность, закон Колмогорова – Обухова, поплавковый акселерометр.

Введение. Упомянутое управление осуществляют таким образом, что локально-изотропную турбулентность реализуют посредством поплавковых акселерометров, которые размещают на фиксированных контрольных участках, а упомянутые измерения реализуют в пристеночном слое плоскопараллельного прямолинейного открытого водотока.

Постановка задачи исследования

Синергетическое управление локально изотропной турбулентностью осуществляют посредством поплавковых акселерометров [1], причем измерение флуктуации скорости на фиксированных контрольных участках осуществляют посредством поплавковых акселерометров, которые размещают на фиксированных контрольных участках, причем мнимая часть соответствующих электрических сигналов соответствует измерениям волновой части флуктуации гидродинамического давления, за которую отвечают вихри Тэйлера [2], с нарастающей интенсивностью перемещающиеся к пристеночной части плоскопараллельного прямолинейного открытого водотока, где происходит превращение (преобразование) гидромеханической энергии в теплоту.

Известна теория «2/3» Колмогорова – Обухова, которую осуществляют с помощью структурных функций (в абсолютных единицах, т.е. $\text{м}^2/\text{с}^2$), преобразуемых в их относительный (безразмерный) вид [3].

Решение поставленных задач

Распределение продольной и поперечной (вертикальной) компонент скорости воды по глубине потока [3], вычисляют отношение поперечной и продольной структурных функций

$\frac{D_{nn}}{D_{ll}}$, где $D_{ll} = \overline{[u(y_1) - u(y_2)]^2}$ – продольная структурная функция, $\text{м}^2/\text{с}^2$; $D_{nn} = \overline{[v(y_1) - v(y_2)]^2}$ – поперечная структурная функция, $\text{м}^2/\text{с}^2$; $u(y_1), u(y_2)$ – значения продольной компоненты скорости воды в измерительных точках с координатами y_1, y_2 соответственно; $v(y_1), v(y_2)$ –

значения поперечной компоненты скорости воды в измерительных точках с координатами y_1, y_2 соответственно.

Введем пульсационные структурные функции [4]:

$$D_{u'u'} = \left| \overline{u'_{\Delta y}(y_1) - u'_{\Delta y}(y_2)} \right|^2, \quad (1)$$

$$D_{v'v'} = \left| \overline{v'_{\Delta y}(y_1) - v'_{\Delta y}(y_2)} \right|^2. \quad (2)$$

Преобразуем выражение для пульсационной продольной структурной функции

$$D_{u'u'} = \left| -\frac{1}{v_1} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t} \cdot u'_{\Delta t}(y_1) + \frac{1}{v_2} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t} \cdot u'_{\Delta t}(y_2) \right|^2 = \left(\frac{\Delta y}{\Delta t} \right)^2 \cdot \left| \frac{1}{v_2} \cdot u'_{\Delta t}(y_2) - \frac{1}{v_1} \cdot u'_{\Delta t}(y_1) \right|^2. \quad (3)$$

Принимая во внимание, что измерения пульсации скорости производят в двух достаточно близких измерительных точках, положим $v_1 \approx v_2 \approx v$.

Тогда

$$D_{u'u'} = \frac{1}{v^2} \left(\frac{\Delta y}{\Delta t} \right)^2 \cdot \left| \overline{u'_{\Delta t}(y_2) - u'_{\Delta t}(y_1)} \right|^2. \quad (4)$$

Опустив индексы Δt у пульсаций, подразумевая тем самым, что в последующих выражениях фигурируют пульсации продольной компоненты скорости по времени, имеем

$$D_{u'u'} = \frac{1}{v^2} \left(\frac{\Delta y}{\Delta t} \right)^2 \cdot \left| \overline{u'(y_2) - u'(y_1)} \right|^2 \quad (5)$$

и аналогично

$$D_{v'v'} = \frac{1}{v^2} \left(\frac{\Delta y}{\Delta t} \right)^2 \cdot \left| \overline{v'(y_2) - v'(y_1)} \right|^2. \quad (6)$$

Запишем выражения для искомых функций в безразмерном виде. Очевидно, что

$$\frac{D_{u'u'}}{\frac{u_*^2}{v^2} \left(\frac{\Delta y}{\Delta t} \right)^2} = \tilde{D}_{u'u'} = \left| \overline{\tilde{u}'(\tilde{y}_2) - \tilde{u}'(\tilde{y}_1)} \right|^2, \quad (7)$$

$$\frac{D_{v'v'}}{\frac{u_*^2}{v^2} \left(\frac{\Delta y}{\Delta t} \right)^2} = \tilde{D}_{v'v'} = \left| \overline{\tilde{v}'(\tilde{y}_2) - \tilde{v}'(\tilde{y}_1)} \right|^2. \quad (8)$$

Связь характерных значений продольных и вертикальных пульсационных характеристик выглядит следующим образом: $\sqrt{u_{\partial}'^2} = 2,10 \cdot u_*$ и $\sqrt{v_{\partial}'^2} = 1,05 \cdot u_*$.

Тогда относительная продольная структурная функция примет вид:

$$\tilde{D}_{u'u'} = F_{10}(\tilde{u}'_2; \tilde{u}'_1) = F_{10}(2,10 \cdot \tilde{u}'_2; 2,10 \cdot \tilde{u}'_1) = 2,10^2 \cdot F_{10}(\tilde{u}'_2; \tilde{u}'_1). \quad (9)$$

Аналогично $\tilde{D}_{v'v'} = 1,05^2 \cdot F_{11}(\tilde{v}'_2; \tilde{v}'_1)$.

Таким образом, отношение вертикальной и продольной пульсационных структурных функций запишется в виде

$$\frac{1,05^2 \cdot \tilde{D}_{v'v'}}{2,10^2 \cdot \tilde{D}_{u'u'}} = 0,25 \cdot \frac{\tilde{D}_{v'v'}}{\tilde{D}_{u'u'}}, \quad (10)$$

которые соответствуют мнимой части волнового (колебательного) движения поплавковых акселерометров, а D_{nn} – поперечная структурная функция соответствует

мнимой (волновой) составляющей поперечной структурной функции. Измеряемая мнимая волновая (колебательная) часть телеметрического радиосигнала – электрофиксированная часть, которая соответствует волновой (колебательной) составляющей радиосигнала измеряемого поплавковыми акселерометрами, движение которых соответствует волновой (колебательной) составляющей электрофиксированного радиосигнала, измеряемого поплавковыми акселерометрами. Поплавковые акселерометры размещены на фиксированных контрольных участках, причем мнимая часть соответствующих электрических сигналов соответствует измерениям волновой части флуктуации гидромеханического давления, за которую отвечают вихри Тэйлера. Вихри Тэйлера с нарастающей интенсивностью перемещаются к пристеночной части плоскопараллельного прямолинейного открытого водотока, где происходит диссипация (преобразование) гидромеханической энергии в теплоту, а диссипация частотного спектра вертикальной компоненты скорости воды происходит в пристеночном слое плоскопараллельного прямолинейного открытого водотока, которые осуществляются посредством поплавковых акселерометров. Мнимая (волновая) или колебательная гидромеханическая энергия высокочастотных пульсаций вертикальной компоненты скорости воды и измерение нижней части частотного спектра пульсаций вертикальной скорости воды соответствуют пристеночному слою плоскопараллельного прямолинейного открытого водотока.

Заключение. Синергетическое управление локально изотропной турбулентности реализуют таким образом, чтобы выполнялся закон « $2/3$ » Колмогорова – Обухова.

Список литературы

1. Брякин И.В., Пресняков К.А., Керимкулова Г.К. Корреляционный способ измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке / Патент КР №1964. – Бишкек: Кыргызпатент.– Бюллетень патентов и товарных знаков КР. – № 6.– 30.06.2017. – 20 с.
2. Пресняков К.А., Керимкулова Г.К., Аскалиева Г.О. Метод определения частотного спектра пульсаций динамического давления в открытом турбулентном потоке воды // Проблемы автоматики и управления. – 2022.– №2(44) – С. 63–69.
3. Великанов М.А. Динамика русловых потоков. – Т.1. – Структура потока. М.: Госиздат техн.-теор. лит., 1954. – 323 с.
4. Пресняков К.А., Керимкулова Г.К., Аскалиева Г.О., Першакова Е.Ю. Метод определения высокочастотного интервала спектра пульсаций вертикальной компоненты скорости в ламинарном пограничном слое турбулентного потока воды // Информатика и системы управления. – 2019. – №3(61). – С. 133–140.