

УДК 631.6. (575.2)
AGRIS N20

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/39/25>

**ОЦЕНКА ЗНАЧЕНИЙ УГЛА ОТКЛОНЕНИЯ ПОПЛАВКОВОГО ДАТЧИКА
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ
(К УСТРОЙСТВУ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ СКОРОСТИ ВОДЫ)**

©Пресняков К. А., д-р техн. наук, Институт автоматизации и информационных технологий
НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан

©Керимкулова Г. К., канд. физ.-мат. наук, Институт автоматизации и информационных
технологий НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан, gulsaat@mail.ru

©Аскалиева Г. О., канд. техн. наук, Институт автоматизации и информационных технологий
НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан, 87guzu@ail.ru

**VALUES ESTIMATION OF DEFLECTION ANGLE OF A FLOATING SENSOR
FOR VARIOUS OBJECTS
(TO THE RESISTANCE TO MEASURING THE WATER SURFACE RATE)**

©Presnyakov K., Dr. habil., Institute of Automation and Information Technologies of the National
Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan

©Kerimkulova G., Ph.D., Institute of Automation and Information Technologies of the National
Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan, gulsaat@mail.ru

©Askalieva G., Ph.D., Institute of Automation and Information Technologies of the National
Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan, 87guzu@ail.ru

Аннотация. Предложено устройство для измерения поверхностной скорости воды, применение которого основано на использовании нового информативного параметра — угла отклонения подвижного поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой) от вертикали в направлении динамической оси потока, позволяющее достаточно просто и надежно измерять поверхностную скорость воды.

Abstract. A device is proposed for measuring the surface velocity of water, the use of which is based on the use of a new informative parameter — the deflection angle of the movable float sensor (together with the guide slide) from the vertical in the direction of the dynamic axis of the flow, allowing you to simply and reliably measure the surface velocity of water.

Ключевые слова: устройство, угол отклонения, параметры влияния, классификация водотоков.

Keywords: device, deflection angle, influence parameters, watercourse classification.

Условные обозначения: ОПВ $\{\alpha\}$ — основополагающий параметр влияния на значения угла отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой); ДПВ $\{\alpha\}$ — дополнительный параметр влияния на значения угла отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой).

Постановка задачи исследований

Существуют немало известных устройств для измерения уровня, расхода и скорости потока жидкости [1-3].

Известен водомерный пост [1], включающий подводный канал с вертикальной стенкой, соединенный с входом колодца с боковой стенкой, первый выход которого сообщен с отводным каналом, регулятор потока и измерительное устройство, — в котором введены конусное днище с отверстием и кольцевой лоток с входом и выходом, измерительное устройство выполнено в виде шарового поплавка, установленного с возможностью перемещения по тросу и снабженного указателем, сопряженным с системой индикации в виде шкалы, состоящей из разноцветных светящихся отсчетных и разделительной полос, регулятор выполнен автоматическим, а боковые стенки колодца выполнены в плане по форме спирали, при этом регулятор, измерительное устройство и колодец установлены последовательно, конусное днище с отверстием прикреплено снизу к боковым стенкам колодца, вход кольцевого лотка сопряжен с верхней частью боковых стенок колодца, а выход — с вторым входом отводного канала, первый конец троса прикреплен к днищу подводного канала, а второй конец — к вертикальной стенке, на которой нанесена шкала, причем отверстие в конусном днище является первым входом отводящего канала.

Недостатки известного устройства заключаются в визуальном способе наблюдения за местоположением поплавка на тросе и установления факта совпадения указанного местоположения с соответствующими отметками изменения расхода (скорости) воды, что носит субъективный характер и завышает погрешности измерений.

Наиболее близким к предлагаемому является расходомер жидких сред в открытых водоемах [3], содержащий блок измерения уровня жидкости и блок измерения средней скорости потока жидкости, а также электронный блок приема и обработки сигналов, — в котором блок измерения уровня жидкости выполнен в виде поворотного рычага с поплавком сферической формы, погруженной в жидкость на глубину меньше величины радиуса сферы, причем чувствительный элемент измерения угла вертикального перемещения поплавка изготовлен на основе микросхемы типа серии ADXL и закреплен на рычаге, при этом блок измерения скорости потока жидкости выполнен в форме поворотной лопасти, конец которой сопряжен с осью вертикального поворота, а другой конец свободно погружен в жидкость, в свою очередь, чувствительный элемент измерения угла поворота лопасти выполнен на основе второй аналогичной микросхемы типа серии ADXL и закреплен на лопасти.

Недостатки известного устройства заключаются в технически и технологически усложненным конструктивным исполнением его: устройство предполагает использование блока измерения уровня жидкости и блока измерения скорости ее, причем в первом из них предложено применение поворотного рычага с закрепленным на нем поплавком, во втором – поворотной лопасти, но при этом и в том и в другом случаях речь фактически идет об измерениях угла отклонения поворотного рычага с закрепленным на нем поплавком и угла отклонения поворотной лопасти. Кроме того, термин «вертикальное перемещение поплавка» считаем неудачным, так как во первых, автономного вертикального перемещения поплавка не существует, так как поплавок закреплен на поворотном рычаге, во вторых речь должна идти не о вертикальном перемещении, а об угле отклонения поворотного рычага с закрепленным на нем поплавком. Все перечисленное свидетельствует о необходимости усовершенствования известного устройства.

Идея к рабочей гипотезе

В открытом водотоке существует связь между углом отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой) от вертикали в направлении динамической оси потока со скоростью потока воды.

Обоснование рабочей гипотезы

Из гидродинамики [4] известно, что полный напор потока воды складывается из статического напора (собственно давление p в покоящейся жидкости) и динамического напора $\rho \cdot U$, где ρ — плотность воды кг/м^3 ; U — удвоенная удельная кинетическая энергия ($U=u^2$), $\text{м}^2/\text{с}^2$; p — статическое давление воды (давление в покоящейся жидкости), Па.

Следовательно, на поплавковый датчик с рычагом в приповерхностном слое воды действует сила давления, обусловленная динамическим напором набегающей воды, т.е. $\rho \cdot U \cdot \Delta S$, где ΔS — площадь боковой поверхности поплавкового датчика, находящейся в непосредственном контакте с набегающим потоком воды, м^2 .

Под действием набегающего потока воды поплавковый датчик с рычагом отклонится от вертикали в направлении потока воды на некоторый угол α , рад.

Можно заключить, что выражение для тангенса угла отклонения поплавка с рычагом от вертикали в направлении динамической оси потока приближенно запишется в виде:

$$tg\alpha \sim \rho \cdot u^2 \cdot \Delta S \quad (1)$$

Так как набегающий поток воды непосредственно воздействует на половину боковой поверхности (т.е. на часть боковой поверхности, направленную навстречу набегающему потоку воды) поплавкового датчика и с учетом полупогруженного состояния датчика указанную площадь контакта боковой поверхности установим, уменьшив исходную площадь в четыре раза.

Поэтому, в случае шарового поплавкового датчика:

$$\Delta S = \frac{4\pi R_{\Pi}^2}{4} = \pi R_{\Pi}^2, \quad (2)$$

где R_{Π} — радиус шарового поплавкового датчика, м.

Тогда сила давления, обусловленная динамическим напором набегающего потока воды, будет равна

$$F(P_d) = \rho \cdot u^2 \cdot \pi R_{\Pi}^2, \quad (3)$$

где P_d — динамический напор набегающего потока воды (динамическое давление).

Теперь с учетом приведенных обстоятельств приближенное равенство (1) примет вид:

$$tg\alpha \sim \rho \cdot u^2 \cdot \pi R_{\Pi}^2. \quad (4)$$

Проверим размерности величин, входящих в выражение полного напора жидкости:

$$[p] = [\text{Па}] = [\text{Н/м}^2] = \text{М} \cdot \text{Л} \cdot \text{Т}^{-2} \cdot \text{Л}^{-2} = \text{М} \cdot \text{Л}^{-1} \cdot \text{Т}^{-2};$$

$$[\rho \cdot u^2] = \text{М} \cdot \text{Л}^{-3} \cdot \text{Л}^2 \cdot \text{Т}^{-2} = \text{М} \cdot \text{Л}^{-1} \cdot \text{Т}^{-2}.$$

Следовательно, размерности составляющих полного напора идентифицированы правильным образом.

Чтобы выражение (1) или (4) для $tg\alpha$ можно было записать в виде точного равенства, необходимо привести в соответствие размерности левой и правой частей этой формулы.

Обезразмерить правую часть искомого равенства можно, если вместо абсолютных значений скорости воды, радиуса поплавка и плотности воды, мы введем отношения

$$\frac{u}{u_*}, \frac{R_n}{H} \text{ и } \rho/\rho_0,$$

где u_* — динамическая скорость потока воды, м/с; H — глубина наполнения водотока, м. Кроме того, в связи с тем, что поплавковый датчик с рычагом находится в приповерхностном слое потока воды, то скорость u естественно принять за поверхностную скорость воды u_M .

С учетом всех указанных выше обстоятельств получим:

$$\operatorname{tg}\alpha = \pi \cdot \left(\frac{u_M}{u_*}\right)^2 \cdot \left(\frac{R_n}{H}\right)^2. \quad (5)$$

Отсюда:

$$\left(\frac{u_M}{u_*}\right)^2 = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\pi \cdot \left(\frac{R_n}{H}\right)^2} \quad (6)$$

Извлечем из выражения (6) корень квадратный:

$$\frac{u_M}{u_*} = \frac{\sqrt{\operatorname{tg}\alpha}}{\sqrt{\pi} \cdot \frac{R_n}{H}} \quad (7)$$

Формулировка рабочей гипотезы

Измеряя тангенс угла отклонения поплавкового датчика с рычагом от вертикали в направлении динамической оси потока, вычисляя u_* и определяя отношение $\frac{H}{R_n}$, можно определить по формуле поверхностную скорость воды:

$$u_M = u_* \cdot \sqrt{\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\pi}} \cdot \frac{H}{R_n} \quad (8)$$

Задача исследований — усовершенствовать устройство для измерения поверхностной скорости воды.

Решение поставленной задачи

Поставленная задача решается таким образом [5], что в устройстве для измерения поверхностной скорости воды содержащем в частности блок измерения скорости воды и блок приема и обработки сигналов, – в котором блок измерения скорости воды выполнен в виде поворотного рычага с подвижным, согласно изменениям наполнения водотока водой, вдоль поворотного рычага поплавкового датчика, а поверхностную скорость воды вычисляют по формуле:

$$u_M = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot u_* \cdot \frac{H}{R_n} \cdot \sqrt{\operatorname{tg}\alpha},$$

где u_M — поверхностная скорость воды, м/с; u_* — динамическая скорость потока воды, м/с; $\frac{H}{R_n}$ — отношение глубины наполнения водотока к радиусу поплавкового датчика; $\operatorname{tg}\alpha$ —

тангенс угла отклонения поворотного рычага с поплавком от вертикали в направлении динамической оси потока.

Подобное исполнение устройства для измерения поверхностной скорости воды позволяет, по сравнению с прототипом, усовершенствовать устройство для измерения поверхностной скорости воды путем изъятия из него лишних блоков измерения, установлением одного измерительного параметра и с учетом использования свойства подвижности поплавка вдоль поворотного рычага согласно изменениям наполнения водотока водой.

Техническую реализацию устройства для измерения поверхностной скорости воды иллюстрируют чертежом (Рисунок 1).

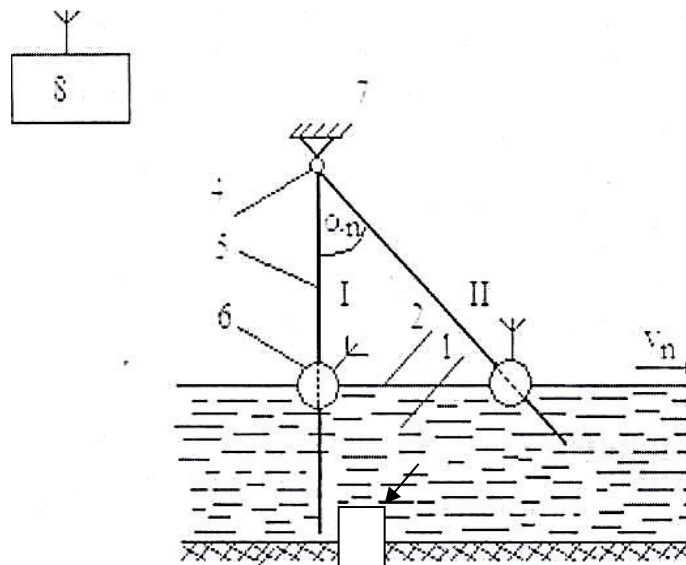


Рисунок 1. Схема устройства для измерения поверхностной скорости воды: 1.- поток воды; 2.- поверхность потока воды; 3 ~ дно водотока; 4 - подвижный шарнир; 5 - направляющая кулиса; 6 - поплавковый инклинометр со встроенным трансивером; 7 - неподвижная опора; 8 - информационно-вычислительная система (ИИС) расположенная на водомерных постах; I - исходное положение кулисы при $v=V_0=0$; II - рабочее положение кулисы при $v=V_n \neq 0$, v_n -текущее значение скорости водяного потока; α_n - значение угла отклонения кулисы от исходного положения I при $v=v$

Устройство для измерения поверхностной скорости воды состоит из поворотного рычага, выполненного в виде направляющей кулисы (5) с размещенным на ней подвижным поплавковым датчиком, выполненным в виде подвижного вдоль направляющей кулисы (5) поплавкового инклинометра (6) со встроенным в него трансивером (не указан) для передачи измеренной подвижным поплавковым инклинометром (6) информации в информационно-вычислительную систему ИИС (8), размещенной на водомерном посту (не указан), а направляющая кулиса (5) шарнирно (4) сопряжена с неподвижной опорой (7), расположенной на берегу (3) водотока.

Направляющую кулису (5) изготавливают из жесткого полимерного материала с плотностью, близкой к плотности воды. Материалы для изготовления поплавкового инклинометра (6) и встроенной в него микросхемы подбирают таким образом, чтобы средняя плотность поплавкового инклинометра 6 вместе с его электронной «начинкой» была близка к плотности воды.

Устройство для измерения поверхностной скорости воды работает следующим образом. Поток воды (1) направляют на направляющую кулису (5) с подвижным поплавковым инклинометром (6), расположенным в приповерхностном слое (2) потока (1) воды в

полупогруженном состоянии, которая под воздействием динамического напора набегающего потока (1) воды отклоняется от вертикали в направлении динамической оси потока (1) воды, а отклонение направляющей кулисы (5) с подвижным инклинометром (6) происходит благодаря шарнирному (4) повесу ее к неподвижной опоре (7), расположенной на берегу (3) водотока.

Подвижный поплавковый инклинометр (6) участвует в сложном движении:

1 — в отклонении вместе с направляющей кулисой (5) от вертикали в направлении динамической оси потока (1) воды под воздействием его динамического напора,

2 — в перемещении поплавкового инклинометра (6) вдоль направляющей кулисы (5) согласно изменениям наполнения водотока водой, а именно: в поднятии поплавкового инклинометра (6) вместе с приповерхностным слоем (2) потока (1) воды при увеличении наполнения водотока водой, в опускании поплавкового инклинометра (6) вместе с приповерхностным слоем (2) потока (1) воды при уменьшении наполнения водотока водой, — все это происходит при нахождении поплавкового инклинометра (6) в полупогруженном в приповерхностном слое (2) потока (1) воды состоянии.

Рассмотрение сил, действующих на подвижный поплавковый инклинометр (6) с направляющей кулисой (5) позволило установить (см. обоснование работоспособности устройства) связь тангенса угла отклонения поплавкового инклинометра (6) вместе с направляющей кулисой (5) от вертикали в направлении динамической оси потока (1) воды с поверхностной (максимальной) скоростью воды.

Измеряют поплавковым инклинометром (6) тангенс угла отклонения направляющей кулисы (5) с поплавковым инклинометром б от вертикали в направлении динамической оси потока, передают с помощью трансивера поплавкового инклинометра б измеренную информацию в ИИС (8), где вычисляют динамическую скорость потока воды, определяют отношение глубины наполнения водотока водой к радиусу поплавкового инклинометра (6), а поверхностную скорость воды рассчитывают по формуле:

$$u_m = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot u_* \cdot \frac{H}{R_{\Pi}} \cdot \sqrt{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (9)$$

где u_m — поверхностная скорость воды, м/с; u_* — динамическая скорость потока воды, м/с; $\frac{H}{R_{\Pi}}$ — отношение глубины наполнения водотока к радиусу поплавкового датчика; $\operatorname{tg} \alpha$ — тангенс угла отклонения поворотного рычага с поплавком от вертикали в направлении динамической оси потока.

Оценим возможные значения угла отклонения поплавкового датчика — инклинометра для водотока с единичными гидравлическими условиями, в предположении, что $\frac{R_{\Pi}}{H} = 0,05$, - $Q = 1 \text{ м}^3/\text{с}$, $\bar{u} = 1 \text{ м/с}$, $H = 1 \text{ м}$, $B = 1 \text{ м}$, $i = 0,01$, а также [6] $u_* = 0,31 \text{ м/с}$, $u_m = 1,59 \text{ м/с}$.

Тогда угол отклонения поплавкового датчика — инклинометра будет:

$$\operatorname{tg} \alpha = 3,14 \cdot \left(\frac{1,59}{0,31} \right)^2 \cdot (0,05)^2 = 0,207,$$

$$\alpha = 0,204 \text{ рад} = 11,69^\circ.$$

Подобное значение угла отклонения поплавкового датчика — инклинометра вполне реально и измеримо.

Конкретные значения угла отклонения поплавкового датчика — инклинометра, по-видимому, будут различны для различных объектов.

Эффективность предлагаемого устройства заключается в усовершенствовании устройства для измерения поверхностной скорости воды.

Проверка рабочей гипотезы

Подобную проверку проведем на примере р. Араван-Сай, для которой $i=0,0052$, $u_m = 1,45 \text{ м/с}$, $u_* = 0,183 \text{ м/с}$. Тогда $\text{tg}\alpha = 3,14 \cdot \left(\frac{1,45}{0,183}\right)^2 \cdot (0,05)^2 = 0,50$.

Отсюда угол отклонения $\alpha = \text{arg tg}(0,50) = 0,46 \text{ рад} = 26,4^\circ \approx 26^\circ$. Сопоставляя это значение с величиной угла отклонения для объекта с единичными гидравлическими условиями $\alpha = 11,69^\circ \approx 12^\circ$ и учитывая, что уклон дна р. Араван-Сай меньше уклона дна объекта с единичными гидравлическими условиями в 2 раза, устанавливаем (с учетом выявленной ниже зависимости угла отклонения от уклона дна водотока), что полученные углы отклонения для сравниваемых объектов одного порядка. Действительно $i_{\text{ЕГУ}} < i_{\text{АС}}$, $\alpha_{\text{ЕГУ}} > \alpha_{\text{АС}}$, где индекс «ЕГУ» означает принадлежность соответствующего параметра объекту с единичными гидравлическими условиями, «АС» — к реке Араван-Сай.

Этим самым косвенно подтверждается наша рабочая гипотеза.

*Оценка значений угла отклонения поплавкового датчика
 (вместе с направляющей кулисой) для различных водотоков*

Анализ в рамках этого раздела будем проводить на основе предложенной в работе [7] классификации водотоков. Руководствуясь данными Таблице 1, попытаемся определить предполагаемые тенденции влияния ОПВ(α) и ДПВ(α) на значения угла отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой) от вертикали в направлении динамической оси потока воды (Рисунок 2).

Таблица 1

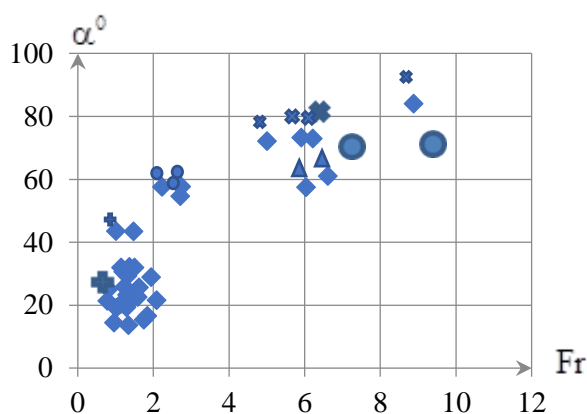
К ПОИСКУ ПРЕДЛАГАЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЛИЯНИЯ НА ЗНАЧЕНИЯ УГЛА ОТКЛОНЕНИЯ ПОПЛАВКОВОГО ДАТЧИКА (ВМЕСТЕ С НАПРАВЛЯЮЩЕЙ КУЛИСОЙ)

| Опыт | $u_m, \text{ м/с}$ | $u_*, \text{ м/с}$ | u_m / u_* | $\text{tg}\alpha$ | $\alpha, \text{ градус}$ | Fr | i | c/\sqrt{g} |
|-------------------------|--------------------|--------------------|-------------|-------------------|--------------------------|------|--------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| <i>ПК р. Тору-Айгыр</i> | | | | | | | | |
| 1 | 1,62 | 0,21 | 7,71 | 0,47 | 25,1 | 0,82 | 0,030 | 10,2 |
| 2 | 1,38 | 0,196 | 7,04 | 0,39 | 21,3 | 0,78 | 0,030 | 9,58 |
| 3 | 2,59 | 0,236 | 11,0 | 0,95 | 43,4 | 1,48 | 0,030 | 11,2 |
| 4 | 2,1 | 0,242 | 8,68 | 0,59 | 30,6 | 1,21 | 0,035 | 10,2 |
| 5 | 2,44 | 0,273 | 8,94 | 0,63 | 32,1 | 1,37 | 0,040 | 10,2 |
| 6 | 2,12 | 0,251 | 8,45 | 0,56 | 29,3 | 1,32 | 0,040 | 9,58 |
| 7 | 2,38 | 0,284 | 8,38 | 0,55 | 28,9 | 1,94 | 0,055 | 9,26 |
| {8;10} | 1,57 | 0,275 | 5,71 | 0,26 | 14,4 | 0,96 | 0,070 | 7,66 |
| 9 | 1,88 | 0,254 | 7,4 | 0,43 | 23,3 | 1,31 | 0,055 | 8,62 |
| <i>ПК р. Тору-Айгыр</i> | | | | | | | | |
| {11; 12} | 1,93 | 0,217 | 8,89 | 0,62 | 31,9 | 1,15 | 0,0325 | 8,94 |
| {13; 14} | 2,09 | 0,234 | 8,91 | 0,62 | 31,9 | 1,50 | 0,040 | 8,94 |
| 15 | 2,17 | 0,299 | 7,26 | 0,41 | 22,5 | 1,59 | 0,070 | 8,30 |
| <i>ПК р. Тору-Айгыр</i> | | | | | | | | |
| 16 | 1,88 | 0,217 | 8,67 | 0,59 | 30,6 | 1,24 | 0,04 | 11,5 |

| Опыт | $u_m, м/с$ | $u_*, м/с$ | u_m / u_* | $tg\alpha$ | $\alpha, градус$ | Fr | i | C/\sqrt{g} |
|--------------------------------|------------|------------|-------------|------------|------------------|------|--------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 17 | 1,84 | 0,234 | 7,84 | 0,48 | 25,8 | 1,24 | 0,04 | 10,9 |
| 18 | 1,71 | 0,257 | 6,64 | 0,35 | 19,1 | 1,02 | 0,045 | 10,9 |
| 19 | 1,75 | 0,262 | 6,67 | 0,35 | 19,3 | 1,29 | 0,05 | 10,9 |
| 20 | 1,8 | 0,262 | 6,87 | 0,37 | 20,3 | 1,14 | 0,05 | 10,9 |
| 21 | 1,89 | 0,262 | 7,23 | 0,41 | 22,3 | 1,39 | 0,05 | 10,9 |
| 22 | 2,05 | 0,262 | 7,81 | 0,48 | 25,6 | 1,62 | 0,05 | 9,90 |
| 23 | 1,91 | 0,262 | 7,29 | 0,42 | 22,7 | 1,51 | 0,05 | 10,2 |
| 24 | 2,03 | 0,287 | 7,09 | 0,39 | 21,5 | 2,09 | 0,07 | 9,58 |
| 25 | 1,92 | 0,326 | 5,89 | 0,27 | 15,3 | 1,75 | 0,09 | 8,94 |
| 26 | 2 | 0,326 | 6,13 | 0,30 | 16,5 | 1,84 | 0,09 | 9,26 |
| 27 | 1,88 | 0,339 | 5,54 | 0,24 | 13,6 | 1,34 | 0,09 | 8,94 |
| <i>ОК р. Аспара</i> | | | | | | | | |
| 1 | 1,93 | 0,136 | 14,2 | 1,58 | 57,7 | 2,74 | 0,02 | 11,8 |
| 2 | 2,08 | 0,147 | 14,1 | 1,57 | 57,6 | 2,23 | 0,02 | 11,2 |
| {3; 4} | 2,14 | 0,16 | 13,4 | 1,40 | 54,6 | 2,71 | 0,02 | 12,1 |
| 5 | 3,49 | 0,18 | 19,4 | 2,95 | 71,3 | 9,39 | 0,04 | 13,4 |
| 6 | 3,22 | 0,17 | 18,9 | 2,82 | 70,5 | 7,25 | 0,04 | 12,1 |
| <i>р. Теджен, створ Аулата</i> | | | | | | | | |
| 13 | 1,77 | 0,097 | 18,2 | 2,61 | 69,0 | 0,13 | 0,0008 | 17,9 |
| <i>р. Теджен, створ Аулата</i> | | | | | | | | |
| 1 | 1,57 | 0,064 | 24,4 | 4,68 | 78,0 | 0,11 | 0,0004 | 19,6 |
| 2 | 1,28 | 0,055 | 23,4 | 4,30 | 77,1 | 0,08 | 0,0003 | 19,1 |
| 3 | 2,14 | 0,082 | 26,1 | 5,36 | 79,5 | 0,12 | 0,0004 | 20,2 |
| 4 | 1,81 | 0,068 | 26,4 | 5,49 | 79,7 | 0,12 | 0,0004 | 20,3 |
| 5 | 2,14 | 0,073 | 29,4 | 6,79 | 81,7 | 0,14 | 0,0004 | 21,4 |
| 6 | 1,45 | 0,062 | 23,5 | 4,34 | 77,1 | 0,08 | 0,0003 | 19,3 |
| 7 | 1,35 | 0,057 | 23,6 | 4,37 | 77,1 | 0,09 | 0,0004 | 19,2 |
| 8 | 1,06 | 0,052 | 20,2 | 3,20 | 72,7 | 0,06 | 0,0003 | 18,0 |
| 9 | 1,02 | 0,049 | 20,8 | 3,41 | 73,7 | 0,04 | 0,0002 | 18,4 |
| 10 | 1,69 | 0,087 | 19,4 | 2,94 | 71,3 | 0,14 | 0,0008 | 17,8 |
| 11 | 2,11 | 0,113 | 18,6 | 2,72 | 69,9 | 0,14 | 0,0009 | 17,7 |
| 12 | 1,65 | 0,259 | 6,35 | 0,32 | 17,6 | 0,12 | 0,0067 | 13,5 |
| 14 | 0,96 | 0,039 | 24,5 | 4,72 | 78,1 | 0,06 | 0,0002 | 19,4 |
| <i>Канал «Туш»</i> | | | | | | | | |
| 3 | 6,43 | 0,219 | 29,4 | 6,77 | 81,6 | 6,39 | 0,035 | 18,7 |
| 13 | 8,2 | 0,237 | 34,6 | 9,4 | 84,0 | 8,88 | 0,035 | 22,4 |
| 15 | 3,86 | 0,188 | 20,5 | 3,31 | 73,2 | 5,91 | 0,035 | 14,8 |
| 25 | 3,72 | 0,188 | 19,8 | 3,07 | 72,1 | 5,01 | 0,035 | 14,5 |
| 38 | 3,82 | 0,188 | 20,3 | 3,24 | 72,9 | 6,22 | 0,035 | 15,7 |
| <i>Канал Меркенский</i> | | | | | | | | |
| б | 5,8 | 0,41 | 14,1 | 1,57 | 57,5 | 6,04 | 0,033 | 14,2 |
| в | 3,94 | 0,26 | 15,2 | 1,80 | 61,0 | 6,61 | 0,033 | 14,4 |

| Опыт | $u_m, м/с$ | $u_*, м/с$ | u_m / u_* | tga | $\alpha, градус$ | Fr | i | C/\sqrt{g} |
|---|------------|------------|-------------|-------|------------------|------|--------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| <i>Лабораторная установка</i> | | | | | | | | |
| г | 0,88 | 0,08 | 11 | 0,95 | 43,5 | 1,01 | 0,01 | 12,1 |
| д | 0,57 | 0,07 | 8,14 | 0,52 | 27,5 | 0,64 | 0,01 | 10,9 |
| <i>Реки Чуйской и Таласской долин КР</i> | | | | | | | | |
| <i>крупные реки</i> | | | | | | | | |
| устье Б.Кемин | 2,14 | 0,29 | 7,37 | 0,43 | 23,1 | 0,34 | 0,0100 | 7,98 |
| Джуван Арык | 1,76 | 0,22 | 8,0 | 0,50 | 26,7 | 0,29 | 0,0075 | 8,3 |
| Сусамыр | 1,92 | 0,13 | 14,8 | 1,72 | 59,8 | 0,20 | 0,0013 | 12,1 |
| Талас | 1,56 | 0,13 | 12 | 1,13 | 48,6 | 0,16 | 0,0015 | 11,8 |
| Тюп | 1,05 | 0,08 | 13,1 | 1,35 | 53,5 | 0,12 | 0,0009 | 13,1 |
| Джергалан | 1,46 | 0,1 | 14,6 | 1,66 | 59,0 | 0,17 | 0,0010 | 12,8 |
| <i>Реки Чуйской и Таласской долин КР</i> | | | | | | | | |
| <i>средние реки</i> | | | | | | | | |
| Джети-Огуз | 1,23 | 0,29 | 4,25 | 0,14 | 8,07 | 0,20 | 0,0170 | 7,0 |
| Карабалты | 1,22 | 0,26 | 4,69 | 0,17 | 9,81 | 0,20 | 0,0140 | 7,7 |
| Кара-Бура | 0,75 | 0,2 | 3,77 | 0,11 | 6,38 | 0,09 | 0,0090 | 8,3 |
| Сокулук | 1,63 | 0,37 | 4,4 | 0,15 | 8,65 | 0,25 | 0,0240 | 6,1 |
| Суек | 1,32 | 0,2 | 6,6 | 0,34 | 18,9 | 0,22 | 0,0082 | 8,6 |
| Ур Марал | 1,57 | 0,25 | 6,29 | 0,31 | 17,2 | 0,27 | 0,0110 | 7,0 |
| Чон Каинды | 1,06 | 0,38 | 2,79 | 0,06 | 3,50 | 0,16 | 0,0370 | 4,5 |
| <i>малые реки</i> | | | | | | | | |
| Бозшук | 1,13 | 0,47 | 2,4 | 0,05 | 2,6 | 0,18 | 0,0540 | 4,5 |
| Бор Дюбе | 1,01 | 0,44 | 2,3 | 0,04 | 2,4 | 0,15 | 0,0630 | 4,2 |
| Джергалчак | 1,12 | 0,42 | 2,67 | 0,06 | 3,2 | 0,18 | 0,0450 | 5,1 |
| Туюк | 1,11 | 0,42 | 2,64 | 0,05 | 3,1 | 0,18 | 0,0430 | 5,1 |
| <i>Реки северного склона Алай-Туркестанского хребта Кыргызстана</i> | | | | | | | | |
| <i>крупные реки</i> | | | | | | | | |
| Ак Буура | 1,55 | 0,169 | 8,81 | 0,61 | 31,4 | 0,18 | 0,003 | 10,4 |
| Исфара | 1,42 | 0,147 | 9,15 | 0,66 | 33,3 | 0,17 | 0,003 | 10,7 |
| Исфайрамсай | 1,69 | 0,176 | 8,8 | 0,61 | 31,3 | 0,19 | 0,004 | 10,4 |
| Куршаб | 1,49 | 0,144 | 9,84 | 0,76 | 37,3 | 0,15 | 0,002 | 11,3 |
| Сох | | 0,186 | 9,11 | 0,65 | 33,1 | 0,17 | 0,003 | 10,9 |
| Тар | 1,45 | 0,139 | 10,7 | 0,90 | 42,0 | 0,13 | 0,002 | 12,0 |
| <i>средние реки</i> | | | | | | | | |
| Араван | 1,45 | 0,183 | 7,94 | 0,5 | 26,4 | 0,23 | 0,005 | 9,60 |
| Ходжабакирган | 1,33 | 0,152 | 8,77 | 0,6 | 31,1 | 0,19 | 0,004 | 10,2 |
| Шахимардан | 1,36 | 0,162 | 8,38 | 0,55 | 28,9 | 0,20 | 0,004 | 9,90 |

Характер распределения точек на графике (рисунок 2) свидетельствует в пользу тенденции увеличения угла отклонения с повышением числа Фруда.



◆ — ПК р. Тору-Айгыр; ● — ОК р. Аспара; ■ — Лабораторная установка; * — Канал Туш;
 ▲ — Канал Меркенский

Рисунок 2. К поиску предполагаемой связи угла отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой) с числом Фруда – бетонированные каналы КР

Усредненные характеристики (Рисунок 3) подтверждают выявленную тенденцию.

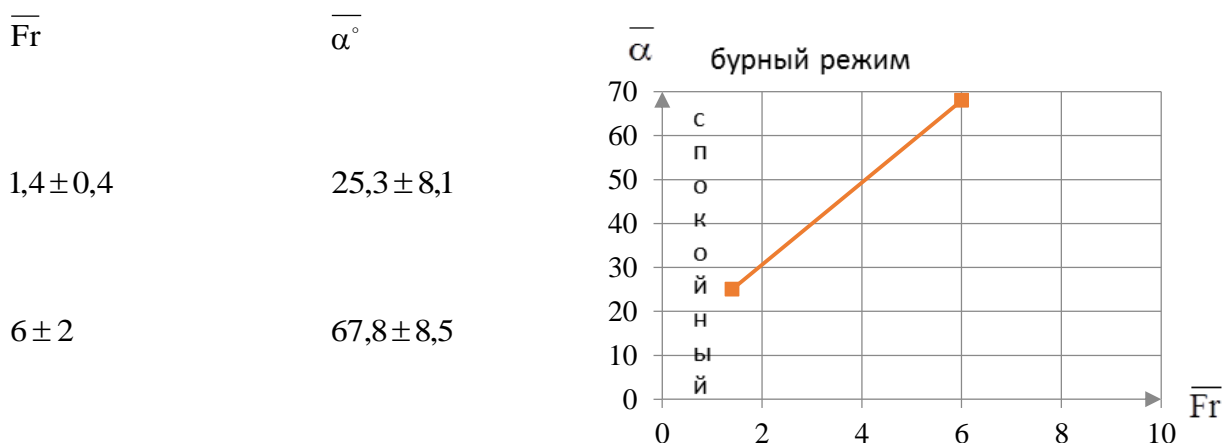


Рисунок 3. Тенденция влияния состояния потока воды на значения угла отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой) для бетонированных каналов

Для рек межгорных долин КР выявляется достаточно четко зависимость рассматриваемого угла отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой) от уклона дна водотока (Рисунок 4) при увеличении i искомый угол α уменьшается.

Для рек с подвижным мелкопесчаным дном устанавливается зависимость рассматриваемого угла отклонения от относительного коэффициента Шези: прямо пропорциональная связь угла α с относительным коэффициентом Шези C/\sqrt{g} (Рисунок 5).

В случае анализа дополнительных параметров влияния на угол отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой) от вертикали в направлении динамической оси потока установлены прямо пропорциональные зависимости угла α от C/\sqrt{g} (бетонированные каналы КР — Рисунок 6, реки межгорных долин КР — Рисунок 7) и обратно пропорциональная зависимость угла α от уклона дна водотока (р. Теджен — Рисунок 8).

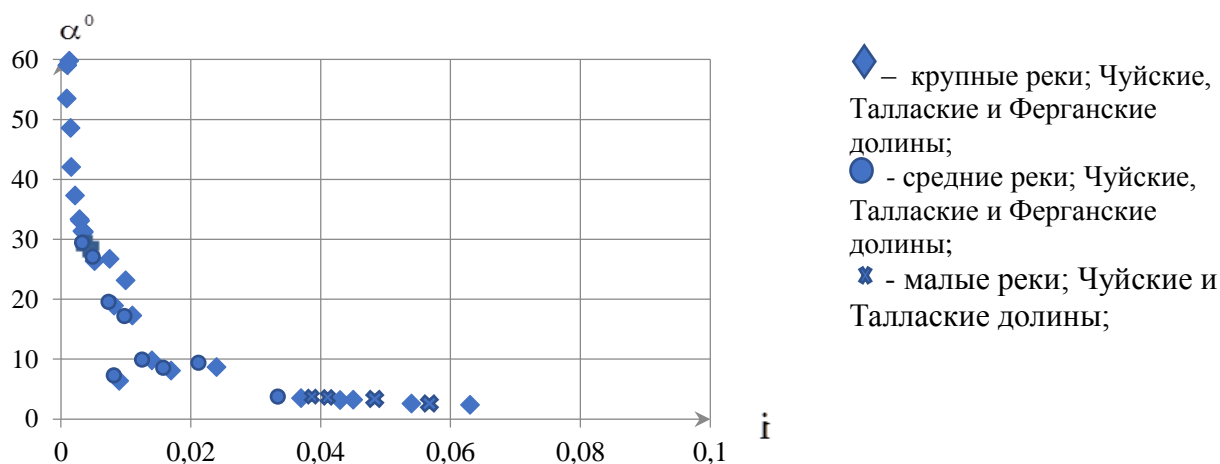


Рисунок 4. Влияние уклона дна рек межгорных долин КР на значения угла отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой)

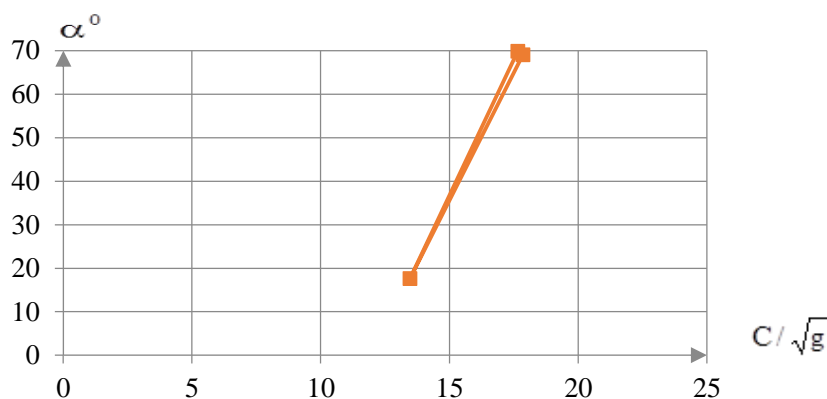


Рисунок 5. Влияние C/\sqrt{g} (р. Теджен, створ Аулата) на значения угла отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой)

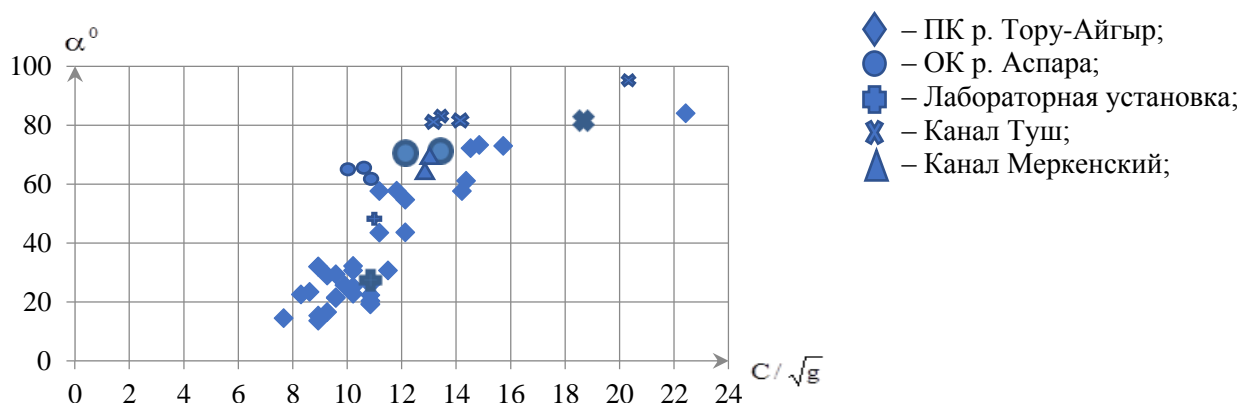


Рисунок 6. К поиску предполагаемой связи угла отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой) с C/\sqrt{g} — бетонированные каналы КР

Если обратиться к результатам анализа значений тарировочного коэффициента [6], (к методу определения поверхностной скорости потока), то обнаружим качественную однотипность соответствующих зависимостей для рассмотренных метода определения поверхностной скорости воды и устройства для измерения поверхностной скорости воды.

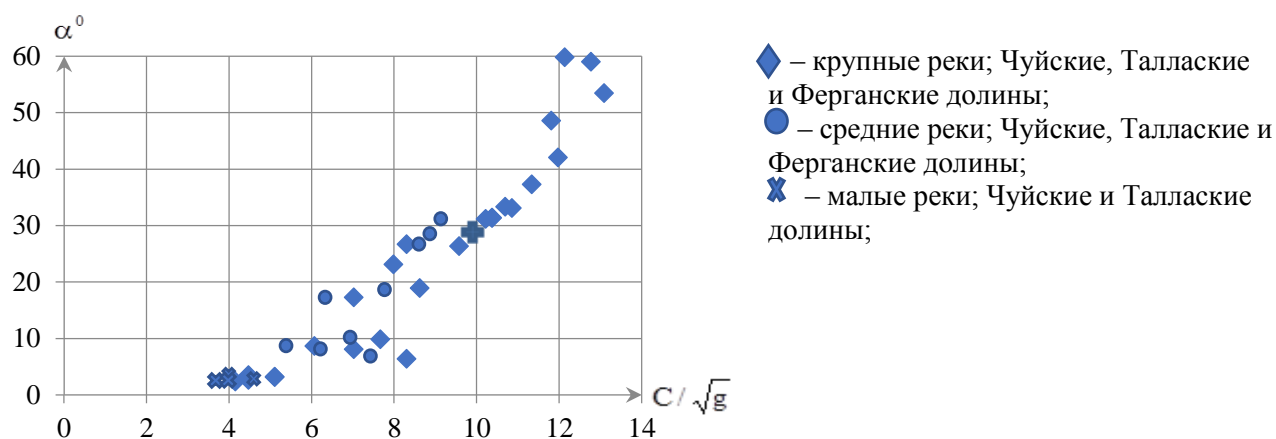


Рисунок 7. Влияние C/\sqrt{g} рек межгорных долин КР на значения угла отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой)

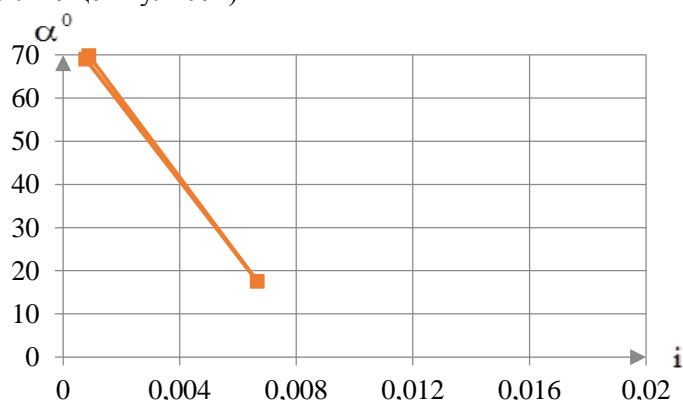


Рисунок 8. Влияние уклона дна (р. Теджен, створ Аулата) на значения угла отклонения поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой)

Казалось бы, подобного наблюдаться не должно. В самом деле, в указанном методе измеряются пульсации угла отклонения, где подразумевается, угла отклонения поплавкового датчика, упруго сопряженного с базирующим стрижнем, другой конец которого, в свою очередь, упруго соединен с неподвижной опорой.

В упомянутом устройстве речь идет об угле отклонения подвижного поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой) от неподвижной опоры.

Эти характеристики, как для метода, так и устройства в принципе отличаются друг от друга. Но если вникнуть в смысл рассматриваемых метода и устройства, то нетрудно уловить, что на самом деле и в том и в другом случаях мы имеем дела с косвенным способом определения поверхностной скорости воды (т.е. с угловыми измерениями).

Указанный сравнительный анализ результатов исследований метода определения поверхностной скорости воды и устройства для измерения поверхностной скорости воды наглядно иллюстрируется чертежами (Рисунок 9, 10). При этом следует обратить внимание на следующее:

- во-первых, рассматриваемые тенденции влияния и связи исследуемых характеристик с параметрами влияния лучше всего проводить на основе графиков, на которых и по оси ординат и по оси абсцисс откладываются безразмерные (относительные) величины. В случае устройства для измерения поверхностной скорости воды целесообразно использовать не значения угла отклонения, а функцию указанной характеристики. Здесь логично в качестве подобной функции применить $\operatorname{tg}\alpha$;

- во-вторых, стремление линеаризовать указанную функцию по скорости воды, приводит нас к применению не функции $\text{tg}\alpha$, а функции $\sqrt{\text{tg}\alpha}$.

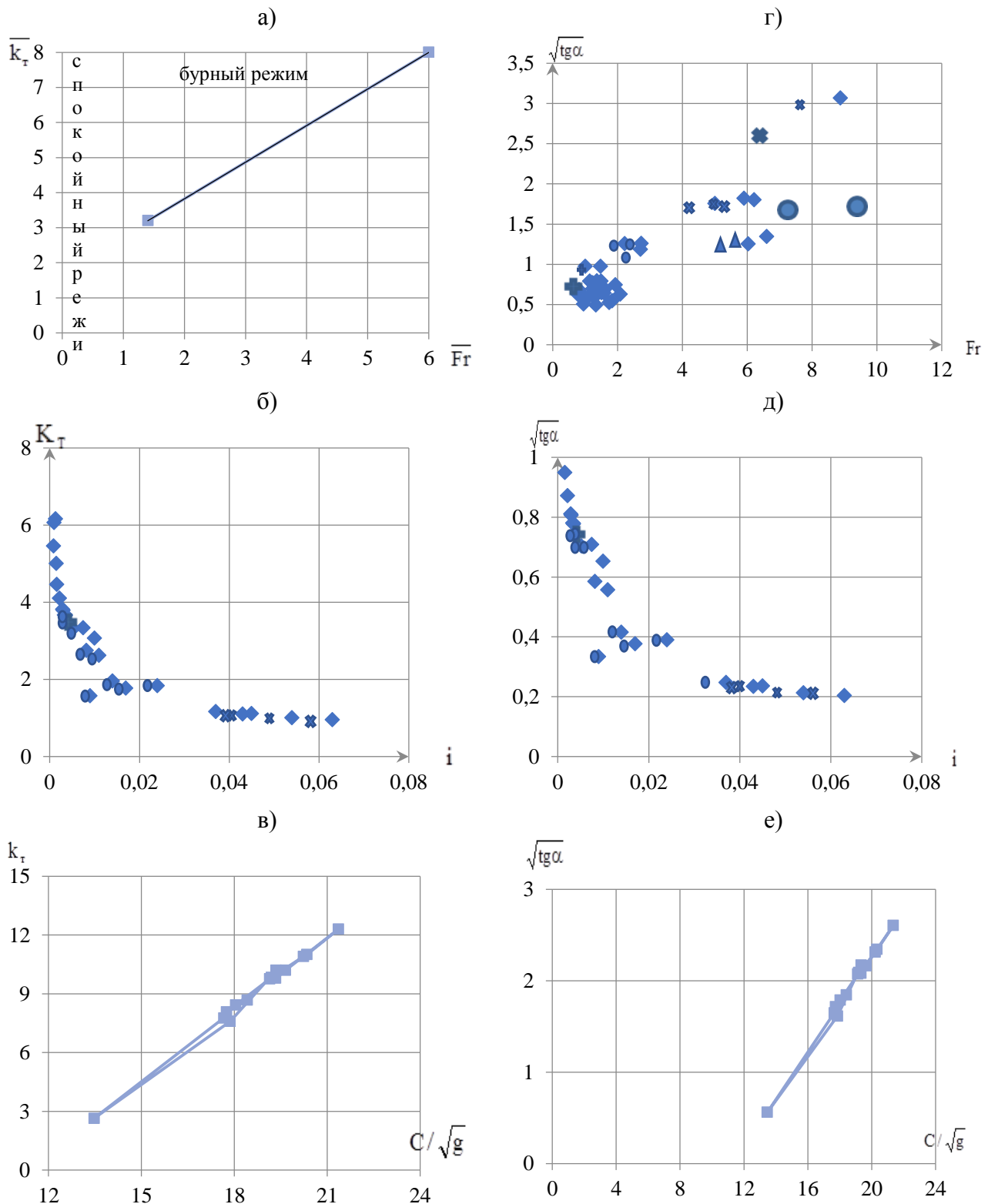


Рисунок 9. К сопоставительному анализу результатов исследований в рамках ОПВ: а, б, в – метод определения поверхностной скорости воды; г, д, е – устройство для измерения поверхностной скорости воды; а, г – бетонированные каналы КР; б, д – реки межгорных долин КР; в, е – река с мелкопесчаным подвижным дном

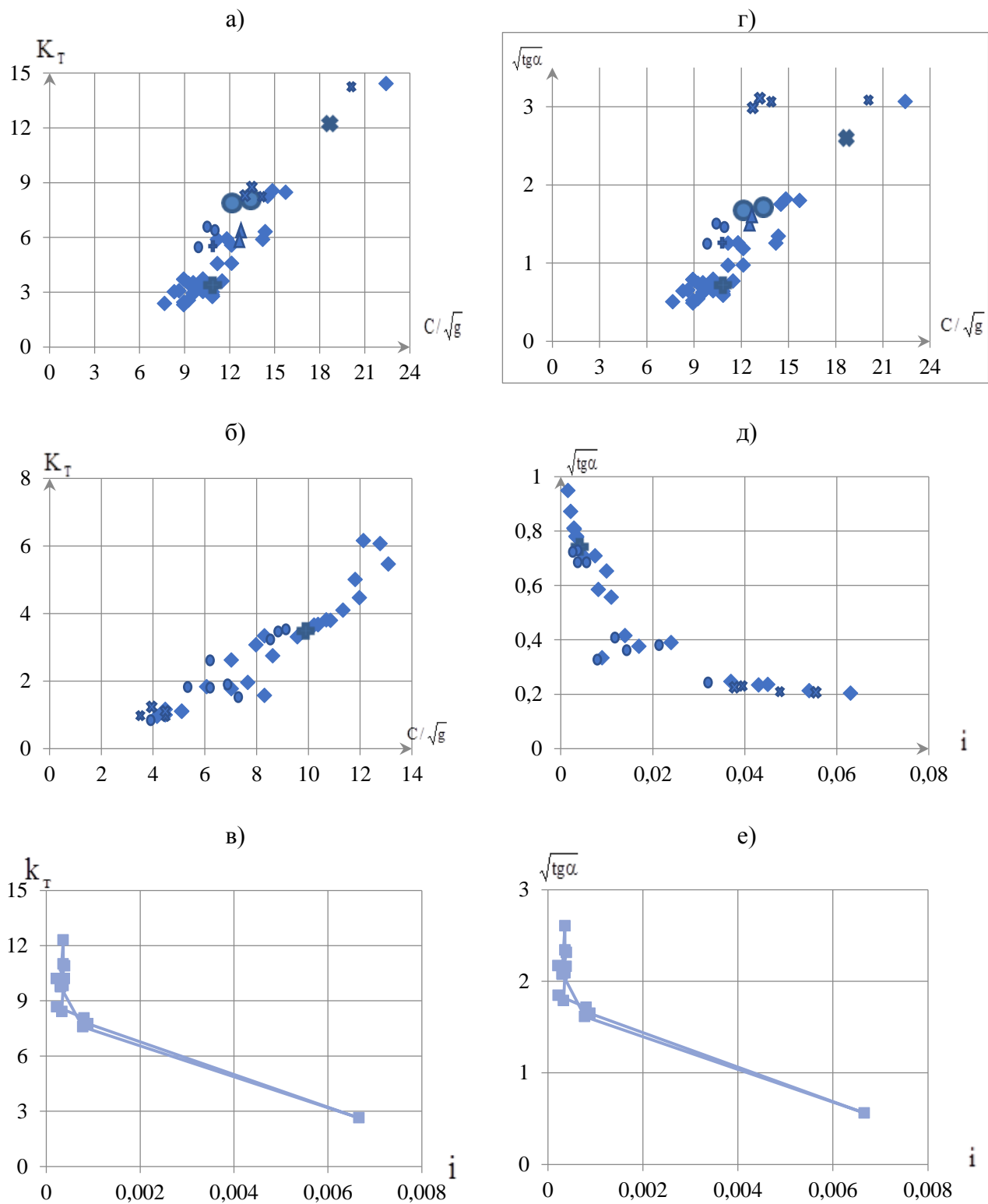


Рисунок 10. К сопоставительному анализу результатов исследований в рамках ДПВ: а, б, в – метод определения поверхностной скорости воды; г, д, е – устройство для измерения поверхностной скорости воды; а, г – бетонированные каналы КР; б, д – реки межгорных долин КР; в, е – река с мелкопесчаным подвижным дном

Анализ чертежей (Рисунок 9, 10) действительно позволяет установить качественную однотипность анализируемых связи, что, как было установлено в работе [5], причины выявленного факта является использование при функционировании устройства для измерения поверхностной скорости воды не прямых измерений кинематических характеристик потока, а косвенных (угловых) измерений.

Выводы

1. Предложено устройство для измерения поверхностной скорости воды, применение которого основано на использовании нового информативного параметра – угла отклонения подвижного поплавкового датчика (вместе с направляющей кулисой) от вертикали в направлении динамической оси потока, позволяющее достаточно просто и надежно измерять поверхностную скорость воды.

2. На основе введенной классификации водотоков установлены тенденции влияния на функцию угла отклонения и связи указанной функции с состоянием потока воды, уклонам дна водотоков и относительным коэффициентом Шези.

Список литературы:

1. Пресняков К. А. и др. Водомерный пост. Патент РФ № 2010177 // Бюллетень патентов и товарных знаков РФ. М.: НПО «Поиск» Роспатента. № 6. 30.03.94. 10 с.
2. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества веществ. СПб.: Политехника, 2004. 412 с.
3. Зимин С. Н. и др. Расходомер жидких сред в открытых водоемах. Патент RU № 2251080 // Бюллетень патентов и товарных знаков РФ. М.: НПО «Поиск» Роспатента. № 12. 27.04.2005. 6 с.
4. Великанов М. А. Динамика русловых потоков. М.: Госиздат техн.-теор. лит. 1954. 324 с.
5. Пресняков К. А., Керимкулова Г. К. Устройство для измерения поверхностной скорости воды // Известия КГТУ им. И. Раззакова. 2018. №2(46). С. 290-296.
6. Пресняков К. А., Аскалиева Г. О. О методе определения характерного кинематического параметра на основе новой информативной характеристики // Проблемы автоматизации и управления. 2017. №2 (33). С. 20-26.
7. Пресняков К. А., Керимкулова Г. К., Аскалиева Г. О. Оценка значений тарифовочного коэффициента для различных объектов исследований (к методу определения поверхностной скорости воды) // Проблемы автоматизации и управления. 2018. №2(35). С. 26-41.

References:

1. Presnyakov, K. A. i dr. (1994). Vodomerlyi post. Patent RF № 2010177. *Byulleten' patentov i tovarnykh znakov RF. Moscow: NPO Poisk Rospatenta.* (6). 30.03.94. 10.
2. Kremlevskii, P. P. (2004). Raskhodomery i schetchiki kolichestva veshchestv. St. Petersburg: Politekhnik, 412.
3. Zimin, S. N. i dr. (2005). Raskhodomery zhidkikh sred v otkrytykh vodoemakh. Patent RU № 2251080. *Byulleten' patentov i tovarnykh znakov RF. Moscow: NPO Poisk Rospatenta.* (12). 27.04.2005. 6.
4. Velikanov, M. A. (1954). Dinamika ruslovykh potokov. Moscow: Gosizdat tekhn.-teor. lit. 324.
5. Presnyakov, K. A., & Kerimkulova, G. K. (2018). Device for measuring surface water speed. *Journal of Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov*, 2(46). 290-296.

6. Presnyakov, K. A., & Askalieva, G. O. (2017). About the method of determination of characteristic kinematic parameter on the basis of the new informative characteristic. *Problems of automation and control*, 2 (33). 20-26.

7. Presnyakov, K. A., Kerimkulova, G. K., & Askalieva, G. O. (2018). Estimation of the values of the calibration factor for various objects of research (to the method of determining the superficial water velocity), *Problems of automation and control*, 2(35). С. 26-41.

*Работа поступила
в редакцию 17.01.2019 г.*

*Принята к публикации
21.01.2019 г.*

Ссылка для цитирования:

Пресняков К. А., Керимкулова Г. К., Аскалиева Г. О. Оценка значений угла отклонения поплавкового датчика для различных объектов (к устройству для измерения поверхностной скорости воды) // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №2. С. 181-196. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/39/25>.

Cite as (APA):

Presnyakov, K., Kerimkulova, G., & Askalieva, G. (2019). Values estimation of deflection angle of a floating sensor for various objects (to the resistance to measuring the water surface rate). *Bulletin of Science and Practice*, 5(2), 181-196. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/39/25> (in Russian).