

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043727**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.06.16(51) Int. Cl. **G01P 5/02 (2006.01)**(21) Номер заявки
202092752(22) Дата подачи заявки
2020.10.27**(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ СКОРОСТИ ВОДЫ В ОТКРЫТОМ ВОДОТОКЕ**(31) **20200018.1****Александрович, Аскалиева Гулзада**(32) **2020.03.13****Орозобаевна, Першакова Елена**(33) **KG****Юриевна (KG)**(43) **2021.09.30**(96) **ЕАПВ/KG/202000007 (KG) 2020.10.27**

(74) Представитель:

Керимкулова Г.К. (KG)(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**КЕРИМКУЛОВА ГУЛСААТ
КУБАТБЕКОВНА (KG)**

(56)

SU-A1-25742**RU-U1-135148****CN-U-206804686****KR-A-20030000980****JPS-A-60233562**(72) Изобретатель:
**Керимкулова Гулсаат Кубатбековна,
Пресняков Константин**

(57) Изобретение относится к гидравлике и может быть использовано при проведении гидрометрических работ. Техническая задача изобретения: повышение надежности способа и устройства за счет физически обоснованного их функционирования. Техническая задача изобретения решается таким образом, что в способе и устройстве для измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке, способ, заключающийся в наблюдении за движением поплавка вдоль измерительной рейки, проградуированной в единицах поверхностной скорости воды, отличающийся тем, что наблюдают за движением поплавка от левой мертвой точки, соответствующей расположению поплавка вблизи боковой поверхности валика вращения и груза-противовеса вблизи придонной части водотока, до правой мертвой точки, соответствующей достигаемому продвижению поплавка в продольном направлении и груза-противовеса до момента совпадения верхней плоскости его уровня горизонтального осевого сечения валика вращения, а поверхностную скорость воды вычисляют по формуле

$$u_m = \sqrt{\frac{g \cdot (\rho_{гп} - \rho_v) \cdot V_{гп} \cdot (H - h_{гп})}{\rho_v \cdot \pi \cdot R_n^2 \cdot H + \rho_{вал} \cdot \pi \cdot r_{вал}^2 \cdot l_{вал}}}$$

где ρ_v - плотность воды, кг/м³; g - ускорение свободного падения, м/с²; $V_{гп}$ - объем груза-противовеса, м³; $h_{гп}$ - высота груза-противовеса, м; u_m - поверхностная скорость воды, м/с; R_n - радиус сферического поплавка, м; H - глубина наполнения водотока, м; $\rho_{гп}$ - плотность материала груза-противовеса, кг/м³; $r_{вал}$ - радиус вращающегося валика, м; $\rho_{вал}$ - плотность материала вращающегося валика, кг/м³; $l_{вал}$ - длина вращающегося валика, м; устройство, включающее плавучее средство, фиксированное в створе измерения посредством якоря, и поплавок, соединенный гибким канатом с плавучим средством и оттянутым посередине его длины грузом, отличающееся тем, что плавучее средство фиксировано у борта водотока, а поплавок соединен нитью посредством валика вращения с грузом-противовесом. Экономическая эффективность предлагаемых способа и устройства для измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке обусловлена физически обоснованной их реализацией, что способствует повышению надежности указанных способа и устройства.

B1**043727****043727****B1**

Изобретение относится к гидравлике и может быть использовано при проведении гидрометрических работ.

Известно устройство для определения скорости и направления течения в поверхностном слое потоков (авторское свидетельство на изобретение СССР № 25742, 1932 г.), отличающееся применением гибкого троса, одним концом прикрепленного к одному краю рамы, расположенной сбоку шлюпки, оттягиваемого грузом и перекинутого через блок на другом краю рамы, а другим концом присоединенного к поплавку удобообтекаемой формы, который может перемещаться, в зависимости от скорости течения, на большее или меньшее расстояние вдоль соответственным образом расположенной рейки, градуированной опытным путем в единицах скорости течения.

Недостатками известного устройства являются применение рамы, а также измерительной рейки, отградуированной в единицах поверхностной скорости воды, что предопределяет проведение дополнительных работ по ее градуировке, кроме того, непонятно функциональное назначение груза, подвешенного к гибкому канату.

Известен "Способ измерения поверхностной скорости воды" (патент КР № 2179), включающий измерение необходимых параметров за определенный промежуток времени, преобразование информационных электрических сигналов датчика в телеметрический радиосигнал, передачу посредством трансивера поплавкового датчика по соответствующему каналу в информационно-вычислительную систему, последующую дистанционную обработку и вычисление поверхностной скорости воды, отличающийся тем, что в качестве информативного параметра используют угол зависимых отклонений подвижного поплавкового датчика вместе с направляющей кулисой, при этом обеспечивают перемещение вдоль направляющей кулисы подвижного поплавкового датчика в тесной связи с изменениями глубины наполнения водотока водой (уровня воды); осуществляют под действием динамического напора набегающего потока воды совместные отклонения указанного датчика вместе с направляющей кулисой от вертикали в направлении динамической оси потока; измеряют значения упомянутого угла отклонения указанного датчика вместе с направляющей кулисой, а поверхностную скорость воды вычисляют по формуле

$$u_m = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot u_* \cdot \frac{H}{R_{\text{п}}} \cdot \sqrt{\text{tg} \alpha},$$

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

Недостатком известного способа является наблюдение за отклонением поплавка вместе с направляющей кулисой от неподвижной опоры, а не за продольным движением поплавка.

Техническая задача изобретения: повышение надежности способа и устройства за счет физически обоснованного их функционирования.

Техническая задача изобретения решается таким образом, что в способе и устройстве для измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке, способ, заключающийся в наблюдении за движением поплавка вдоль измерительной рейки, проградуированной в единицах поверхностной скорости воды, отличающийся тем, что наблюдают за движением поплавка от левой мертвой точки, соответствующей расположению поплавка вблизи боковой поверхности валика вращения и груза-противовеса вблизи придонной части водотока, до правой мертвой точки, соответствующей достигаемому продвижению поплавка в продольном направлении и груза-противовеса до момента совпадения верхней плоскости его уровня горизонтального осевого сечения валика вращения, а поверхностную скорость воды вычисляют по формуле

$$u_m = \sqrt{\frac{g \cdot (\rho_{\text{гп}} - \rho_{\text{в}}) \cdot V_{\text{гп}} \cdot (H - h_{\text{гп}})}{\rho_{\text{в}} \cdot \pi \cdot R_{\text{п}}^2 \cdot H + \rho_{\text{вал}} \cdot \pi \cdot r_{\text{вал}}^2 \cdot l_{\text{вал}}}},$$

где $\rho_{\text{в}}$ - плотность воды, кг/м³; g - ускорение свободного падения, м/с²; $V_{\text{гп}}$ - объем груза-противовеса, м³; $h_{\text{гп}}$ - высота груза-противовеса, м; u_m - поверхностная скорость воды, м/с; $R_{\text{п}}$ - радиус сферического поплавка, м; H - глубина наполнения водотока, м; $\rho_{\text{гп}}$ - плотность материала груза-противовеса, кг/м³; $r_{\text{вал}}$ - радиус вращающегося валика, м; $\rho_{\text{вал}}$ - плотность материала вращающегося валика, кг/м³; $l_{\text{вал}}$ - длина вращающегося валика, м.; устройство, включающее плавучее средство, фиксированное в створе измерения посредством якоря, и поплавков, соединенный гибким канатом с плавучим средством и оттянутым по середине его длины грузом, отличающееся тем, что плавучее средство фиксировано у борта водотока, а поплавков соединен нитью посредством валика вращения с грузом-противовесом.

Подобное исполнение способа и устройства для измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке, по сравнению с прототипом позволяет повысить надежность измерений поверхностной скорости воды.

Сравнительный анализ прототипа и предлагаемого способа и устройства для измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке по нашему мнению, позволяет установить соответствие предлагаемого изобретения критериям "существенные отличия" и "новизна".

Обоснование предлагаемого способа и устройства для измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке производят следующим образом (фигура), где 1 - плавучее средство, 2 - штанга, 3 - рамка, 4 - валик, 5 - нить, 6 - сферический поплавок, 7 - груз-противовес.

Изменение потенциальной энергии груза-противовеса равно сумме кинетических энергий поступательного движения поплавка и вращательного движения валика вращения (Савельев И.В. "Курс общей физики" Т.1, стр. 101, ф. 27.14)

$$E_{\text{п}} + E_{\text{вал}} = \Pi_{\text{гп}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{п}}$ - кинетическая энергия поступательного движения поплавка, Дж; $E_{\text{вал}}$ - кинетическая энергия валика вращения, Дж; $\Pi_{\text{гп}}$ - изменение потенциальной энергии груза-противовеса, Дж.

Из рассмотрения технической схемы реализации способа (см. фигуру) следует уравнение баланса энергии:

кинетическая энергия поступательного движения поплавка (Пресняков, Г.К. Керимкулова. Устройство для измерения поверхностной скорости воды//Извест. КГТУ им. И. Раззакова. - 2018. - № (46). - с. 290-296.) запишется в виде

$$E_{\text{п}} = \rho_{\text{в}} \cdot u_{\text{м}}^2 \cdot \pi \cdot R_{\text{п}}^2 \cdot H, \quad (2)$$

где $\rho_{\text{в}}$ - плотность воды, кг/м³; $u_{\text{м}}$ - поверхностная скорость воды, м/с; $R_{\text{п}}$ - радиус сферического поплавка, м; H - глубина наполнения водотока, м;

кинетическую энергию вращающегося валика представим в виде

$$E_{\text{вал}} = M_{\text{вал}} \cdot \omega_{\text{вал}}^2, \quad (3)$$

где $M_{\text{вал}}$ - момент инерции вращающегося валика, кг·м²; $\omega_{\text{вал}}$ - угловая скорость вращения валика, 1/с;

момент инерции вращающегося валика (тонкостенный цилиндр замкнутого объема) равен

$$M_{\text{вал}} = m_{\text{вал}} \cdot r_{\text{вал}}^2, \quad (4)$$

где $m_{\text{вал}}$ - масса вращающегося валика, кг; $r_{\text{вал}}$ - радиус вращающегося валика, м; массу вращающегося валика запишем в виде

$$m_{\text{вал}} = \rho_{\text{вал}} \cdot V_{\text{вал}} = \rho_{\text{вал}} \cdot \pi \cdot r_{\text{вал}}^2 \cdot l_{\text{вал}}, \quad (5)$$

где $\rho_{\text{вал}}$ - плотность материала вращающегося валика, кг/м³; $l_{\text{вал}}$ - длина вращающегося валика, м; $V_{\text{вал}}$ - объем вращающегося валика, м³; кинетическая энергия вращающегося валика

$$E_{\text{вал}} = \rho_{\text{вал}} \cdot \pi \cdot r_{\text{вал}}^2 \cdot l_{\text{вал}} \cdot r_{\text{вал}}^2 \cdot \omega_{\text{вал}}^2 = \rho_{\text{вал}} \cdot \pi \cdot r_{\text{вал}}^4 \cdot l_{\text{вал}} \cdot \omega_{\text{вал}}^2; \quad (6)$$

угловая скорость вращения валика равна

$$\omega_{\text{вал}} = u_{\text{м}} / r_{\text{вал}}. \quad (7)$$

Получим кинетическую энергию вращающегося валика

$$E_{\text{вал}} = \rho_{\text{вал}} \cdot \pi \cdot r_{\text{вал}}^4 \cdot l_{\text{вал}} \cdot (u_{\text{м}}^2 / r_{\text{вал}}^2) = \rho_{\text{вал}} \cdot \pi \cdot r_{\text{вал}}^2 \cdot l_{\text{вал}} \cdot u_{\text{м}}^2. \quad (8)$$

Изменение потенциальной энергии груза-противовеса равно

$$\Pi_{\text{гп}} = g \cdot (\rho_{\text{гп}} - \rho_{\text{в}}) \cdot V_{\text{гп}} \cdot (H - h_{\text{гп}}), \quad (9)$$

где $\rho_{\text{гп}}$ - плотность материала груза-противовеса, кг/м³; g - ускорение свободного падения, м/с²; $V_{\text{гп}}$ - объем груза-противовеса, м³; $h_{\text{гп}}$ - высота груза-противовеса, м.

Таким образом, уравнение баланса энергии (1) переписывается в виде

$$\rho_{\text{в}} \cdot u_{\text{м}}^2 \cdot \pi \cdot R_{\text{п}}^2 \cdot H + \rho_{\text{вал}} \cdot \pi \cdot r_{\text{вал}}^2 \cdot l_{\text{вал}} \cdot u_{\text{м}}^2 = g \cdot (\rho_{\text{гп}} - \rho_{\text{в}}) \cdot V_{\text{гп}} \cdot (H - h_{\text{гп}}). \quad (10)$$

Выразим $u_{\text{м}}^2$ из (10), получим:

$$u_{\text{м}}^2 = \frac{g \cdot (\rho_{\text{гп}} - \rho_{\text{в}}) \cdot V_{\text{гп}} \cdot (H - h_{\text{гп}})}{\rho_{\text{в}} \cdot \pi \cdot R_{\text{п}}^2 \cdot H + \rho_{\text{вал}} \cdot \pi \cdot r_{\text{вал}}^2 \cdot l_{\text{вал}}}. \quad (11)$$

Отсюда

$$u_{\text{м}} = \sqrt{\frac{g \cdot (\rho_{\text{гп}} - \rho_{\text{в}}) \cdot V_{\text{гп}} \cdot (H - h_{\text{гп}})}{\rho_{\text{в}} \cdot \pi \cdot R_{\text{п}}^2 \cdot H + \rho_{\text{вал}} \cdot \pi \cdot r_{\text{вал}}^2 \cdot l_{\text{вал}}}}. \quad (12)$$

Техническую схему реализации способа и устройства для измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке иллюстрируют чертежом (см. фиг.).

Плавучее средство 1 размещают на поверхности воды таким образом, чтобы соблюсти условия сопряжения (не показано) его с бортом водотока: во-первых, обеспечивая перемещение плавучего средства 1 вдоль вертикали согласно изменениям глубины наполнения водотока водой, т.е. подъем плавучего средства 1 при увлечении глубины наполнения, опускание его при уменьшении указанной глубины; во-вторых, для исключения возможного дрейфа плавучего средства 1 в продольном и поперечном направлениях. С плавучим средством 1 жестко связывают штангу 2, на свободном конце которой жестко размещают рамку 3 поперек направления потока воды, таким образом, чтобы канавка (не указана) в центральной части валика вращения 4, которая обеспечивает жесткий контакт нити 5 с валиком вращения 4, совпала со стрежнем потока воды. Нить 5 связывает посредством валика вращения 4 сферический поплавок 6 с грузом-противовесом 7. Материалы тонкостенного цилиндрического валика вращения 4 замкну-

того объема и сферического поплавка 6 подбирают таким образом, чтобы плотность валика вращения 4 и плотность сферического поплавка 6 были близки к плотности воды, обеспечивая тем самым полупогружение в поверхностный слой воды валика вращения 4 и сферического поплавка 6.

Нить 5 выполняют в полупругом - полужестком варианте, что позволяет осуществить жесткий контакт нити 5 с канавкой в теле валика вращения 4 и осуществить плавное вхождение в измерительный режим подвижных элементов технической схемы реализации и плавный выход из него указанных элементов.

Способ и устройство для измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке реализуют следующим образом:

плавучее средство 1 согласно фактической глубине наполнения водотока водой размещают на поверхности потока воды;

штанга 2 (жестко связанная с плавучим средством 1 обеспечивает, благодаря жесткой связи ее с рамкой 3, погружение указанной рамки в поток воды таким образом, что валик вращения 4 находится полупогруженным состоянием в поверхностном слое потока воды;

для начала измерительного режима необходимо, при отпуске сферического поплавка 6 в поток воды, придать поплавку некоторый начальный импульс при преодолении ЛМТ (ЛМТ - левая мертвая точка соответствует нахождению поплавка 6 вблизи боковой поверхности валика вращения 4 и нахождению груза-противовеса 7 на дне водотока);

левая мертвая точка соответствует моменту строгания поплавка 6. Выход из нее обеспечивают тем, что вес груза-противовеса должен быть немного меньше динамических усилий потока действующих на поплавок 6;

сферический поплавок 6, связанный с валиком вращения 4 посредством нити 5, испытывает влияние динамического напора набегающего потока воды, под действием которого сферический поплавок 6 перемещается в продольном направлении, увлекая при этом посредством нити 5 во вращательное движение валик вращения 4, который, в свою очередь, способствует поднятию груза-противовеса 7.

Достижение грузом-противовесом 7 уровня горизонтального осевого поперечного сечения (не указано) валика вращения 4 свидетельствует о нахождении поплавка 6 в правой мертвой точке и о завершении измерительного режима технической схемы реализации способа и устройства для измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке, т.е. первая мертвая точка является сигналом о достижении поплавком 6 реально возможного продвижения поплавка 6 в продольном направлении.

Поверхностную скорость воды вычисляют по формуле (12)

$$u_m = \sqrt{\frac{g \cdot (\rho_{гн} - \rho_в) \cdot V_{гн} \cdot (H - h_{гн})}{\rho_в \cdot \pi \cdot R_{гн}^2 \cdot H + \rho_{вал} \cdot \pi \cdot r_{вал}^2 \cdot l_{вал}}}$$

где $\rho_в$ - плотность воды, кг/м³; g - ускорение свободного падения, м/с²; $V_{гн}$ - объем груза-противовеса, м³; $h_{гн}$ - высота груза-противовеса, м; u_m - поверхностная скорость воды, м/с; $R_{гн}$ - радиус сферического поплавка, м; H - глубина наполнения водотока, м; $\rho_{гн}$ - плотность материала груза-противовеса, кг/м³; $r_{вал}$ - радиус вращающегося валика, м; $\rho_{вал}$ - плотность материала вращающегося валика, кг/м³; $l_{вал}$ - длина вращающегося валика, м.

Экономическая эффективность предлагаемого способа и устройства для измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке обусловлена физически обоснованной их реализацией, что способствует повышению надежности указанного способа и устройства.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке, включающее плавучее средство, фиксируемое в створе измерения посредством якоря (4), (7), и поплавков, соединенный гибким канатом с (4), (7) и оттянутым посередине его длины грузом, отличающееся тем, что плавучее средство содержит средство его фиксации у борта водотока.

2. Способ измерения поверхностной скорости воды в открытом водотоке с помощью устройства по п.1, заключающийся в наблюдении за движением поплавка вдоль измерительной рейки, проградуированной в единицах поверхностной скорости воды, отличающийся тем, что наблюдают за движением поплавка от левой мертвой точки, соответствующей расположению поплавка вблизи боковой поверхности валика вращения и груза-противовеса вблизи придонной части водотока, до правой мертвой точки, соответствующей достигаемому продвижению поплавка в продольном направлении и груза-противовеса до момента совпадения верхней плоскости его уровня горизонтального осевого сечения валика вращения, а поверхностную скорость воды вычисляют по формуле

$$u_m = \sqrt{\frac{g \cdot (\rho_{гн} - \rho_в) \cdot V_{гн} \cdot (H - h_{гн})}{\rho_в \cdot \pi \cdot R_{гн}^2 \cdot H + \rho_{вал} \cdot \pi \cdot r_{вал}^2 \cdot l_{вал}}}$$

где $\rho_в$ - плотность воды, кг/м³; g - ускорение свободного падения, м/с²; $V_{гн}$ - объем груза-противовеса, м³; $h_{гн}$ - высота груза-противовеса, м; u_m - поверхностная скорость воды, м/с; $R_{гн}$ - радиус сферического поплавка, м; H - глубина наполнения водотока, м; $\rho_{гн}$ - плотность материала груза-

противовеса, кг/м^3 ; $r_{\text{вал}}$ - радиус вращающегося валика, м; $\rho_{\text{вал}}$ - плотность материала вращающегося валика, кг/м^3 ; $l_{\text{вал}}$ - длина вращающегося валика, м, а совокупность указанных измерительных элементов размещена на плавучем средстве.

