

КИЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

На правах рукописи

Малахов Алексей Владимирович

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЭЛ ОБТЕКАНИЯ КАК ПЕРВИЧНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РАСХОДА С ОГРАНИЧЕННЫМ ПОТОКОМ

Об.23.16 - Гидравлика и инженерная гидрология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Киев 1995



00777925 (.)

Диссертационная работа выполнена в Одесском
политехническом университете

Научный руководитель - кандидат технических наук,
профессор О. Н. Цабиев

Официальные опоненты - доктор технических наук,
профессор Н. Г. Пивовар

- кандидат технических наук,
доцент Кравчук А. М.

Ведущая организация "Одессакоммунпроект"

Защита состоится "30" марта 1995 года в 13⁰⁰
часов на заседании специализированного совета К 068.05.08
в Киевском государственном техническом университете
строительства и архитектуры по адресу :
252037, Киев - 37, Воздухофлотский проспект, 31.
аудитория 466.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КГТУСИА

Автореферат разослан "27" ФЕВРАЛЯ 1995 года

Ученый секретарь
специализированного
ученого совета.

В. Ф. Накорчевская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Проблема измерения расходов различных сред и в частности воды занимает важное место в народно-хозяйственном комплексе Украины. Экономические требования выдвигают ряд условий к применяемым средствам расходомерии. Помимо требований к технико-эксплуатационным показателям таких средств важную роль играет их эксплуатационная надежность и простота изготовления.

Контроль за расходом воды на мелких потребителях, таких как: жилищно-коммунальное хозяйство, локальные объекты сельского хозяйства, технологические участки и одиночные источники водопотребления на промышленных предприятиях (с диапазонами расходов от 0 до $1 \text{ м}^3/\text{ч}$) требует создания приборов, способных обеспечить надежную оценку потребленной воды.

Существующие средства измерения и учета потребляемой воды устанавливаются на основных подводящих магистралях и контролируют общее водопотребление, но задача определения расхода воды непосредственными потребителями не решается.

В условиях рыночной экономики возникает такой класс потребителей как жилые квартиры. До настоящего времени учет потребляемой воды в этой области водопотребления практически не производился.

Имеющие место попытки решения этой задачи связаны с применением расходомеров объемного типа. Однако для расхода измеряемой среды, в пределах от 0 до $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ их применение становятся дорогостоящим.

Проведенный анализ средств учета расхода показал, что одним из альтернативных вариантов являются расходомеры обтекания (расходомеры с поворотной лопастью).

Цель работы заключается в установлении закономерностей взаимодействия потока, ограниченного стенками цилиндрического канала с телами обтекания разных геометрических форм. Определение таких закономерностей позволит разработать методику создания первичных преобразователей расхода жидкости в зависимости от ее физико-химических свойств и требований выдвигаемых непосредственными условиями эксплуатации.

Решение поставленной цели производится за счет реализации следующих задач:

- выбор оптимальной геометрической формы тела обтекания;

- определение метрологических характеристик исследуемых тел обтекания;

- нахождение факторов, влияющих на работу первичного преобразователя расхода типа - поворотная лопасть;

- изучение поля давления возле поверхностей исследуемых тел обтекания при их взаимодействии с ограниченным потоком жидкости;

- разработка математических соотношений, отражающих характер взаимодействия потока жидкости, ограниченного стенками цилиндрического канала с телами обтекания;

- разработка правил по расчету, изготовлению и эксплуатации расходомера.

Объект и методы исследования. Объектом исследования являются гидродинамические особенности обтекания и силового взаимодействия поворотного тела обтекания с ограниченным потоком при значениях расхода от 0 до $1 \text{ м}^3/\text{ч}$. Экспериментальные исследования выполнены в лабораториях кафедры гидравлики и гидравлических машин и промышленной электроники Одесского государственного политехнического университета. Опыты проводились на водяном и аэродинамическом стендах.

Съем экспериментальных данных при работе на аэродинамическом стенде и расчеты полностью автоматизированы и выполнены с применением электронно-вычислительной машины класса IBM PC.

Практическая ценность работы. С использованием результатов экспериментальных исследований и произведенного теоретического анализа гидродинамического взаимодействия ограниченного потока с поворотными телами обтекания разработаны практические рекомендации по расчету, конструированию и эксплуатации первичного преобразователя, обеспечивающего с высокой точностью измерения малых и средних расходов жидких и газообразных сред.

Практическим результатом работы является создание первичного преобразователя расхода, который по своим эксплуатационно-конструктивным показателям и технологии изготовления способен удовлетворять требования, предъявляемые при производстве и эксплуатации современных средств измерения расхода жидкости и газа.

Научная новизна. Доказана возможность использования поворотных тел обтекания со смещенным центром тяжести в качестве первичных преобразователей расхода жидкости и газа. Исследова-

ны гидродинамические закономерности взаимодействия ограниченного потока жидкости с поворотными телами обтекания. Получены экспериментальные данные, характеризующие длину и форму зоны отрыва при обтекании ограниченным потоком поворотной лопасти. Исследовано влияние ограничивающих стенок трубопровода на характер распределения давления в окрестности поворотного тела обтекания. Исследовано распределение давления в тыльной части тела обтекания при различных углах его положения в трубопроводе. Произведена оценка коэффициента местных потерь для двух геометрических форм тел обтекания при их взаимодействии с ограниченным потоком жидкости и при различных углах атаки потока. Предложены основные расчетные соотношения, отражающие как процесс гидродинамического взаимодействия ограниченного потока с телом обтекания (распределение давления у поверхности тела обтекания), так и метрологическую характеристику предлагаемого первичного преобразователя расхода.

Задачи исследований. Задачи работы заключаются в исследовании гидродинамических особенностей взаимодействия ограниченного потока жидкости и газа с поворотным телом обтекания в зависимости от его положения в трубопроводе. Полученные закономерности предложено использовать для разработки первичного преобразователя расхода, который в дальнейшем может быть использован при эксплуатации у качественно новых потребителей жидкости и газа.

Апробация. Основные положения работы и отдельные ее разделы докладывались и получили одобрение на научно-технических конференциях ОГПУ 1993-1994 гг.

Работа также докладывалась и получила положительный отзыв на 1-вой международной конференции "Автоматика-94" в г. Киев и конференции "Математические модели в научно-исследовательских работах" в г. Одессе.

Работа докладывалась и получила одобрение на заседании республиканского научного семинара по гидравлике открытых русел и сооружений в г. Киев.

На разработанную конструкцию расходомера подана заявка на получение государственного патента Украины.

Публикация результатов. Главные экспериментальные результаты и основные части математической модели опубликованы в трех работах.

Объем и структуре работы. Диссертация изложена на 178 страницах машинописного текста и состоит из введения, пяти глав, заключения, литературы и приложения. Работа иллюстрирована 7 таблицами и 38 рисунками. Список использованной литературы включает 101 наименование, в том числе 12 иностранных (страны дальнего зарубежья) источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Произведен анализ существующих средств расходомерии для измерения расходов в пределах от 1 до $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ для труб с $Dy = 10 - 50 \text{ мм}$. Показана актуальность проблемы измерения расходов у малых потребителей жидкости и газа. В качестве дополнения к заподозряемым турбинным расходомерам (до 90 % от выпускаемых в мире) предложен расходомер использующий поворотную лопасть в виде тела обтекания со смещенным центром тяжести.

Для измерения малых расходов жидкости и газа предложена классификация существующих расходомеров по принципу их действия. Она включает в себя: труба и сопло Вентури, сужающие устройства для малых чисел Re , тахометрические расходомеры и счетчики, вихревые расходомеры, тепловые, электромагнитные акустические и оптические расходомеры, расходомеры с автоколеблющимся телом, расходомеры обтекания и расходомеры специальных типов.

Проведен анализ литературных источников, отражающих гидродинамическое взаимодействие тел обтекания с ограниченным потоком. Показано, что этот вопрос в полной мере раскрыт не был. Установлено, что на основании известных результатов невозможно проводить аналитическое исследование гидродинамического взаимодействия ограниченного потока жидкости с поворотными телами обтекания. На основании проведенного анализа показана перспективность применения метода дискретных вихрей и блочно-панельного метода Мессершидта для расчета взаимодействия поворотных тел обтекания с ограниченным потоком жидкости.

Получены эмпирические соотношения, отражающие работу поворотной лопасти, выполенной в виде тела обтекания со смещенным центром тяжести. В результате получено выражение для определения расхода измеряемой среды по углу отклонения лопастей

$$Q = Z \cdot K_1 \cdot \psi \cdot A \cdot \sqrt{\frac{S \sin \alpha}{L_1}}$$

где: Z - эмпирический коэффициент; K_1 - коэффициент лопасти; A - площадь трубопровода, м; α - угол поворота лопасти, град; L_1 - положение точки раздела на поверхности лопасти, м.

Величины K_1 и L_1 определяются как

$$K_1 = \sqrt{\frac{45 \left(\frac{1}{2} M_{гр} \left(1 - 2 \frac{L_0}{L} \right) + \frac{M_{гр} \cdot g}{A_T \cdot L} \right)}{g \left(10 + \frac{1}{L} - 21 \frac{L_0}{L} \right)}}$$

$$L_1 = \frac{\frac{1}{D} \left(h + L_0 \left(1 - \cos \alpha \right) \right)}{1 - \frac{1}{D} \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{A - \left(A_{зона} \cdot \cos \alpha + \Delta \cdot \sin \alpha \right)}{A}$$

где: $M_{гр}$ - масса грузовой вставки, кг; L_0 - расстояние от края лопасти до оси ее подъема, м; L - характерный размер лопасти, м; g - ускорение свободного падения, м/с²; A_T - ширина лопасти, м; ρ - плотность измеряемой среды, кг/м³; Δ - толщина лопасти, м;

На основании теоремы Бэкингема проведен физический анализ взаимодействия потока и поворотных тел обтекания со смещенным центром тяжести. В результате получены основные критерии подобия, позволяющие моделировать условия работы поворотной лопасти.

При проведении исследовательских работ съем и обработка всех экспериментальных данных производились ЭВМ класса IBM PC с использованием языка программирования TurboPascal Ver 7.0.

В ходе экспериментальных работ по выбору геометрической формы лопасти были испытаны тела обтекания имеющие формы объемного диска и неправильной пластины (рис. 1). В результате для тела в виде неправильной пластины, была получена зависимость расхода от угла поворота лопасти $Q = f(\alpha)$ хорошо аппроксимирующаяся прямой линией. Она показана на рис. 2. Экспериментально установлено, что форма бокового сечения тела обтекания влияния на вид зависимости расхода от угла поворота лопасти не оказывает.

Для различных режимов движения потока произведены работы по изучению распределения давления у поверхности тел обтекания в виде диска и неправильной пластины. Для этих форм поворотной лопасти были исследованы следующие углы положения:

- лобовая поверхность неправильной пластины: угол равный 0, 20, 40 и 60 градусам.

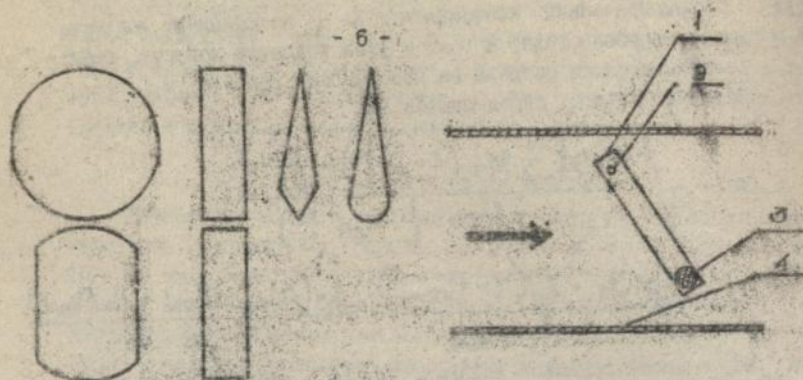


Рис. 1

Геометрические формы испытанных тел обтекания

1 - лопасть; 2 - ось подвеса; 3 - грузовая вставка; 4 - трубопровод

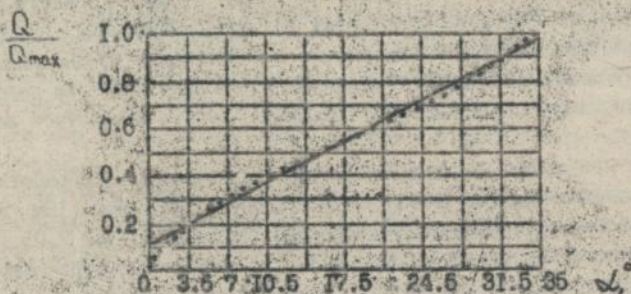


Рис. 2.

Зависимость расхода от угла поворота лопасти

- тыльная поверхность в правильной пластины : угол равный 0, 40 и 60 градусов.

- лобовая поверхность диска - угол равный 0, 20, 40 градусам.

Показано, что вне зависимости от режима движения измеряемой среды, качественно распределение давления в лобовой части тел обтекания остается постоянным. Это характеризуется тем, что эпюры давления для каждого из режимов практически совпадают и изменение величины коэффициента давления происходит по одинаковой зависимости. Наиболее ярко это выражается при углах

поворота тела обтекания превышающих значение 20 градусов. Так для тела в виде неправильной пластины рис. 3 и тела в виде диска рис. 4 при различных скоростях потока наблюдается практическое совпадение экспериментальных кривых. Небольшое отличие этих зависимостей для тела обтекания в виде неправильной пластины (рис. 3) объясняется отсутствием боковых кромок (являющихся дополнением к форме тела в виде диска). Возникающие в боковых частях обтекаемого тела пульсации потока вносят небольшое отличие в числовые величины коэффициентов давления.

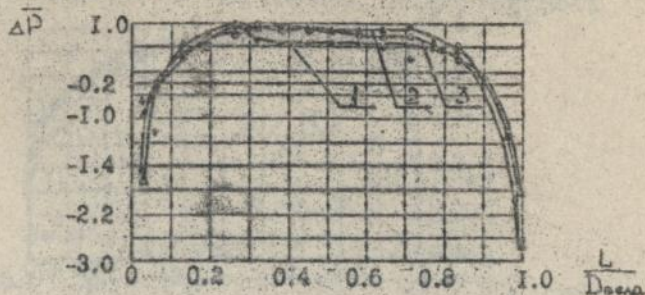


рис. 3

Распределение давления у лобовой поверхности неправильной пластины при угле отклонения 0° .

1 - минимальный режим; 2 - рабочий режим; 3 - максимальный режим.

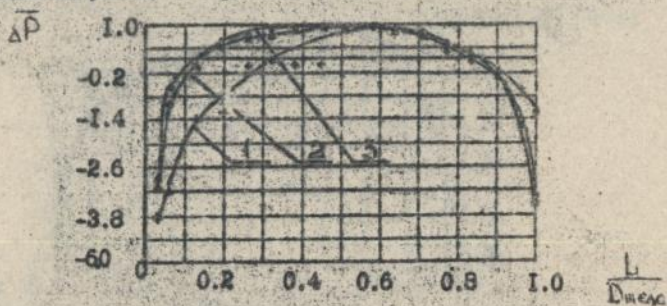


Рис. 4

Распределение давления у лобовой поверхности диска при угле отклонения 0° .

1 - минимальный режим; 2 - рабочий режим; 3 - максимальный режим.

Из рис. 3 и 4 видно, что изменение величины скорости в 2 - 8 раз вызывает увеличение величины момента давления потока на лобовую поверхность всего на 2 - 8 %. Однако в численном выражении суммарный момент давления потока на рассматриваемое тело обтекания определяется давлением именно в лобовой части обтекаемого тела. Величина этого давления зависит в первую очередь от положения точки раздела потока на поверхности обтекаемого тела. Эта зависимость выражается в симметричном смещении правой половины эпюры (рис. 5 и 6). Положение точки раздела пото-

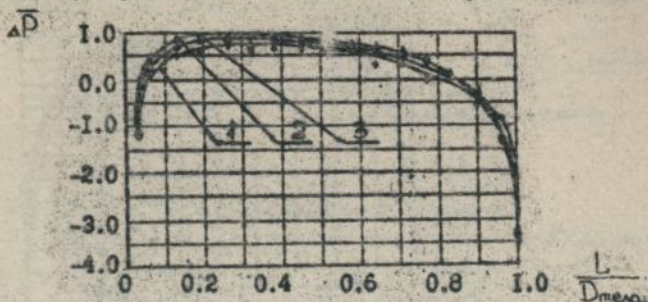


Рис. 5

Распределение давления у лобовой поверхности неправильной пластины при угле отклонения 40 градусов.

1 - минимальный режим; 2 - рабочий режим; 3 - максимальный режим.

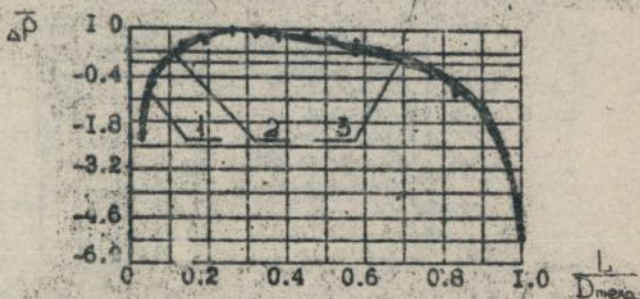


Рис. 6

Распределение давления у лобовой поверхности диска при угле отклонения 40 градусов.

1 - минимальный режим; 2 - рабочий режим; 3 - максимальный режим.

ка в свою очередь определяется углом расположения тела в трубопроводе. При этом характер перераспределения эпюр давления в лобовой части обтекаемых тел показывает, что при увеличении угла поворота положение точки раздела смещается от центра тела обтекания до его верхней кромки.

По сравнению с распределением давления в лобовой части тела обтекания в виде неправильной пластины эпюра давления в тыльной части этой формы первичного преобразователя (рис. 7 и 8) качественно отлична. Режимом течения, характеризующимся

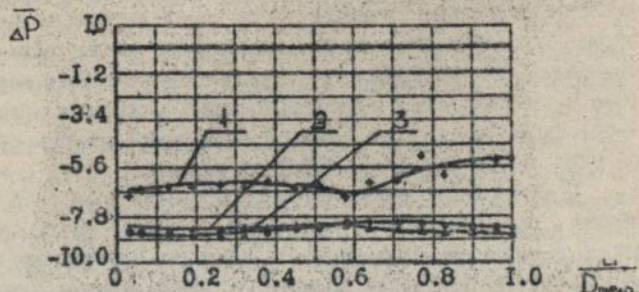


Рис. 7

Распределение давления у тыльной поверхности неправильной пластины при угле отклонения 0 градусов.

1 - минимальный режим; 2 - рабочий режим; 3 - максимальный режим.

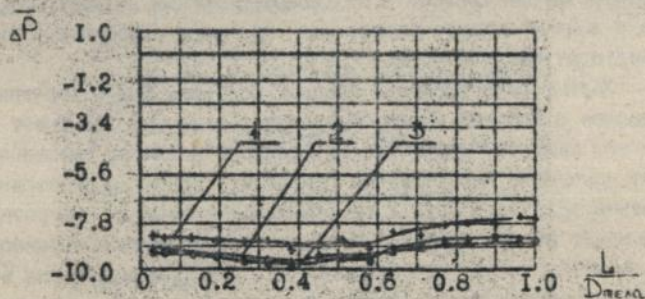


Рис. 8

Распределение давления у тыльной поверхности неправильной пластины при угле отклонения 40 градусов.

1 - минимальный режим; 2 - рабочий режим; 3 - максимальный режим.

различными значениями скоростей соответствует не совпадающие между собой эпюры давления. При этом наблюдается (рис. 7) сильное отличие величин коэффициентов давления при изменении скорости от 2 до 10 м/с. Аналогичная тенденция наблюдается при увеличении угла поворота тела обтекания, хотя при этом происходит сближение рассматриваемых эпюр (рис. 8). Ярко выраженная зависимость распределения давления в тыльной части обтекаемого тела от скорости движения потока главным образом объясняется тем, что зона отрыва, возникающая при обтекании тела в сильной степени зависит от местной скорости потока у кромок лопасти. Изменение этой скорости определяется смещением точки отрыва пограничного слоя на поверхности тела обтекания. На основании этого сделан вывод, что именно величина давления потока в тыльной части обтекаемого тела оказывает главное качественное влияние на характер получаемой зависимости расхода от угла отклонения для поворотной лопасти.

Практическое совпадение эпюр давления в лобовой и тыльной частях тела обтекания (рис. 5 и рис. 8.) после превышения определенного значения скорости движения потока говорит о том, что для рассматриваемой лопасти (с определенными конструктивными параметрами) наступает зона нечувствительности. Для предотвращения этого недостатка при проектировании поворотной лопасти эту тенденцию предложено учитывать изменением величины давления потока в тыльной части обтекаемого тела. Это достигается путем выбора определенного соотношения между весовыми характеристиками лопасти и ее геометрическими параметрами, которые в конечном итоге определяют величину противодействующего момента от силы тяжести.

Характерное смещение правой половины эпюры давления наблюдаемое в лобовой части обтекаемого тела (рис. 5) имеет место и в его тыльной части (рис. 8), однако величина смещения вызывает изменение коэффициента давления вдоль рассматриваемого сечения тела на 5 - 10 % (в зависимости от угла поворота), что указывает на практическое постоянство давления в отрывной зоне за лопастью. При определении силовых характеристик взаимодействия ограниченного потока с телом обтекания величину коэффициента давления в тыльной части предложено в среднем принимать постоянной.

Анализ э.пор давления в лобовой и тыльной части тела обтекания подтвердил, достоверность математических выражений использованных для описания работы поворотной лопасти.

При проведении физического анализа поворотной лопасти выявлены основные конструктивные параметры, влияющие на ее метрологическую характеристику (зависимость $Q - f(\alpha)$). Для тел обтекания со смещенным центром тяжести в виде диска и неправильной пластины произведены экспериментальные работы по изучению влияния соотношения массы лопасти и грузовой вставки, а также расположению оси подвеса лопасти в трубопроводе. Изучены поворотные лопасти, характеризующиеся различными значениями первоначальной степени перекрытия потока. Показано, что для получения линейной зависимости расхода от угла отклонения, отношение массы лопасти к массе грузовой вставки должно лежать в пределах 0,6 - 0,8. Зависимости $Q - f(\alpha)$ для трех значений $M_{\text{тела}}/M_{\text{гр}}$ показаны на рис. 9. Установлено, что оптимальная степень стеснения потока (отношение $A_{\text{тела}}/A_{\text{гр}}$ при $\alpha = 0$ градусов) находится в пределах 0,6 - 0,8. Зависимости $Q - f(\alpha)$ для трех значений степени стеснения потока показаны на рис. 10.

Для двух форм поворотной лопасти произведена экспериментальная оценка величины коэффициента местных потерь при различных углах атаки потока (рис. 11 и 12). Показано, что эта величина для лопасти в виде неправильной пластины находится в допустимых пределах для использования у мелких потребителей

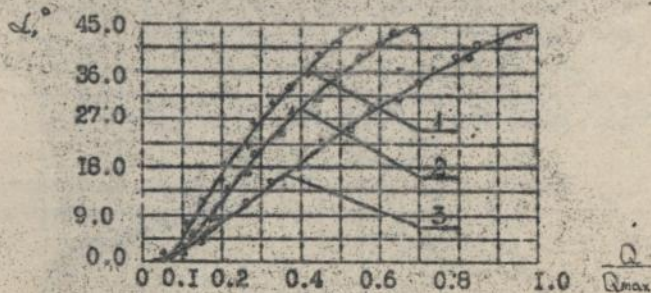
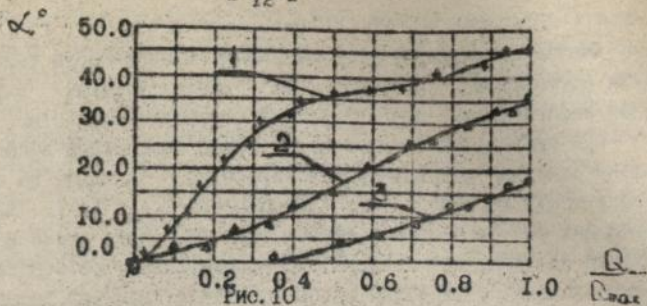


Рис. 9

Влияние отношения $M_{\text{тела}}/M_{\text{груза}}$ на зависимость угла отклонения от расхода измеряемой среды.

- 1 - $M_{\text{тела}}/M_{\text{груза}} = 0,443$; 2 - $M_{\text{тела}}/M_{\text{груза}} = 0,672$;
3 - $M_{\text{тела}}/M_{\text{груза}} = 0,773$;



Влияние отношения Ателеа/Атр-да на зависимость угла отклонения от расхода измеряемой среды.

- 1 - Ателеа/Атр-да = 0.975; 2 - Ателеа/Атр-да = 0.676;
3 - Ателеа/Атр-да = 0.763.

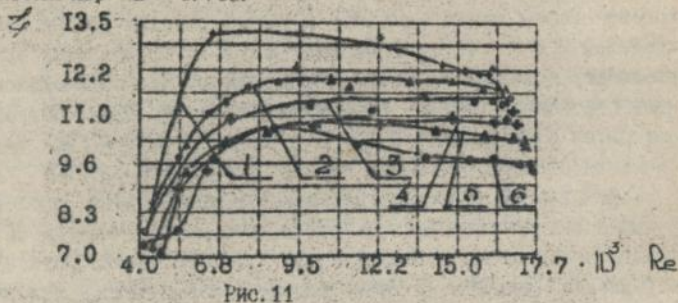


Рис. 11

Зависимость коэффициента местных потерь диска от числа Re.

- 1 - $\alpha = 0^\circ$; 2 - $\alpha = 10^\circ$; 3 - $\alpha = 20^\circ$;
4 - $\alpha = 30^\circ$; 5 - $\alpha = 40^\circ$; 6 - $\alpha = 50^\circ$;

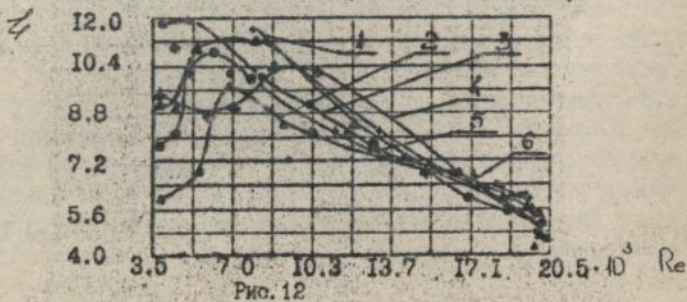


Рис. 12

Зависимость коэффициента местных потерь неправильной пластины от числа Re.

- 1 - $\alpha = 0^\circ$; 2 - $\alpha = 10^\circ$; 3 - $\alpha = 20^\circ$;
4 - $\alpha = 30^\circ$; 5 - $\alpha = 40^\circ$; 6 - $\alpha = 50^\circ$;

жидкости и газа.

Для тела обтекания в виде неправильной пластины получены данные, характеризующие форму и длину зоны отрыва потока при различных углах положения лопасти в трубопроводе. Из сравнения с работой Чзена показано, что в отличие от неограниченного потока жидкости зона отрыва за телом обтекания имеет меньшую длину и меньшую начальную высоту подъема. Распределение верхней половины зоны отрыва за неправильной пластины показано на рис. 13.

Разработана методика конструирования расходомеров с поворотной лопастью использующей объемные тела обтекания со смещенным центром тяжести. На основании разработанной методики представлен пример расчета метрологической характеристики (зависимости $Q - f(\alpha)$) для поворотной лопасти в виде неправильной пластины. Там же, показаны полученные расчетным путем величины момента давления потока на лопасть и противодействующего момента силы тяжести лопасти при различных углах положения лопасти в трубопроводе.

Предложены рекомендации по изготовлению, монтажу и эксплуатации поворотной лопасти.

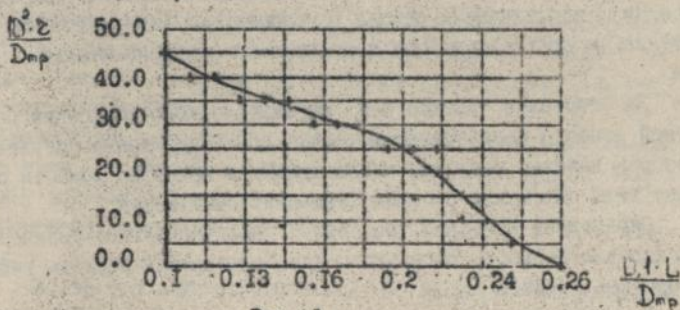


Рис. 13

Распределение зоны отрыва за неправильной пластиной (угол поворота 40 градусов $V = 7.539$ м/с).

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

В диссертационной работе показано, что в связи с реаким обострением проблем энергосбережения в последние годы наметилась тенденция усиления контроля за использованием водных ресурсов. Раскрыта необходимость измерения малых и средних (до

1 м³/час) расходов для таких локальных потребителей воды или газа как квартиры, жилищно-коммунальные хозяйства, частные домостроения, фермерские хозяйства и т.п. В качестве дополнения к широко распространенным турбинным расходомерам предложен вариант дешевого, простого и надежного преобразователя расхода типа - поворотная лопасть, который выполнен в виде объемного тела обтекания со смещенным центром тяжести. Такой преобразователь расхода может изготавливаться практически из любого материала, и может быть применен для измерения любых сред, вплоть до агрессивных и взвесенесущих потоков. Конструктивная простота разработанного первичного преобразователя расхода обуславливает его низкие стоимостные показатели как применительно к его производству так и к его текущей эксплуатации.

На основании экспериментальных исследований выбрана форма тела обтекания в виде неправильной пластины. Для этой формы тела обтекания получена линейная зависимость угла отклонения расхода.

Получены расчетные математические соотношения, отражающие процесс гидродинамического взаимодействия ограниченного потока с расположенными в трубопроводе объемными телами обтекания со смещенным центром тяжести. Первоначальные теоретические предположения, положенные в основу разработанных математических выражений, в дальнейшем были подтверждены экспериментальным путем.

На основании имеющегося математического описания поворотной лопасти разработана методика конструирования первичных преобразователей расхода, использующих в качестве лопасти объемные тела обтекания со смещенным центром тяжести.

Определены критерии подобия, характеризующие физическое моделирование работы первичного преобразователя расхода типа - поворотная лопасть.

При проведении экспериментальных работ применены автоматизированный съем и обработка показаний при помощи подключенной к аэродинамическому стенду ЭВМ типа IBM PC.

Проведены экспериментальные работы по выбору формы, геометрических и силовых параметров поворотной лопасти.

В работе все теоретические и экспериментальные исследования выполнены для равнообратных углов атаки потока при разных значениях скоростей (соответствующих определенному углу атаки)

движения потока.

Исследовано распределение давления вокруг поверхности объемных тел имеющих форму неправильной пластины и диска при степенях стеснения потока 0,75 и 0,89 соответственно. При этом впервые получены экспериментальные данные о распределении тыльного давления при обтекании объемного тела, расположенного в трубопроводе при малых значениях скорости движения потока. Изучение распределения тыльного давления производилось для различных значений углов атаки потока.

Показано, что в силовом взаимодействии ограниченного потока жидкости с объемным телом обтекания со смещенным центром тяжести главную роль играет давление в тыльной части тела.

Экспериментально изучена отрывная зона, образующаяся при обтекании ограниченным потоком объемного тела в виде неправильной пластины. В результате получены линии максимальных скоростей, характеризующие границу образующейся за телом зоны отрыва. Показано, что характер распределения зоны отрыва для ограниченного потока принципиально отличается от зоны отрыва за телом, которое обтекается неограниченным потоком.

Экспериментально установлено, что созданный вариант первичного преобразователя типа - поворотная лопасть обладает наименьшим участком стабилизации по сравнению с известными преобразователями расхода.

Разработана методика проектирования преобразователя расхода типа - поворотная лопасть и рекомендации по его изготовлению, монтажу и эксплуатации.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Пабиев О. Н., Дунчевский Г. М., Малахов А. В. Исследование взаимодействия ограниченного потока жидкости с объемными телами обтекания методом электрогидродинамического моделирования. // Гидравлика и гидротехника. - Вып. 58.

2. Пабиев О. Н., Малахов А. В. Исследование взаимодействия тел обтекания со смещенным центром тяжести с ограниченным потоком жидкости, проходящим по трубе круглого сечения. - Вып. 58.

3. Иванов К. Ф., Мельник С. В., Бутенко А. Г., Малахов А. В. Измерение расхода нестандартными методами. // Юб. сборник трудов ОГТУ. 1994г.

Малахов О. В. Взаємодія тіл обтікання як первісних перетворювачів витрат в обмеженому потоком.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук з спеціальності 05.23.16 - гідравліка і інженерна гідрологія, Київський держ. техн. університет будівництва і архітект. м. Київ, 1995.

Захищаються 3 наукові роботи, які містять теоретичні та експериментальні дослідження взаємодії обмеженого потоку в об'ємними тілами обтікання із зміщеним центром ваги. Встановлено, що тіло у вигляді неправильної пластини в визначених конструктивними параметрами найбільш повно відповідає умовам витратометрії, оскільки має лінійну метрологічну характеристику. Встановлено, що при взаємодії обмеженого потоку рідини в поворотних тілами обтікання на вигляд залежності кута повороту тіла від витрат, головний кількісний вплив робить розподіл тиску на лобовій поверхні тіла, а головний якісний вплив робить розподіл тиску на зворотній поверхні тіла.

Malahov A. V. Reaction of the out-flowing bodies as a primary reducers of the flow-rates with the restricted flow.

Thesis for the scientific degree of the doctor of philosophical and technical sciences at the speciality 05.23.16 -Hydraulics and Engineering Hydrology, Kiev eng.-build. inst. Kiev, 1995.

3 scientific works are defending, they content theoretical and experimental research works of the reaction of the restricted flow and out-flowing bodies with the replaced center of the body-weight. It was proved that the body made in the form of irregular plate, characterizing by special construction parameters in the full requirement suits the rules of flow-metering, because it has linear character. It was discovered, that in the reaction of the restricted flow and turning out-flowing bodies on the dependence between angle of body turn and the flow-rate the main qualitative influence makes spreading of the pressure at the frontal body area and the main quantitative influence makes spreading of the pressure at the back body area.

Ключевые слова: тело обтекания, ограниченный поток, конструктивный параметр, угол отклонения, расход.

448006.

АВ 32.118

АВ 32.118

Подписано к печати 29.02.95 Формат 60x84/16

Печать офсетная. Бумага газетная печ.л.

уч.-изд.л. Тираж экз. Заказ Б 45

— Одесский государственный политехнический университет
270044, Одесса, пр. Шевченко, 1