

УДК 627.74.001.24

**И.В. Клишин**

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
КИНЕМАТИЧЕСКОГО И ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ  
С РЕЧНЫМ ПОТОКОМ**

*Представлены результаты теоретических и лабораторных исследований воздействия на нефтегазопроводы и канализационные дюкеры скоростного потока волн. Дана оценка распределения скорости течения по глубине потока в зависимости от местоположения трубы.*

*Ключевые слова: подводные трубопроводы, течение волн, лабораторные исследования.*

**I.V. Klishin**

**LABORATORY RESEARCHES OF  
KINEMATIC AND GIDRODYNAMI-  
CHESKY INTERACTION OF  
UNDERWATER PIPELINES WITH THE  
RIVER STREAM**

*Results of theoretical and laboratory tests of influence of high-speed waves flow on oil-and-gas pipelines and on sewer siphon are presented. The estimation of distribution of flow velocity on depth depending on a pipe location is given.*

*Key words: underwater pipeline, waves flow, laboratory research.*

**П**одводные нефтегазопроводы и канализационные дюкеры на переходах через судоходные реки с одной стороны испытывают воздействие на них течения, волн и льда, с другой стороны сами меняют скоростную структуру потока, что сказывается на интенсивности и направленности русловых деформаций во время строительства и эксплуатации подводных сооружений. Практика показывает, что недостаточно обоснованные результаты кинематических и гидродинамических расчетов приводят к ошибочным рекомендациям и нередко служат причиной возникно-

вения аварий с серьёзными экономическими и техническими последствиями, а главное к выбросу газа, разливу нефтепродуктов и канализационных стоков. Кроме того, в настоящее время производится замена стальных и бетонных труб на полиэтиленовые с большим сроком безопасной эксплуатации.

Для разработки новых рекомендаций по методике укладки подводных нефтегазопроводов и дополнений выполнены теоретические и экспериментальные исследования в лабораторных условиях. Рассматривались следующие аспекты решения проблемы погружения труб в рабочее положение в траншею: проверка достаточности габаритов подводной траншеи и установление предела её зависимости в период от окончания разработки дна по постоянной трассе расположения труб до начала их затопления; оценка динамического воздействия на трубопровод нестационарного водного потока; определение воздействия трубы на скоростную структуру потока в период погружения и при монтажных работах по обеспечению защиты от подмыва и

размыва; оценка воздействий на скоростную структуру потока и, в частности, величину донной скорости, обусловленных гидравлическим сопротивлением трубы, включая устанавливаемые на ней пригружающие и защитные устройства, отсыпку и засыпку труб и т.д.

Оценка распределения скорости по вертикали, т.е. характер эпюры векторов скорости течения по глубине потока от свободной поверхности до дна производилась экспериментально с помощью гидрометрической вертушки. По эпюре определялись средняя и максимальная скорости течения, которые затем используются в оценке воздействия течения на трубу в процессе погружения, чтобы определить необходимую мощность тяги при протаскивании плети через реку и укладке секций трубопровода с плавсредств или льда. Средняя скорость используется и в расчёте уноса грунта при засыпке и отсыпке траншеи с уложенной на рабочее место трубой.

В современной русловой гидравлике разработаны рекомендации, которые позволяют получить приближённые эпюры скорости аналитическим путём. Однако известные теоретические подходы остаются сложными, особенно при неравномерном и неустановившемся движении жидкости, что делает при постоянном изменении обстановки целесообразным для решения практических задач продолжать применять экспериментальный подход.

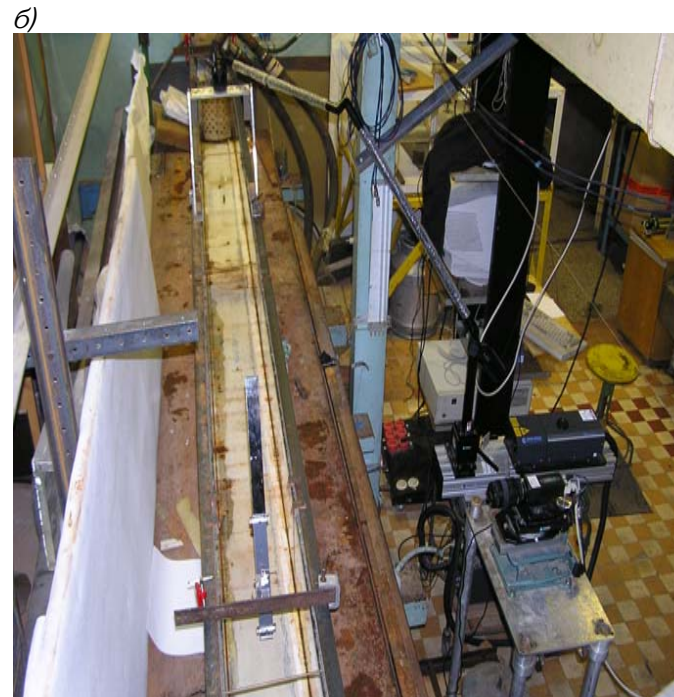
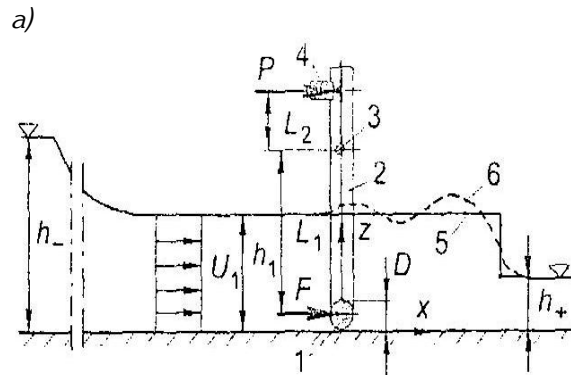
Скорость течения в придонном слое естественного потока измерить весьма сложно, поскольку на неё влияют такие факторы, как неравномерность шероховатости дна, вероятность наличия естественных и техногенных крупных гидравлических сопротивлений, например, скальных

выступов, линз и гряд крупнозернистых грунтов и трудно размываемых глин, наконец, самих труб нефтепроводов и канализационных дюкеров со всеми защитными и пригружающими устройствами.

Лабораторные опыты проводились в научно-исследовательской лаборатории экспериментальной и прикладной гидродинамики Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН. Первая серия экспериментов была посвящена изучению динамического воздействия на трубопроводы волн перемещения, образующихся, например, при аварийных разливах вследствие разрушения гидроузлов или ледовых заторов.

Лабораторная установка для опытов представляла прямоугольный гидравлический лоток (рис. 1, а, б) с ровным горизонтальным дном, имевший длину 8,2 м, ширину  $B = 0,2$  м и высоту 0,23 м. Начальная разность глубин верхнего  $h_1$  и нижнего  $h_2$  бьефов создавалась с помощью плоского щита. В верхний бьеф распространялась волна понижения уровня, в нижний бьеф – волна прорыва.

Цилиндр 1 диаметром  $D = 2$  см из эбонита подвешивался с помощью тонких пластин 2 на неподвижных подшипниках 3 в форме острых игл. Между цилиндром и дном канала, а также между пластинами и боковыми стенками лотка оставались зазоры порядка 0,5 мм, так что цилиндр вместе с пластинами мог поворачиваться на подшипниках только относительно вертикальной плоскости, проходящей через ось симметрии цилиндра. Пластины из оргстекла имели толщину 3 мм и ширину 2 см. Опытным путём найдено, что момент трения в подшипниках не превышал 1 % от момента суммарной силы, действующей на цилиндр и пластины.



**Рис. 1. а - схема эксперимента: 1 – цилиндр, 2 – державка, 3 – ось вращения, 4 – датчик усилий, 5, 6 – схематизированные профили теоретической и экспериментальной волн соответственно; б - рабочий канал экспериментальной установки (вид сверху), лазерная установка и видеокамера использованы в серии опытов по изучению скоростной структуры потока**

Скорости обтекания и силы измерялись двумя жесткими датчиками 4 фирмы Honeywell, расположенными симметрично относительно вертикальной плоскости симметрии канала. Смещение чувствительных элементов было в пределах нескольких микрон, из них каждый измерял примерно половину силы  $P$ . Пересчёт измеренных скорости обтекания и сил в искомую силу  $F$  выполнялся из условия баланса моментов сил относительно оси 3:

$$F = (P_1 - P_2) \frac{L_2}{L_1} \quad (1)$$

где плечи  $L_x$  и  $L_2$  показаны на рис. 1, а.

Поскольку сила  $F$  зависела от времени  $t$ , требовалось оценить возможные частотные искажения в измерительной системе. По методике опытов собственная частота измерительной системы составляла 7,8 рад/с, а логарифмический декремент затухания равнялся 11,8 рад/с. Вместе с тем 95 % интеграла от спектра изучаемой силы по частоте приходилось на диапазон возможных частот от 0 до 2,5 рад/с. Поэтому частотными искажениями возможно было пренебречь.

Цилиндр располагался на расстоянии  $x_0 = 1,4$  м вниз по потоку от щита. Длина нижнего бьефа от щита до торцевой стенки канала равнялась 2,9 м как показали опыты, при этих условиях течение в окрестности цилиндра успевало выйти на стационарный режим, и этот режим сохранялся достаточно долго до прихода отражённых волн. После прихода отражённых волн сила уменьшалась почти до нуля.

На рис. 2 приведён пример изменения силы  $F$  и скорости обтекания во времени. Начало отсчёта времени произвольное. Показаны максимальное  $F_{max}$  и асимптотическое  $F_{as}$  значе-

ния силы. Для наглядности время и сила представлены в размерном виде. В безразмерной форме сила рассматривается ниже. Для представления сил в безразмерной форме введём два коэффициента:

$$C_x = \frac{2F_{as}}{\rho D L U_1^2}; \quad K = \frac{F_{max}}{F_{as}} \quad (2)$$

где  $L$  – длина цилиндра.

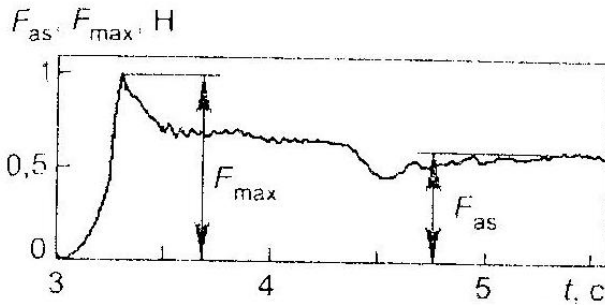
В данных опытах величина  $L$  была меньше ширины канала  $B$  на удвоенную толщину пластин-державок и величину боковых зазоров и равнялась 0,193 м.

Коэффициент  $C_x$  совпадает по форме со стандартным определением коэффициента полного сопротивления цилиндра при его поперечном обтекании стационарным потоком. В этом коэффициенте фигурирует скорость набегающего потока на бесконечности. В принятом определении используется теоретическая скорость  $U_I$ . Скорость  $U_I$  определяется с помощью стандартной компьютерной программы из решения следующей системы алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} \sqrt{\frac{g(h_1 + h_+)}{2h_1 h_+}} (h_1 - h_+) &= 2(\sqrt{gh_+} - \sqrt{gh_1}), \\ c_1 &= +\sqrt{gh_1}, \\ c &= c_1 \sqrt{\frac{(h_1 + h_+)}{2h_+}}, \quad U_1 = D_1 \left(1 - \frac{h_+}{h_1}\right), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $c$  — скорость прерывной волны.

Коэффициент  $K$  характеризует максимальную силу на интервале нестационарного обтекания цилиндра потоком в головной части реального бора. В случае воздействия волн других разновидностей (например, синусоидальных и ветровых) также используются два коэффициента сил. Один из них имеет тот же смысл, что и  $C_x$ , а второй учитывает изменение потока во времени.



**Рис. 2. Зависимость силы от времени  $h_+^0 = 0,41$**

Полученные экспериментальные данные о коэффициентах  $C_x$  и  $K$  приведены на рис. 3,4. На рис. 3 в качестве аргумента используется относительная глубина нижнего бьефа  $h_+^0$ , а на рис. 4 – число Фруда  $Fr = U_1^2 / gh_1$ .

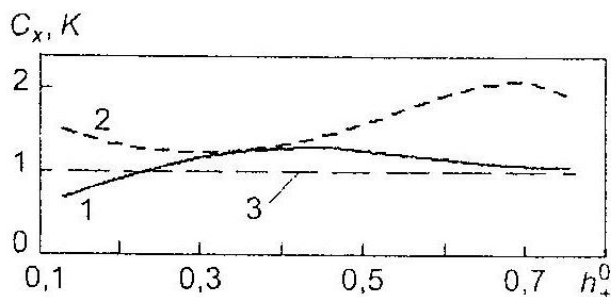
В соответствии с приведёнными выше уравнениями уникальная особенность модельной задачи о воздействии потока на трубопровод состоит в том, что кинематические характеристики набегающего потока, в частности число Фруда, зависит только от одного параметра  $h_+^0$ . Силовое воздействие па цилиндр, расположенный на дне, зависит ещё от одного параметра  $D/h_1$ , а на цилиндр, расположенный на расстоянии  $D/2 < l < h_1 - D/2$ , а также от параметра  $l/h_1$ .

Известно, что в случае поперечного обтекания цилиндра стационарным потоком в аэродинамической трубе в

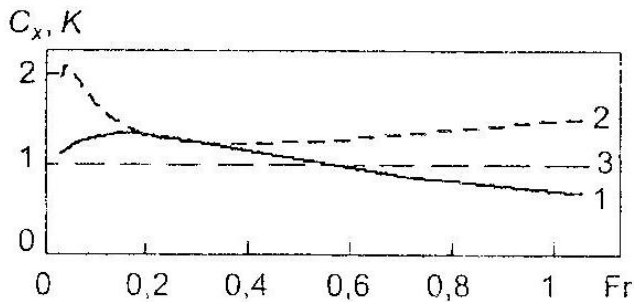
рассмотренном диапазоне чисел Рейнольдса имеет место  $C_x = C_{xa} = 1$  (горизонтальная линия 3). В данных опытах  $C_x$  (кривая 1) отличался от  $C_{xa}$ . Это обусловлено влиянием свободной поверхности. Существенное значение имеет то, что в соответствии с теорией и экспериментом набегающий поток в рассматриваемой задаче сверхкритический  $Fr > 1$ , если  $h_+^0 < 0,138$  и докритический  $Fr > 1$ , если  $h_+^0 < 0,138$ . При большом заглублении цилиндра влияние свободной поверхности на  $F_{as}$  становится слабым и  $C_x \rightarrow C_{xa}$ .

Опыты показали, что относительный размах ондуляций по сравнению со средней высотой бора возрастает с ростом  $h_+^0$ . Это существенно влияет на коэффициент  $K$  (кривая 2), который имеет максимум в области больших значений  $h_+^0$  (и соответственно в области малых значений  $Fr$ ). Однако в размерном виде силы  $F_{as}$  и  $F_{max}$  в этой области невелики. Они быстро возрастают с уменьшением  $h_+^0$  и ростом  $F$ .

Для изучения поля скоростей на участках расположения подводного трубопровода использован так называемый PIV-метод (Particle Image Velocimetry), действие которого основан



**Рис. 3. Зависимость коэффициентов сил от относительной начальной глубины нижнего бьефа: 1 -  $C_x$ , 2 -  $K$ , 3 -  $C_{xa}$**



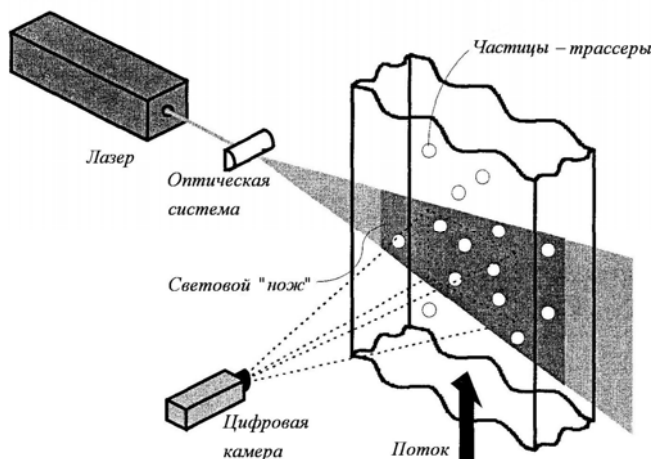
**Рис. 4. Зависимость коэффициентов сил от числа Фруда: 1 -  $C_x$ , 2 -  $K$ , 3 -  $C_{xa}$**

на фиксации движения частиц - трассеров, позволяющий построить «карту течения» [1]. Отмеченная техника измерения скоростной структуры потока – построения поля скоростей является одной из самых прогрессивных, устраняющей необходимость внесения возмущений в поток (рис. 5). Фиксация пути движения специально добавляемых в поток частиц – трассеров, размеры которых выбираются применительно к изучаемому течению. Световой «нож», генерируемый лазером и оптической системой по своим характеристикам не является непрерывным, а пульсирующим, что определяется стробоскопическим эффектом, в результате чего движение трассеров как бы «замораживается» во времени.

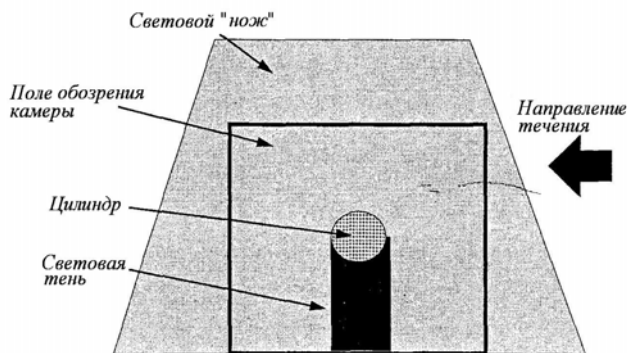
Период пульсации светового «ножа» и является временным интервалом движения частиц.

Определение местонахождения трассера осуществляется с помощью цифровой камеры, работающей в режиме синхронного включения со «вспышкой» светового «ножа». Преимуществом используемой системы по сравнению с другими, например основанной на эффекте Доплера, заключается в том, что в результате измерения и обработки данных, получают осредненные на временном интервале величины векторов скорости, рассматриваемые как основа для последующей статистической обработки и выдачи конечной скоростной структуры потока путем корреляции, полученной на основе первоначально построенного векторного поля.

Следует заметить, что система позволяет выявить и удалить ошибки в определении векторов скорости. Одновременно измеренные параметры корректируются и архивируются и могут быть использованы для построения линий тока, изучения структуры вихреобразований и тому подобного. Коррекция получаемой информации показана на примере цилиндра, обтекаемого потоком, при освещении которого сверху образуют световую тень (рис. 6).



**Рис. 5. Основные принципы PIV метода**



**Рис. 6. Освещение световым лучом потока, обтекающего цилиндра**

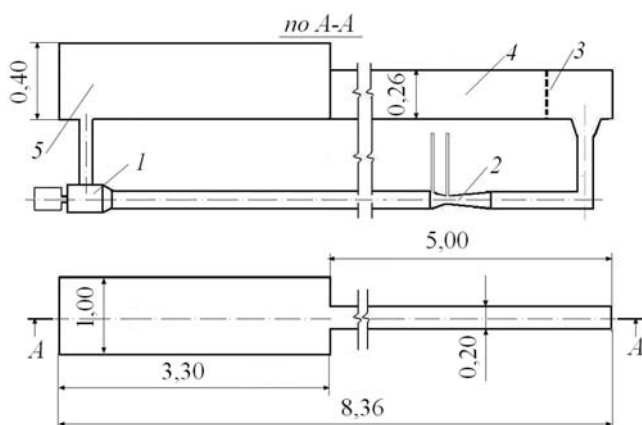
На первой стадии анализа – на уровне ручного исправления полученной информации, устраняются векторы, оказавшиеся в зоне расположения самого цилиндра. После этого устраняются векторы оказавшиеся в зоне световой тени луча, как неприемлемые по условиям проведения эксперимента.

Метод «зеркального разделения» для представления скоростной картины потока, если бы он был направлен слева направо позволяет получить картину течения. В дальнейшем устраняются и случайные (ошибочные) векторы путем их замены значениями в точках, полученными на основе интерполяции величин векторов скорости.

Экспериментальные исследования выполнялись в лотке, представляющем указанный выше прямоугольный

канал с равным горизонтальным дном длиной 7,06 м, шириной 0,2 м и высотой 0,23 м. Установка работает в проточном режиме. Циркуляция воды обеспечивается специально разработанными и изготовленными осевыми насосами с подачей до 4 л/с. Расход воды измерялся с помощью расходомеров Вентури с водяным дифференциальным манометром, установленных на выходных трубах насосов (рис. 7). Использованный измерительный комплекс дополнен лицензионным программным продуктом, позволяющим вести обработку экспериментальных данных в автоматическом режиме с выдачей готовых результатов в виде таблиц, включающих данные о векторном поле для 3337 точек (47 по горизонтали и 71 по вертикали). По полученным данным могут быть построены графики, иллюстрирующие скоростную структуру потока в виде компонент (горизонтальной и вертикальной), а также векторов актуальных скоростей. Методика осуществления

обработки данных подробно изложены в [1, 2]. В качестве трассеров использована частицы алюминиевой пудры.



**Рис. 7. Схема экспериментальной установки: 1 – насос с регулируемой подачей; 2 – расходомер Вентури с дифференциальным водяным манометром; 3 – успокоитель потока; 4 – рабочий канал; 5 – бассейн**

При планировании эксперимента использовались широко известные положения теории механического подобия. Применительно к открытым потокам на основе моделирования по числу Фруда  $Fr = \frac{v^2}{gh} = idem$  для сход-

ственных точек модельного и натурального потоков, при натурной глубине потока, равной 5 м и средней по живому сечению скорости, равной 1 м/с.

В таблице приведены фотографии цилиндра диаметром 28 мм (имитация трубы газопровода диаметром 1,5 м), выступающий на  $0,5d$  над дном и лежащий на дне, и расположенный над дном на расстоянии диаметра  $d$ , а также результаты выполненных исследований. Профили скорости полученные при глубине потока  $H=12$  см, и средней скорости потока  $V=0.141$  м/с, что соответствует натуре при масштабном коэффициенте равном 50, глубине потока 6 м и скорости потока 1 м/с. В правом столбце таблицы: 1 – продольная (горизонтальная) компонента вектора скорости, положительное направление по потоку; 2 – вертикальная (поперечная) компонента скорости, положительное направление вверх; 3 – вектор скорости;  $z^0$  – вертикальная координата, отсчитываемая от дна. первая строка иллюстрирует состояние потока при отсутствии цилиндра.

Установлено, что величина нормированного вектора скорости  $V_0$  в случае отсутствия цилиндра на расстоянии  $0.5D$  от дна составляет 1,01, а на расстоянии  $D$ , соответственно 1,06. Если половина цилиндра возвышается над дном в створе, расположенном выше створа цилиндра на полтора диаметра, величина нормированного вектора скорости  $V_0$  на расстоянии  $0.5D$  от дна составляет

0,94, на расстоянии  $D$ , соответственно 1,05. Таким образом, в первой позиции скорость уменьшилась на величину порядка 7%. На расстоянии от дна, равном  $D$ , скорость практически не изменилась. Нормированный вектор скорости на расстоянии  $D$  от дна увеличилась до 1,2, что говорит об увеличении скорости. В створе, расположенном ниже створа цилиндра на полтора диаметра имеет место точка перелома эпюры распределения скоростей течения, поскольку в придонной области формируется возвратные течения. На расстоянии  $D$  от дна нормированный вектор скорости приблизительно равен 1,25, что говорит о том, что тенденция увеличения скорости на участке лотка до указанных выше створа сохраняется.

При расположении цилиндра на дне, его гидравлическое сопротивление существенно возрастает. В створе выше створа цилиндра на полтора диаметра на расстоянии  $0.5D$  нормированный вектор скорости равен 0,33, что говорит об уменьшении скорости на 66 %. В точке над дном, расположенной на высоте  $D$  нормированный вектор скорости равен 1,05. В створе ниже створа цилиндра на полтора диаметра в придонной области сохраняется возвратное течение, но точка перелома эпюры скоростей располагается выше на расстоянии от дна приблизительно равном  $D$ . На расстоянии от дна  $0.5D$  нормированный вектор скорости приблизительно равен 0,2.

Цилиндр поднят на дном на высоту его диаметра  $D$ . В створе выше створа цилиндра на полтора диаметра зона возвратного течения в придонной области исчезает, нормированный вектор скорости приблизительно равен 1,1. На расстоянии  $D$  от дна он составляет 0,95. В створе цилиндра на расстоянии  $0.5D$  от дна скорость



значительно возрастает и нормированный вектор скорости достигает значения 1,35. В створе ниже створа цилиндра на полтора диаметра, скорости  $u$  резко возрастают. В точке на расстоянии  $0.5D$  над его поверхностью, нормированный вектор скорости достигает значения 1,5, увеличиваясь на 36% по сравнению с «бытовым».

На больших расстояниях от дна, скорость сначала незначительно увеличивается, а затем резко уменьшается, достигая при координате  $D$  величины близкой к 0,2. На несколько больших расстояниях формируется незначительная по вертикальным размерам зона возвратного течения.

Для оценки необходимости и целесообразности засыпки трубы для защиты от ее вымыва, грунтом того или иного конкретного гранулометрического состава или применения более радикальных средств на основе использования мелкообломочного материала или несортированного камня, а также применением специальных защитных и утяжеляющих устройств производится пересчет экспериментальных скоростей на натурный поток и в зоне укладки трубопровода.

Пересчет скоростных характеристик производится по классическим канонам гидравлики. В пересчете учитываются соотношение вертикального и горизонтального масштабов модели и природы  $y_M/y_H$  и  $x_M/x_H$ .

Горизонтальные масштабы ограничиваются площадью лаборатории и размерами исследуемого участка реки. Вертикальный масштаб модели не должен нарушать условия турбулентности потока, т.е. наличия квадратичного сопротивления исследуемого потока.

$$Re_M = \frac{v_M \cdot H_M}{\nu_M} \geq Re_{кр} = 800 \quad (4)$$

Шероховатость русловой модели определяется по Маннингу с учетом конкретной гипсометрии участка реки в зоне подводного перехода.

$$\frac{n_M}{n_H} = \left( \frac{y_M}{y_H} \right)^{\frac{1}{6}} e^{\frac{1}{2}}, \quad (5)$$

где  $n$  – коэффициент шероховатости русла модели и природы,

$$e = \frac{\left( \frac{y_M}{y_H} \right)}{\left( \frac{x_M}{x_H} \right)} - \text{искажение масштабов.}$$

Лабораторные экспериментальные значения скорости течения пересчитываются для оценки локальных натуральных скоростей и расходов воды по динамическому критерию Фруда

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}. \text{ В этом случае рабочие со-}$$


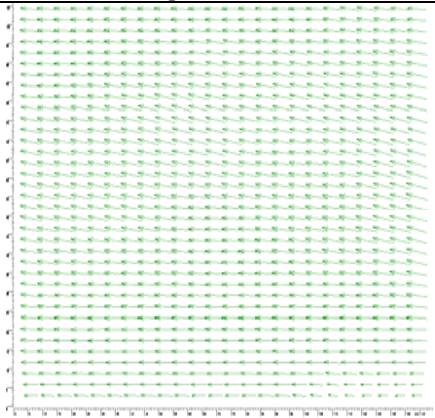
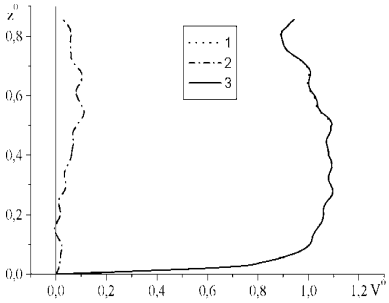

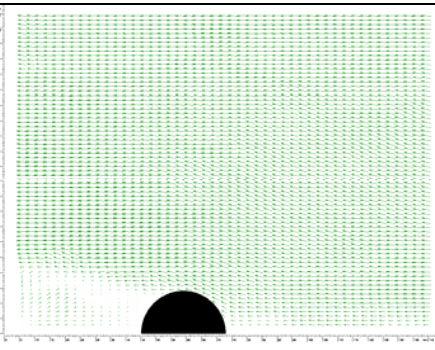
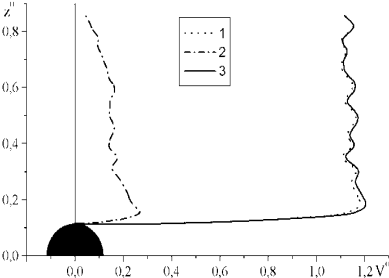
отношению пересчета имеют вид:

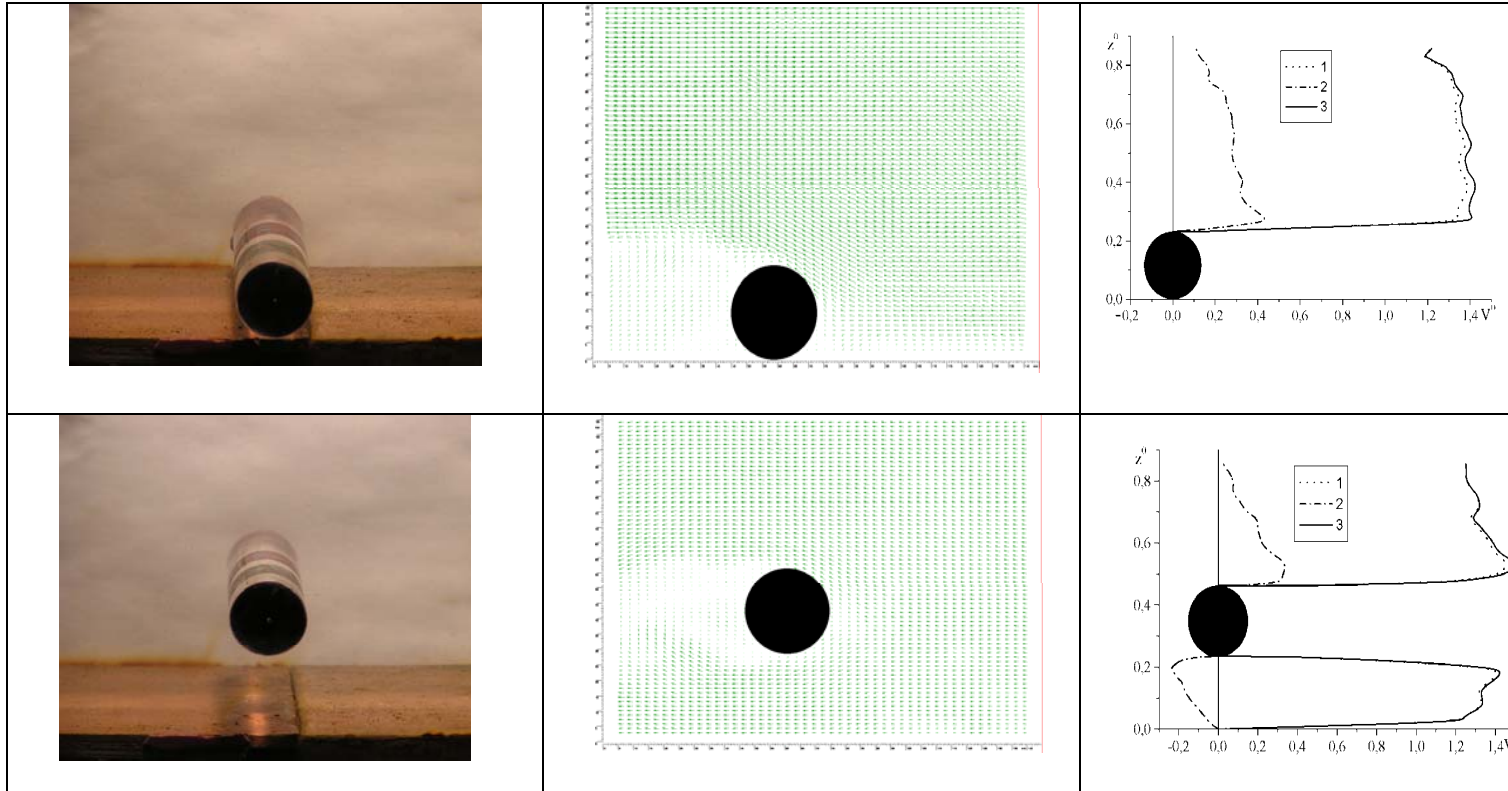
$$v_H = v_M \left( \frac{y_H}{y_M} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ и } Q_H = Q_M \left( \frac{x_H}{x_M} \right) \cdot \left( \frac{y_H}{y_M} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (6)$$

в котором обозначены  $v_M$  и  $v_H$  скорость течения на модели и в природе, соответственно  $Q_M$  и  $Q_H$  – расходы потока.

Приведенные в главе результаты эксперимента позволяют оценить необходимость и достаточность засыпки погруженной трубы грунтом той или иной крупности или мелкообломочными материалами и несортированным камнем по сравнению экспериментальной скорости обтекания с допускаемой по СНиПу или специально разработанными рекомендациями для проектирования подводных переходов трубопроводов.

Характеристики скорости течения, изменений при обтекании трубы, лежащей на дне траншеи свободно или

Положение цилиндра	Сглаженные методом «фильтрации» векторные поля	Профили скоростей по потоку, м/сек
		
		



заглубленной до половины сечения выходят на асимптотические значения. Первое приближение теории мелкой воды непосредственно применимо лишь на небольших расстояниях от трубы, в натуральных условиях - порядка 0,25 километра. На больших расстояниях существенное значение имеют ещё два параметра: уклон дна и безразмерный коэффициент Шези  $C/g^{1/2}$ .

Плеть трубы, длиной равной ширине рек, увеличенной на технологический запас, затопливается по всей протяжённости перехода по двум схемам. Первая – погружением с понтона-площадки или со льда; вторая – протаскиванием поперёк реки лебёдками береговых машин или теплохода-буксировщика. В момент погружения на трубопровод действуют силы течения, оцениваемые средней скоростью по вертикали, меняющейся в зависимости от расхода и уровня воды в момент погружения. Влиянием волновой скорости во время погружения допустимо пренебречь, выбрав безветренный день и остановив временно судоходство на время погружения.

На погружённую трубу, свободно лежащую на дне, степень влияния течения и волн зависит от периода строительства — труба затоплена, но не засыпана и не имеет защитных устройств. Разрыв траншеи и устойчивая засыпка трубы зависит от крупности грунта или засыпки мелкообломочными материалами (щебень, крупный гравий, галька). За расчётную скорость течения, воздействующего на трубу, лежащую на дне, принимают донную скорость на участке эпюры от дна до расстояния от него, равного диаметру трубы. В нижнем бьефе ГЭС, где сказывается

влияние параметров пропуска, при определении силового воздействия учитывают увеличение донной скорости, что доказано результатами теоретических и натурных исследований [3].

Чтобы использовать результаты исследований в решении практических задач их следует основывать в конечных сопоставлениях истинной скорости обтекания труб подводного перехода с дифференцированной в пространстве (по вертикали и в плане) гидродинамической оценкой потока, выполненной на основе рекомендаций [4]. Локальные уклоны свободной поверхности потока по трассам, где будет погружена или уже затоплена труба, получают путем гипсометрических измерений при уровнях, соответствующих намеченным периодам осуществления операции погружения и реализации мероприятий защиты трубопровода от подмыва.

Сведения о гипсометрии водного потока позволяют более обоснованно прогнозировать русловые деформации на участке расположения трубопровода. Существенное усовершенствование инструментария для водных изысканий и является обоснованной базой для расчетов при численном моделировании динамики русловых потоков с целью прогнозирования последствий осуществления рассматриваемых мероприятий.

В особо сложных условиях перестройки русловых процессов в проектах устройство подводных переходов трубопроводов используется численная модель плановых течений, разработанная в ИВЭП СО РАН [5] на основе современных подходов к описанию водотоков в морфологически сложных русловых системах.

1. *Flow Manger* software and introduction to PIV instrumentation. Software User's guide. Publication no.: 9040U3625, Copyright 2002 by Dantec Dynamics A/S, Denmark, 2002 – 308 p.
2. *Willert C.E. and Gharib M.* Digital Particle Image Velocimetry / C.E. Willert, M. Gharib // *Experiments in Fluids*, Vol. 10. – 1991. – P. 181-193.
3. *Дегтярев В.В.* (мл.) Теоретические и экспериментальные исследования кинематики волны попуска / В.В. Дегтярев (мл.) // *Путевые работы на свободных реках: сб. науч. тр. – Новосибирск: НИИВТ, 1976. – Вып.120. – С.54-58.*
4. *Численная гидродинамическая модель* плановых течения, переноса примесей и русловых деформаций в водоемах и водотоках: свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2007611110 / В.А. Шлычков.
5. *Шлычков В.А.* Математическая модель динамики русловых потоков в областях со сложной геометрией / В.А. Шлычков // *Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов: материалы конф. – Иркутск: Ин-т географии СО РАН, 2005. – С.248-250. ■■*

---

**Коротко об авторе**

*Клишин И.В.* – кандидат технических наук, доцент Новосибирской государственной академии водного транспорта, [vklishin@misd.nsc.ru](mailto:vklishin@misd.nsc.ru)



---

**АХ, МОСЬКА, ЗНАТЬ ОНА СИЛЬНА...**

*В России свобода определяется длиной поводка.*

Тоталитарное мышление Ивана Андреевича Крылова легко объяснимо царившими двести лет назад в России нравами. Он и представить себе не мог, чтобы коллежский секретарь посмел сказать статскому советнику что-нибудь неприятное, правду например. Оттого в стране тяжело было дышать, а люди, неспособные к стоянию на коленях, уезжали на Запад. За двести лет мало что изменилось в нравах граждан. Все та же лесть, тот же конформизм. И удивление от нахальства современных Мосек, посмевающих «свое суждение иметь».

Почему бы отношения Слона и Моськи и нашу оценку этих событий не использовать в качестве индикатора демократии? Россияне, будьте смелее, лайте на слонов, почувствуйте себя гражданами, свободными от страхов и комплексов, выступайте на собраниях, судитесь с обидчиками. Но оставайтесь вменяемыми и обходитесь без грубостей и скандалов.

И еще одна зарисовка. В финале кинофильма 1950-х годов «За витриной универмага» юный лейтенант милиции проезжает на красный сигнал светофора. Сержант-автоинспектор свистит и подходит к «Москвичу» героя. Но увидев лейтенанта (начальника, старшего по званию), извиняется за то, что побеспокоил. В то время подобная дикость никого не удивляла, и это легко объяснимо тоталитарным воспитанием. Но и в наши демократические времена не слышно возмущения. Так что далеко нам до Моськи. Будем выдавливать из себя раба.

*Из книги Л.Х. Гитиса «Верхом на тигре». М.: Горная книга, 2009. С.185*