

A-1
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКИЙ ордена ЛЕНИНА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

В. М. БЫКОВ

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСШИРЕНИЯ ПОТОКА
В ПЛАНЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СООРУЖЕНИЯМ ГЭС

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

в огра
о решения

двиге-
тским
ико,
ов

1. Введение

Различные инженерные мероприятия по управлению и использованию речных потоков во многих случаях связаны с более или менее сильным стеснением русла реки, что приводит к нарушению ее бытового режима. Сжатый сооружениями поток, вступая во взаимодействие с водными массами нижнего бьефа, постепенно расширяется, занимая на некоторой длине, называемой длиной участка расширения, всю ширину нижнего бьефа.

С плановым расширением потоков мы встречаемся при расчете нижних бьефов гидросооружений, при расчете участка потока, стесненного перемычками первой очереди строительства ГЭС, или, наконец, при расчете различных выправительных сооружений на реках.

Таким образом, изучение законов расширения струи в ограниченном пространстве необходимо для правильного решения весьма значительного числа гидротехнических задач.

Видная роль в деле установления закономерностей движения руслового потока в плане принадлежит таким советским исследователям как Н. М. Бернадский, Н. Т. Мелешенко, И. И. Леви, Г. И. Сухомел, А. С. Офицеров, И. М. Коновалов и др., трудами которых заложены основы теории движения потока в нижнем бьефе. Однако целый ряд весьма важных вопросов еще ждет своего решения.

Настоящая работа выполнена на кафедре гидравлики Московского энергетического института в 1953—1955 гг. Основой работы является анализ гидравлических явлений, возникающих при плановом расширении потока, с тем, чтобы в результате анализа получить зависимости, необходимые инженерам проектировщикам в качестве исходного материала для оценки:

1. Размеров участка гашения энергии за стеснением потока в плане.
2. Величины зоны возможных деформаций русла.
3. Местных условий судоходства.
4. Оптимального стеснения русла и т. д.

128348

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА

2. Предлагаемые расчетные зависимости

Поток на участке расширения можно разделить (см. рис. 1) на две области: в одной — прецессия скорости на направление движения (u) имеет положительное значение, в другой — отрицательное. Первая область названа нами струей, состоящей из транзитной струи (несущей постоянный расход) и прямой ветви водоворота; вторая область — обратная ветвь водоворота. Границей, разделяющей названные области в плане, будет линия-след плоскости, на которой продольные скорости (u) равны 0. Как показывают экспериментальные исследования [Л.1], границей струи практически можно считать прямую линию, соединяющую начало и конец водоворота.

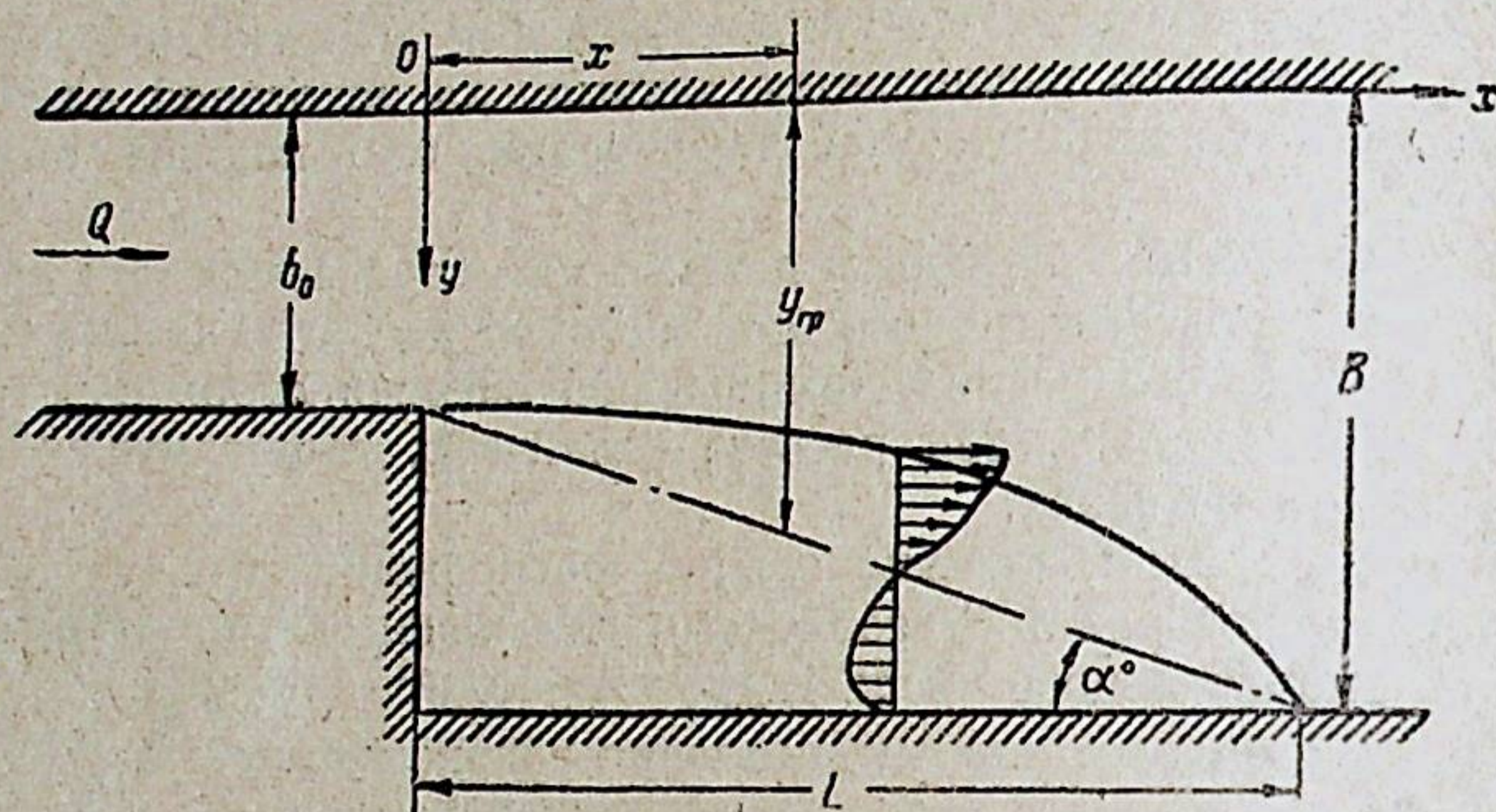


Рис. 1.

а) Применяя к отсеку жидкости, выделенному в пределах участка расширения потока, теорему об изменении количества движения и решая, для заданных граничных условий, полученное из этой теоремы дифференциальное уравнение, найдем зависимость, позволяющую определить среднюю скорость в любом сечении в пределах участка расширения потока. Указанная зависимость может быть записана в следующем виде:

$$v = v_{НБ} \left(\frac{B}{y_{зр}} \right)^k e^{m(L-x)}, \quad (1)$$

$$k = 0,5 + \frac{\lambda_c + x^2 A}{2 \alpha_0 \operatorname{tg} \alpha}, \quad (2)$$

$$m = \frac{\lambda_{\partial}}{2 \alpha_0 h}, \quad (3)$$

где: α_0 — коэффициент количества движения;

x — текущая координата;

$v_{НБ} = \frac{Q}{Bh}$ — средняя скорость потока в конце участка расширения;

B — ширина нижнего бьефа;

$y_{зр}$ — переменная ширина струи;

$\lambda_c, \lambda_{\partial}$ — коэффициенты сопротивления соответственно стенок и дна русла;

$L = \frac{B - b_0}{\operatorname{tg} \alpha}$ — длина участка расширения; (4)

α, A — параметры.

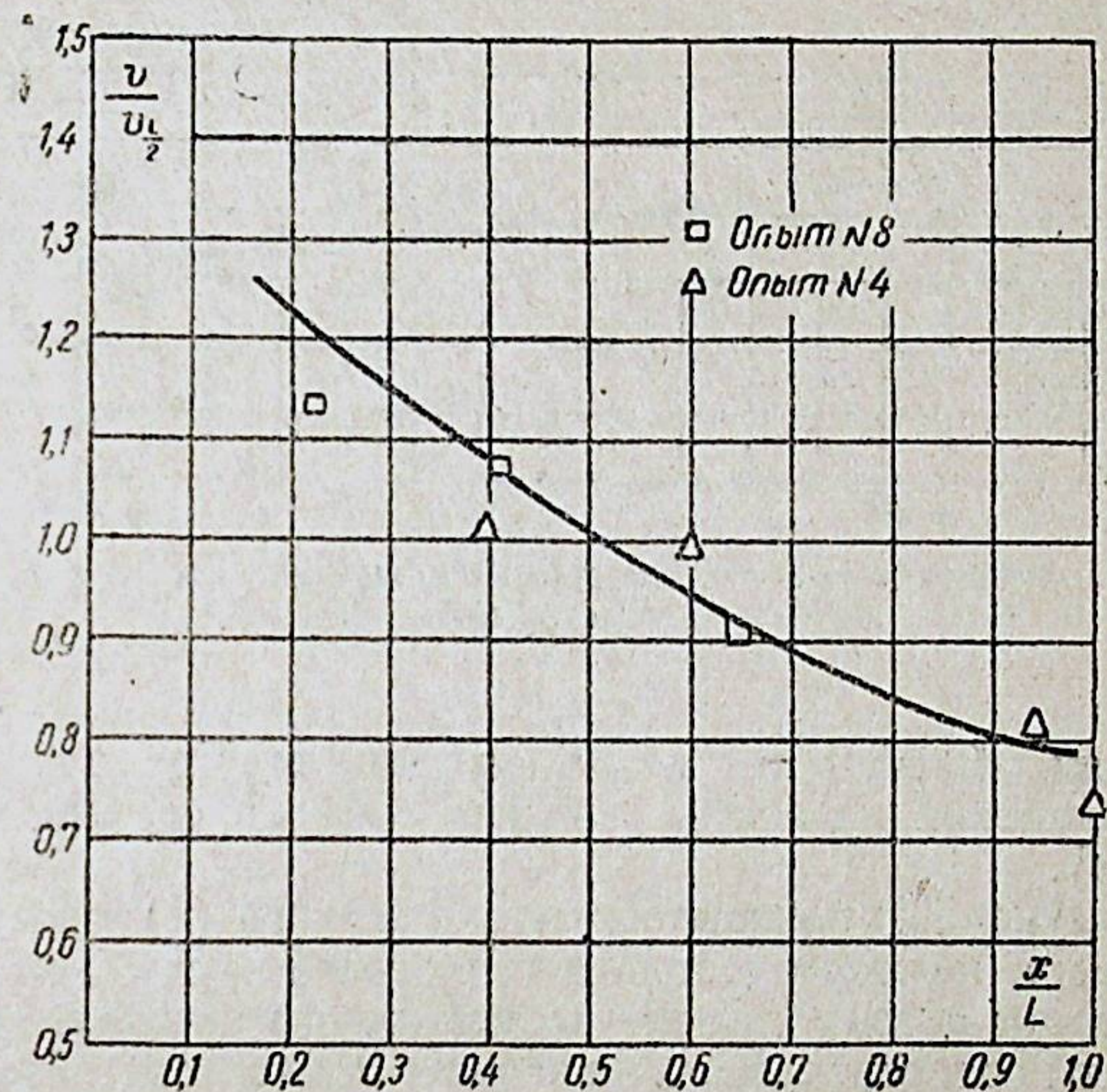


Рис. 2. Безразмерная кривая изменения средней скорости потока с опытными точками.

Сопоставление величин средних скоростей, рассчитанных по формуле (1), с их опытными значениями показано на рис. 2. На рис. 3 представлены опытные точки И. И. Леви [Л.2]. Для сопоставления здесь нанесена кривая, построенная для условия опыта И. И. Леви по формуле (1).

б) Формула для определения длины участка расширения потока может быть найдена подстановкой в зависимость (1) вместо величин v , y_{zp} их значения при $x=0$. При этом, как это следует из рис. 1, $v=v_0$, а $y_{zp}=b_0$. Решение полученного показательного относительно $\operatorname{tg} \alpha$ уравнения несложно и дает следующую зависимость:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(\lambda_c + x^2 A) \frac{1}{2\alpha_0} \ln \frac{B}{b_0} + \frac{\lambda_0}{2\alpha_0 h} (B - b_0)}{\ln \frac{v_0}{v_{НБ}} - \frac{1}{2} \ln \frac{B}{b_0}} \quad (5)$$

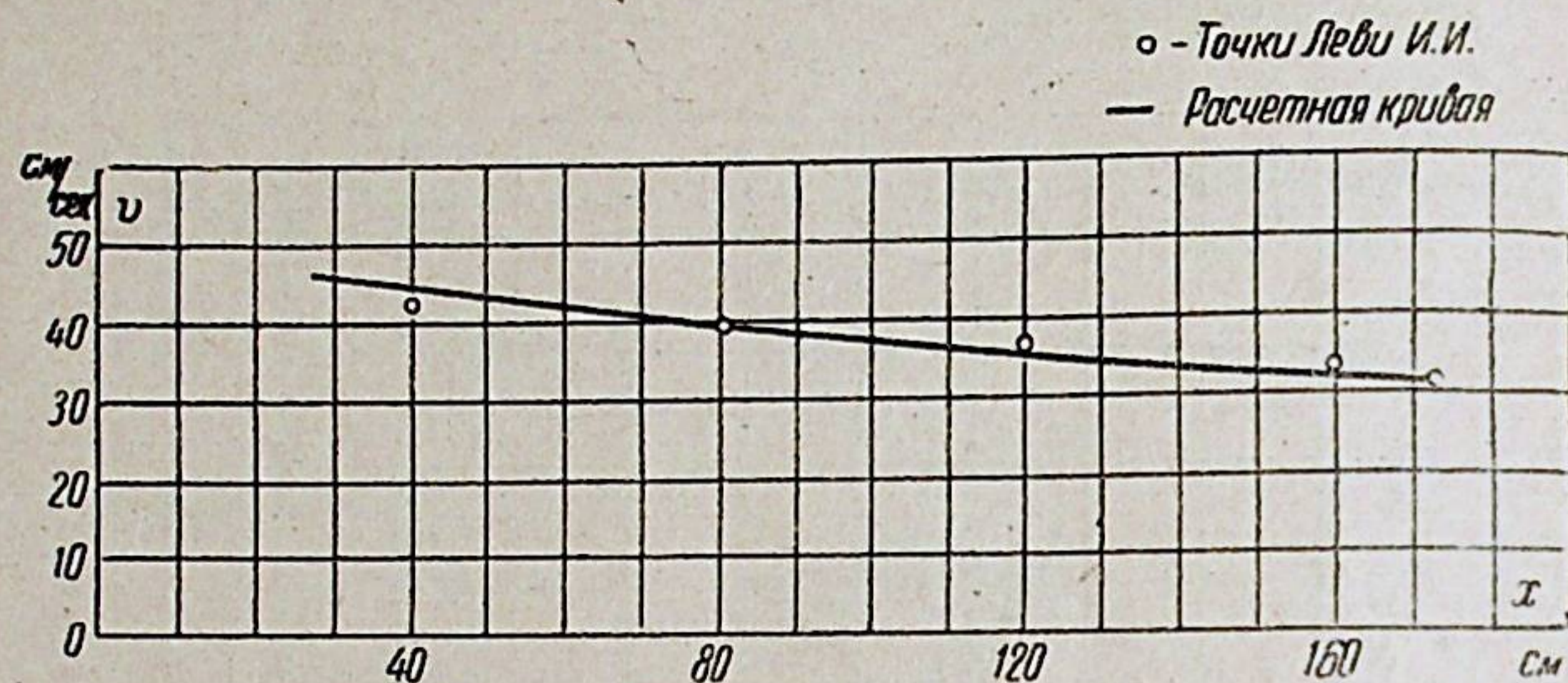


Рис. 3. Изменение средней скорости в пределах участка расширения струи.

Таким образом, при известном значении $\operatorname{tg} \alpha$ длина участка расширения потока (L) может быть определена по формуле (4).

Формула (5) показывает, что величина (L) определяется в основном шероховатостью и геометрией русла и не зависит от скорости потока (в зоне квадратичного течения, где коэффициенты сопротивления λ не зависят от скорости). Результаты экспериментальной проверки формулы (5) представлены на рис. 4, где по одной из осей отложено значение $\operatorname{tg} \alpha_{оп}$, найденное непосредственно из опыта, по другой оси отложены величины $\operatorname{tg} \alpha_{расч}$, полученные в результате расчетов по формуле (5) для условий опытов, при значениях параметров $x=0,255$; $A=1,74$.

Кроме опытных точек автора для проверки формулы (5) использованы данные опытов других авторов, в разное время опубликованные в соответствующей литературе (см. рис. 4).

в) Экспериментальное изучение поля осредненных местных скоростей, расширяющихся в плане потоков, проведенное автором, показало, что максимальные местные скорости в створе могут значительно превосходить среднюю скорость. Разница между максимальными местными и средними по сечению скоростями достигает 30—40%. Поэтому в процессе проектирования и эксплуатации гидроузла знания одной лишь средней

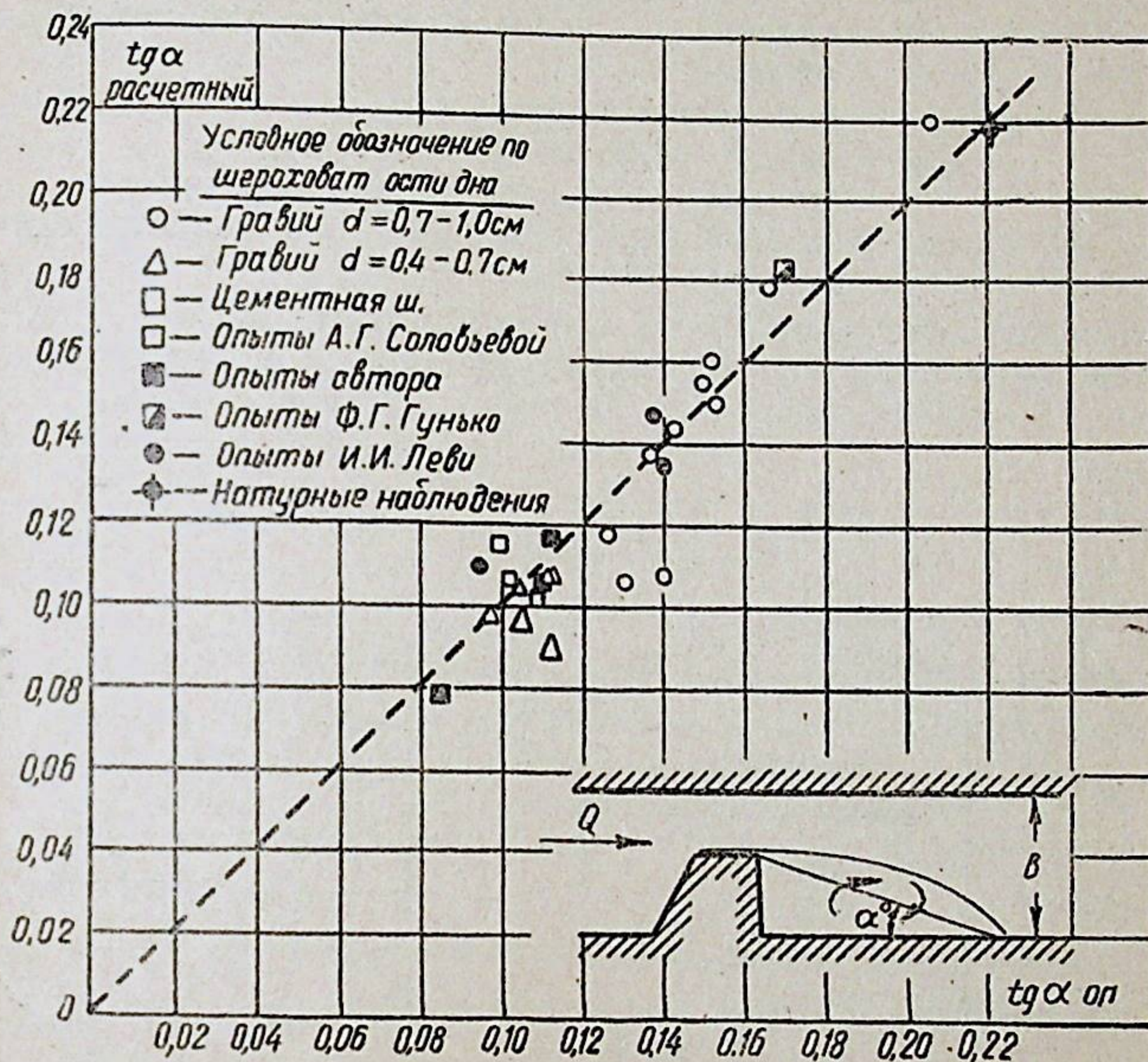


Рис. 4. Опытная проверка формулы (5).

по сечению скорости недостаточно, — возникает настоятельная необходимость в вычислении поля местных скоростей на участке расширения потока.

На основе анализа экспериментальных данных, полученных автором, а также описанных в литературе, для потоков, расширяющихся в прямоугольных руслах, стесненных на 25—60%

лана попытка использовать это обстоятельство для расчета границ зоны возможных размывов русла на участке расширения потока. Предлагаемая для этой цели расчетная методика может быть кратко изложена следующим образом:

1. По известным размывающим скоростям (u_p) для грунта, слагающего русло реки, определяется наиболее удаленный створ (x_{\max}), где еще возможен размыв.

2. Для створов, лежащих между x_{\max} и x_n , координаты границ зоны размыва определяются по формуле (6).

3. Ориентировочной границей зоны размыва в пределах начального участка является прямая, соединяющая точку с $u=u_p$ в выходном сечении и ординату зоны размыва в створе $x=x_n$.

Сопоставление расчетных границ зоны размыва с границами размыва, определенными экспериментально, показало, что предлагаемая методика может быть использована для расчетов на ранних стадиях проектирования гидроузла.

3. Общая характеристика экспериментальной части работы

Экспериментальная часть работы проводилась в гидравлической лаборатории Московского энергетического института. Экспериментальный лоток при этом имел плановые размеры $22 \times 2,1$ м.

Не останавливаясь на подробном описании проведенных экспериментов, приведем, в качестве общей их характеристики, пределы изменения основных параметров, влияние которых на природу явления растекания изучалось в работе.

Таблица 1.

Параметр	Наименьшее значение	Наибольшее значение	Примечания
$\theta, \%$	25	60	Стеснение потока
B/h	4,52	125	С учетом опытов других авторов
Re	20000	41000	
λ_d	0,0023	0,00854	$\lambda_d = \frac{g}{C^2}$
$\lambda_d \frac{B}{h}$	0,01775	0,179	

Кроме собственных экспериментов, автором использованы также и опытные данные других авторов, в различное время опубликованные в соответствующей технической литературе.

4. Заключение

Таким образом, в реферируемой работе:

1. Получена зависимость для определения длины участка расширения потока.

2. Предложена формула для расчета средних скоростей в пределах участка расширения.

3. На основе экспериментального изучения поля осредненных местных скоростей на участке расширения предложена формула для их расчета.

4. Получена зависимость, позволяющая определять длину начального участка расширяющейся струи.

5. Определена величина коэффициента количества движения.

6. Предложены зависимости, позволяющие вычислить расход в прямой ветви водоворота.

7. Предложена методика расчета границ зоны возможных размывов русла на участке расширения потока.

8. Практическое использование основных расчетных зависимостей, предлагаемых в работе, разобрано на примерах расчета. Величины параметров, полученных в результате расчета, сопоставлены с опытными данными.

9. Все рекомендуемые расчетные зависимости сопоставлены с экспериментальными данными.

Предлагаемые в работе зависимости могут быть использованы на стадии энергоэкономического сравнения вариантов для оценки экономической эффективности проектируемой схемы пропуска строительных расходов.

Литература

- И. В. Лебедев, Гидравлический расчет сжатия и растекания потока, стесненного перемычками ГЭС. ОЭС, Куйбышев, 1957 г.
- И. И. Леви, Движение речных потоков в нижних бьефах гидротехнических сооружений, ГЭИ, 1955 г.
- В. М. Быков, Некоторые приложения уравнения распределения скоростей в пределах участка расширения струи. Труды МЭИ, выпуск XXIX, ГЭИ, 1957 г.

128348

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А.Н. Киргизской ССР