

О. М. АЙВАЗЯН

ЗАМЕЧАНИЯ О ФОРМУЛАХ ПО РАСЧЕТУ КОЭФФИЦИЕНТА ШЕЗН

Анализ отечественной и зарубежной литературы показывает, что совершенствование расчета гидравлического сопротивления открытых русел сводилось в основном к выбору той или иной эмпирической формулы для коэффициента C или к дополнению таблиц коэффициентов шероховатости применительно к формулам Гангилье-Куттера или Маннинга. Например, в [1] и [2] утверждается, что наиболее удачной из существующих является эмпирическая формула Н. Н. Павловского

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (1)$$

где n — коэффициент шероховатости по шкале Гангилье-Куттера;

R — гидравлический радиус;

y — переменный показатель степени, определяемый по эмпирической формуле

$$y = 2.5 \left[\frac{1}{n} - 0.13 - 0.75 \sqrt{\frac{R}{n}} \left(\sqrt{\frac{1}{n}} - 0.10 \right) \right], \quad (2)$$

Еще в 1869 г. была предложена так называемая полная эмпирическая формула Гангилье-Куттера

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{J} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{J} \right) \frac{n}{R}}, \quad (3)$$

где J — гидравлический уклон.

Маннинг в 1890 г. предложил формулу [3]

$$C = C_0 R^{\frac{1}{n}}. \quad (4)$$

Нам была сделана попытка установить связь между характеристикой русла C_0 и коэффициентом шероховатости n по шкале Гангилье-Куттера. В рамках опытных данных, которыми располагал Маннинг, оказалось, что

$$C_0 = \frac{1}{n}. \quad (5)$$

В 1923 г. Форхгеймер [4] пришел к выводу, что формула Маннинга для открытых русел должна иметь вид

$$C = \frac{1}{n} R^{0.2}. \quad (6)$$

Формулы (4) и (6) имеют вполне ясный математический смысл, сводящийся к тому, что функция $C = f(n, R)$ для всех русел представляет собою параболу с одинаковыми коэффициентами шероховатости. Вскоре, однако, Н. Н. Павловский установил [5], что показательная зависимость типа (4), (6) не удовлетворяет опытным данным, и что даже для одного и того же русла показатель при R является величиной переменной, зависящей от коэффициента шероховатости и гидравлического радиуса. В связи с этим Н. Н. Павловский предложил формулу (1).

Петрудно усмотреть, что (1) для одного и того же русла представляет собою кривую, пересекающую семейство парабол, отличающихся показателями при R .

При опытной проверке формулы (1), предпринятой А. Н. Шварцем, под руководством Н. Н. Павловского [6] коэффициенты шероховатости n определялись с помощью формулы Гангилье-Куттера. Неудивительно, что в результате этой проверки формула Гангилье-Куттера показала лучшее соответствие натурным данным, чем формула (1). Из сказанного следует, что (1) в известной мере дублирует (3) между (2) и (3) расхождение, но априори это никак не может быть расценено в пользу (1), как это делается в [7]. Говоря о недостатках (1), мы полностью разделяем критику структуры формулы (3), высказанную впервые Базеном и поддержанную Бахметьевым [8], однако при этом, имея в виду именно структуру выражения (3), а не тот факт, что (3) требует учета влияния уклона, в то время как ни одна из современных общих формул по расчету руслового сопротивления такого требования не содержит. На наш взгляд, как и в гидравлике искусственных открытых русел [9], так и в речной гидравлике [10], [11] есть достаточно фактов, говорящих о том, что гидравлический уклон действительно, влияет на русловое сопротивление. Что касается сокращенной формулы Гангилье-Куттера

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23n}{VR}}, \quad (7)$$

то ее структура, на наш взгляд, является наиболее обоснованной из числа эмпирических формул, не учитывающих влияния уклона. Дело в том, что известная формула Базена

$$C = \frac{87}{1 + \frac{1}{VR}}, \quad (8)$$

Из полуэмпирических формул наибольшее признание получила формула И. И. Агроскина [14], [15]

$$C = \frac{1}{n} + 17.72 \lg R, \quad (9)$$

которой на западе соответствует формула Козени, предложенная позже [16]. Формула (9), являющаяся результатом полуэмпирической теории турбулентности, позволяет определить характеристику ложа, пользуясь известной шкалой коэффициентов шероховатости. Отметим, что в (9) коэффициент n используется только лишь для вычисления C_{R-1} . При этом нужно учесть, что значение гидравлического радиуса $R = 1$ м относится к области значений R , для которых современная шкала коэффициентов n является существенно более достоверной, чем для значений R , значительно отличающихся от одного метра. Отсюда нетрудно прийти к выводу, что каковы бы не были значения гидравлического радиуса, использование шкалы значений n в формуле (9) не сопряжено с экстраполяцией этих значений на область малознученных гидравлических радиусов, как это имеет место для формул (1), (3), (6), (7) при гидравлических радиусах значительно больших или значительно меньших одного метра. Это является важной особенностью (9). Нужно также иметь в виду, что (9), вероятно, можно использовать в более широком диапазоне, чем эмпирические формулы. Это положение следует проверить на опытном материале. Проверка формулы (9) до сих пор проводилась не с целью обнаружения ее преимуществ перед эмпирическими формулами, а в основном с целью показать, что в соответствующем диапазоне значений n и R выражение (9) дает результаты, близкие к (1), рассматриваемой как эталон [7], [17], [18].

Из приведенного краткого критического обзора вытекают следующие основные выводы.

1. Отнесение формулы И. И. Павловского (1) к группе показательных формул является формальным. Закономерность, выражаемая ею, отлична от показательной.

2. Из эмпирических формул для коэффициента C , используемых в настоящее время в СССР и за рубежом, при расчетах открытых русел, по-видимому, наиболее рациональной по своей структуре является формула (7) Гангилье-Куттера.

3. Полуэмпирическая формула (9) И. И. Агроскина представляет принципиально новую ступень в развитии методов определения C . Однако, если известно, что по точности она не уступает эмпирическим формулам (1) и (7), то еще мало что сделано по выявлению возможных ее преимуществ, которые вытекают из ее структуры.

2. Ե. ԱՅԿԱՋՅԱՆ

ԿԻՏՈՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ՇԵՋԻՐ ԳՈՐԾԱԿՑԻ ՀԱՇՎՄԱՆ ՈՐՈՇ
ԲԱՆԱԶԵՎԵՐԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Ա Մ Փ ա փ ո ս լ

Տրված է Շեկիի դործակցի հաշվման ներկայումս առավել տարածված բանաձևերի բնադատական վերլուծությունը: Ցույց է տրվում, որ Ն. Ն. Պավլովսկու բանաձևին (1) ներկայումս հաճախեցող առավել զերբ հիմնավորված չէ:

Բերվում են մի շարք նկատառումներ Գանդիլշե-Կուտերի կրճատ բանաձևի (8) և Բ. Բ. Ագրոսկինի բանաձևի (14) ոչարին: Շտրադրված են նաև որոշ նկատառումներ հսաների փորագլխիկական զիմադրության վերաբերյալ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Круковский М. Я. О применении формулы Н. Н. Павловского для расчета каналов. Известия ВНИИП, т. 44, Л., 1951.
2. Поляков В. Ф. О трех формулах коэффициента С. Журн. «Гидротехническое строительство», № 1, 1952.
3. Manning G. On the flow in open channels and pipes, Transactions of the Institut. of Civ. Eng. of Ireland. 12, Dublin. 1890.
4. Forchheimer Ph. Der Durchfluss des Wassers durch Röhren und Geröben. Berlin. 1923.
5. Павловский Н. Н. О новых показательных формулах при равномерном движении воды. См. приложение 2-й книге Б. А. Бахметева «О равномерном движении жидкости в каналах и трубах». КУБУЧ. Л., 1929.
6. Шаарц А. И. Опытная проверка формул для коэффициента Шези на осушительной системе запяссского болотного района. Изв. научно-мелиоративного института. Вып. XIX, Л., 1929.
7. Дидковский М. М., Родников Н. А. Сопротивление движению воды в больших земляных каналах. Изв. АН СССР, Киев, 1936.
8. Бахметев Б. А. О равномерном движении жидкости в каналах и трубах. КУБУЧ. Л., 1929.
9. Анванян О. М. Современная теория гидравлического сопротивления русел и опытные данные. Изв. АН СССР (Механика и машиностроение), № 4, 1964.
10. Трубинов А. А. О коэффициенте Шези для равнинных рек. Журн. «Гидротехническое строительство», № 2, 1950.
11. Скородумов Д. Е. Гидравлические основы экстраполяции расходов до внешних уровней. Тр. Г.Г.И., вып. 77, Л., 1960.
12. Фордгеймер. Гидравлика. М., Л., 1935.
13. Bazin H., Darcy H. Recherches hydrauliques. Paris, 1865.
14. Агроскин Н. Н. Расчетная формула для коэффициента Шези С. Журн. «Гидротехническое строительство», № 2, 1949.
15. Агроскин Н. Н., Николов Ф. И., Дмитриев Г. Т. Гидравлика. Изд. «Энергия», М., Л., 1964.
16. Kozény J. Hydraulik ihre Grundlagen und praktische Anwendung. Wien, 1953.
17. Агроскин Н. Н. К расчету скоростного множителя С. Журн. «Гидротехническое строительство», № 10, 1953.
18. Агроскин Н. Н., Штеренлихт Д. В. Уточненная формула для коэффициента Шези. Гидротехника и мелиорация, № 9, 1963.