

Я. И. КАГНОВ, Б. И. ВОЛОСЕЦКИЙ,
Р. А. ГРИГОРЧУК, Р. Р. ИЛЬКИВ

ПРОГНОЗ ТИПОВ ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА РЕКАХ ГОРНО-ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ

Проектирование и строительство гидротехнических и регуляционных сооружений, трубопроводов, мостовых переходов, а также разработка русловых карьеров всегда связаны с определением русловых характеристик водотоков при пропуске расчетных расходов воды. С этой целью производятся геодезические, гидрологические, инженерно-геологические и другие изыскания, из которых получают информацию о существующей топографической и гидрологической обстановке в пределах водотока и будущей стройплощадки, основываясь на уже происходивших процессах и явлениях.

На горных реках процессы преформирования русел вызывают значительные осложнения работы гидроэлектростанций, лесосплава, нарушают функционирование дорожной сети, приводят к затапливанию сельскохозяйственных угодий и т. п. Гидротехническое строительство, изменения рус洛вый режим, в свою очередь приводит к нежелательным последствиям, не всегда поддающимся учету при проектировании.

Поэтому возникает задача определения руслового режима после строительства с учетом изменения параметров водотока. Для ее решения необходимо иметь топографические характеристики водотока и значения максимальных расходов воды.

Горные реки отличаются резко изменяющимися гидрологическим режимом, который определяет гидравлические характеристики и транспортирующую способность потока. Неоднородная геологическая обстановка речной долины, обусловливающая степень сопротивляемости твердых гранул русла, свидетельствует лишь об относительной устойчивости отдельных участков реки.

Принимая в качестве условия устойчивости русла равенство максимальных крупностей передвигаемых насосов D и русловых отложений d_{max} , предлагаем параметр устойчивости русла δ_y [2]:

$$\delta_y = \frac{(0.04g\gamma')^{1/4} \left(\frac{1+b_1}{b_1} \right)^{\frac{m-2}{4m}}}{(m+1)^{1/2} \left(\frac{H}{d_{ep}} \right)^{\frac{m-2}{4m}} J^{1/4}} - 1, \quad (1)$$

где $\gamma' = (\gamma_n - \gamma)/\gamma$; γ_n — плотность насосов; γ — плотность воды; g — ускорение свободного падения; H — средняя глубина; d_{ep} — средняя крупность русловых отложений; m — показатель степени в формуле распределения скорости по вертикали; J — гидравлический уклон; b — показатель степени в уравнении гранулометрической кривой [3].

Классификация русел горных рек по устойчивости				
Параметры устойчивости		Направленность русловых преформирований на расчетном участке реки		
Состояние устойчивости русла и общая характеристика эрозионно-аккумулятивных процессов	φ	$\Delta \delta_y$	$\Delta \delta_u$	
Неустойчивые участки реки с прогрессирующими процессами	>1	>0	>0	1. Аккумуляция наносов
Транзитное продвижение наносов	1	0	0	2. Эрозия
Относительно устойчивые участки русла с затухающими процессами	$0...1$	$-a...0$	$-a...0$	3. Отсутствие деформаций
Затухание русловых переформирований к концу участка (отсутствие деформаций в нижнем створе)	0	$-a$	a	4. Аккумуляция в верхнем створе
Участки русла повышенной интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов:	$-1...0$	$-a...0$	$a...2a$	5. Эрозия в верхнем створе
с преобладанием деформаций развивающихся в верхнем створе	-1	0	$-2a...-a$	6. Аккумуляция в верхнем створе
с равновеликими деформациями разного знака в противоположных створах	-1	0	$2a$	7. Эрозия в верхнем створе
с преобладанием деформаций развивающихся в нижнем створе	-1	0	$-2a$	8. Преобладание эрозии
с преобладанием деформаций в нижнем створе	-1	0	$-2a$	9. Преобладание аккумуляции
10. Переход от эрозии к аккумуляции				
11. Переход от аккумуляции к эрозии				
12. Преобладание аккумуляции				
13. Преобладание эрозии				

с равновеликими деформациями разного знака в противоположных створах	$\Delta \delta_y < -1$	$\Delta \delta_u > 0$	$\Delta \delta_y > 2a$	12. Преобладание аккумуляции
			$\Delta \delta_u < -2a$	13. Преобладание эрозии

При $\delta_y = 0$ русло относительно устойчиво, аккумуляция наносов характеризуется соотношением $\delta_y > 0$, эрозия — $\delta_y < 0$.

От интенсивности руслового процесса зависят русловые переформирования на участке реки между расчетными створами: никим по течению (δ_u'') и верхним по течению (δ_y').

Результат руслового преформирования на данном участке характеризуется приращением параметра устойчивости

$$\Delta \hat{\delta}_y = \delta_y'' - \delta_y', \quad (2)$$

а степень относительного преформирования — коэффициентом интенсивности

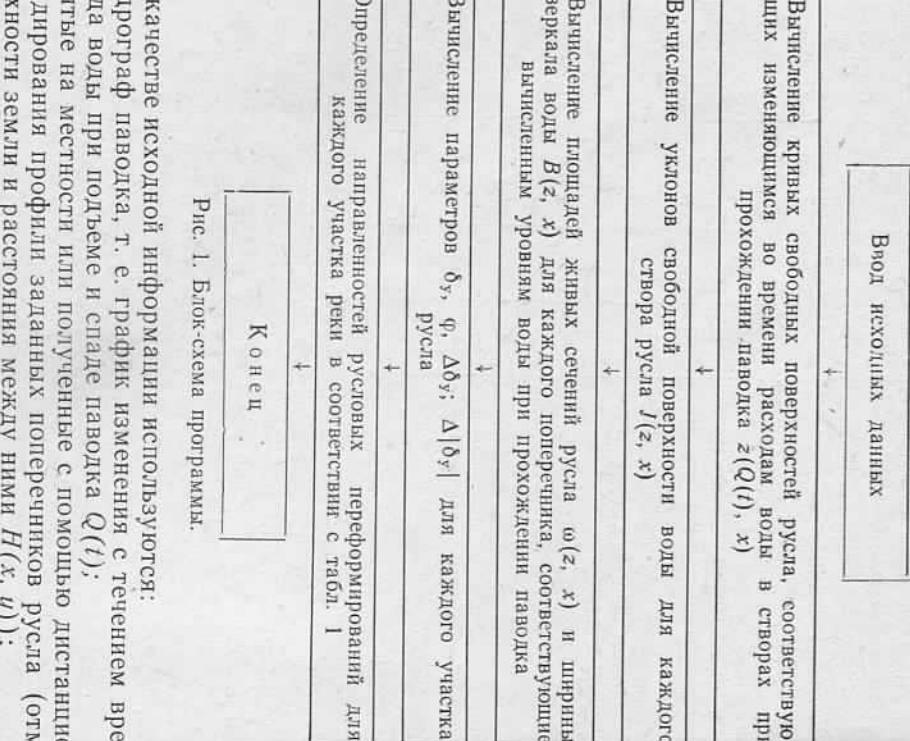
$$\psi = \delta_y''/\delta_y'. \quad (3)$$

Изменение параметра устойчивости по абсолютной величине δ_y представляется

$$\Delta |\delta_y| = |\delta_y''| - |\delta_y'|.$$

Решение вопроса о типе руслообразовательного процесса, характере русловых переформирований и их количественных показателях включает совместное рассмотрение параметров направленности и интенсивности руслового процесса. С этой целью предложена следующая классификация русел горных рек по устойчивости (табл. 1).

Для определения направленности русловых переформирований отдельных участков горной реки, в соответствии с табл. 1, необходимо вычислить параметры $\delta_y, \varphi, \Delta|\delta_y|$. Для этого разработан алгоритм и на языке Фортран написана программа, с помощью которой можно оценить устойчивость отдельных участков русла реки при прохождении паводка. Блок-схема программы представлена на рис. 1.



данные гранулометрии русловых отложений; данные об уровнях воды в каждом попечнике при заданных фиксированных значениях расходов воды $z_i(Q_i, x)$.

С помощью программы в каждом из попечников определяются уровни, соответствующие расходам воды согласно принятому гидрографу паводка. Вычисляются эти уровни путем интерполяции с помощью полиномов Лагранжа данных, полученных для фиксированных расходов воды. Другими словами, проводится расчет ломаной линии, представляющей профиль попечного сечения русла реки (отметки поверхности земли), что позволяет вычислить ширину водного потока $B(z(t), x)$ и площадь живого сечения русла $\phi(z(t), x)$.

Для каждого из попечников рассчитываются продольные гидравлические уклоны водного потока $J(z(t), x)$, средние глубины H , коэффициенты Шези c и скорость течения V .

На основании полученных характеристик для каждого попечника находят параметры устойчивости русла $\delta_y(t), \varphi(t), \Delta\delta_y(t)$, $\Delta|\delta_y|(t)$.

Согласно этим параметрам, в соответствии с табл. 1, программа для каждого участка между попечниками определяет тип эрозионно-аккумулятивного процесса и характер русловых переформирований.

В качестве иллюстрации приведены результаты расчетов, выполненных с помощью данной программы для участка реки Быстрицы, протекающей в горной и предгорной зонах Карпат. Исследованный участок реки расположен в районе п. Г. Т. Подбуж Львовской обл. На данном участке разбито 12 промерных створов,

Таблица 2
Параметры направленности и интенсивности руслового процесса

Номер створа	$t, \text{ м}$	δ_y	φ	$\Delta \delta_y $	$\Delta\delta_y$	Тип эрозионно-аккумулятивного процесса						
						2a	3	3a	4	5	5a	6
2a	0	0,012	-0,287	-0,030	0,055	8						
3	94,61	-0,043	1,440	0,013	-0,013		2					
3a	151,79	-0,030	-0,077	-0,048	-0,107		9					
4			-0,077	-0,042	-0,120			12				
5	188,61	-0,077	-1,823	0,038	-0,013				2			
5a	283,91	-0,042	1,458	0,013	-0,022				5			
5b	341,17	-0,029	0,116	-0,222	-0,222					2		
6	489,67	-0,251	4,538	0,196	-0,196					5		
7	551,67	-0,055	-0,788	-0,015	0,015					9		
8	668,97	-0,070	-0,323	-0,147	-0,280					8		
8a	748,97	0,218	-0,749	-0,073	0,508						2	
9	822,47	-0,291	1,460	0,092	-0,092							
9a	892,30	-0,199										

Рис. 1. Блок-схема программы.

В качестве исходной информации используются: гидрограф паводка, т. е. график изменения с течением времени расхода воды при подъеме и спаде паводка $Q(t)$; снятые на местности или полученные с помощью дистанционного зондирования профили заданных попечников русла (отметки поверхности земли и расстояния между ними $H(x, y)$);

по которым проведены геодезические измерения в поперечных сечениях русла реки. Плановое положение промерных точек определяли с ошибкой $\pm 0,10$ м, высотное — $\pm 0,01$ м. Полевые измерения проведены в 1984 г. до и после паводка 5 июля 1984 г.

В табл. 2 для каждого из створов приведены значения параметров δ_u , Φ , $\Delta\delta_u$ и $\Delta|\delta_u|$, определяющих тип эрозионно-аккумулятивного процесса в момент, когда расход воды в створе достигает своего максимального значения $Q = 137 \text{ м}^3/\text{s}$.

На рис. 2 представлен гидрограф паводка 5 июля 1984 г., полученный по данным натурных измерений уровней воды в гидросто-



Рис. 2. Гидрограф паводка 1984 г.

ре (п. г. т. Подбуж) и совмещения их с расходами воды на водомерном посту в с. Озимина.

В табл. 3 приведены соответствующие этому гидрографу типы эрозионно-аккумулятивных процессов, вычисленные для участков

Таблица 3
Типы эрозионно-аккумулятивных процессов на участках р. Быстрицы

Время прохождения паводка, ч

Номер участков	Время прохождения паводка, ч																		
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	23	24	26	28	30	32	34	36	38
2а-3	1	1	1	1	2	8	2	13	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3-3а	4	4	4	4	13	2	2	13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5-56	1	1	1	1	4	2	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

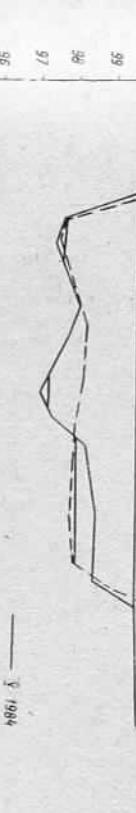


Рис. 3. Поперечный профиль русла р. Быстрица в створе 2б.

в стержневой части русла в створе 2б зафиксирован размы на глубину более 1 м.

1. Волосецкий Б. И., Каганов Я. И. Использование морфометрических зависимостей, определяемых из геодезических измерений, для прогноза русловых деформаций // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1986. Вып. 43. С. 10—15.
2. Каганов Я. И. Классификация русел горных рек по устойчивости // Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. «Исследование русловых процессов для практики народного хозяйства». Москва, 22—24 дек. 1983 г. М., 1983. С. 170—171. 3. Каганов Я. И. Ручейный процесс при обваловании горных рек // Эффективное использование пойменных земель западных районов УССР. Львов, 1983. С. 9—16.

Статья поступила в редакцию 17.01.86

UDK 528.6:535.36
Приемка поступила в редакцию 17.01.86

А. С. КОЛОС

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ

При распространении оптического излучения в приземном слое атмосферы оно претерпевает амплитудные и фазовые искажения. Одной из причин, приводящей к искажениям и влияющей на точность геодезических измерений, является рефракция. Учитывать ее влияние можно по колебаниям визирных целей [1, 4].

Известно несколько способов измерения колебаний активных и пассивных визирных целей в турбулентной атмосфере [1, 2, 3]. Особое внимание уделяется инструментальным способам [5, 6]. Для выяснения точности и объективности различных способов и сравнения их между собой, а также калибровки в динамическом режиме измерительных устройств определения колебаний изобра-

женной шкалы паводка 1984 г., см. рис. 2) преобладают эрозионные процессы на трех приведенных участках реки, что подтверждается данными натурных измерений [1] до и после паводка.

На рис. 2 представлена гидрограф паводка 5 июля 1984 г., полученный по данным натурных измерений уровней воды в гидросто-