

РАЗМЕЩЕНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ НА ГОРНЫХ РЕКАХ В СТАДИИ ИЗЫСКАНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Выбор расчетного створа продольного ограждающего сооружения на горной реке в процессе изысканий и проектирования обусловлен учетом многих региональных условий и антропогенных факторов. Топографическое и геологическое строение речной долины, гидрологический режим реки, уровень инженерного вмешательства определяют устойчивость русла в поперечном сечении и возможные типы эрозионно-аккумулятивного процесса на расчетном участке реки.

Понятие «устойчивость» определяется изменяемостью твердых границ водотока в результате взаимодействия потока и русла. Устойчивость русла можно свести к условию неизменяемости расхода наносов вдоль потока. Это условие можно соблюсти в цилиндрическом русле и только, видимо, при относительно стабильном гидрологическом режиме, когда гидравлические параметры потока неизменны во времени. Названные ограничения не распространяются на горные реки, отличающиеся крайне неравномерным гидрологическим режимом, обуславливающим гидравлические характеристики и транспортирующую способность потока.

Из-за различной степени сопротивляемости твердых границ водотока трудно оценить устойчивость горной реки в целом. В конкретных случаях речь может идти об относительной устойчивости отдельных участков.

Принимая в качестве условия устойчивости русла равенство максимальной крупности передвигаемых наносов и максимальной крупности русловых отложений, предложен [4, 5] параметр устойчивости русла

$$\delta_k = \frac{0,79 (\gamma')^{1/4} \left(\frac{1 + b_1}{b_1} \right)^{\frac{m-2}{4m}}}{(m+1)^{1/2} \left(\frac{H}{d_{cp}} \right)^{\frac{m-2}{4m}} I^{1/4}}, \quad (1)$$

где $\gamma' = \frac{\gamma_n - \gamma}{\gamma}$; γ_n — плотность наносов; γ — плотность воды;

g — ускорение свободного падения; H — средняя глубина; d_{cp} — средняя крупность русловых отложений; m — показатель степени в степенной формуле распределения скорости по вертикали; I — гидравлический уклон; b_1 — показатель степени в уравнении гранулометрической кривой $p = a_1 \left(\frac{d}{d_{cp}} \right)^{b_1}$.

При $\delta_k = 1$ русло относительно устойчиво, аккумуляция наносов характеризуется соотношением $\delta_k > 1$, а эрозия — $\delta_k < 1$.

Для удобства анализа направленности руслового процесса представим параметр устойчивости русла

$$\delta_y = \delta_k - 1. \quad (2)$$

Интенсивность руслового процесса характеризует степень изменения русловых переформирований на участке реки между двумя расчетными створами. Изменение русловых переформирований рассматривается в направлении движения водного потока от верхнего створа к нижнему.

Принципиальные типы интенсивности руслового процесса: увеличение и уменьшение соответствующего вида деформаций; тенденция к изменению соответствующего вида деформаций в верхнем створе на противоположный в пределах расчетного участка с преобладанием вида деформаций в верхнем или нижнем створах.

Интенсивность руслового процесса определяет характер русловых переформирований на участке реки между расчетными створами нижним (δ_y'') и верхним ($\delta_y \delta_y'$) по течению.

Результат руслового переформирования на данном участке характеризуется приращением параметра устойчивости

$$\Delta\delta_y = \delta_y^* - \delta_y'. \quad (3)$$

Степень относительного переформирования определяется коэффициентом интенсивности

$$\varphi_1 = \delta_y^* / \delta_y'. \quad (4)$$

Параметр $\Delta\delta_y$ можно выразить следующей формулой:

$$\Delta\delta_y = \delta_y' (\varphi_1 - 1), \quad (5)$$

где δ_y' — параметр устойчивости русла в верхнем по течению створе, ограничивающем данный участок реки.

Решение вопроса о типе эрозионно-аккумуляторного процесса (ЭАП), характере русловых переформирований и их количественных показателях включает совместное рассмотрение параметров направленности и интенсивности руслового процесса и может быть выполнено при помощи разработанной квалификации русел горных рек по устойчивости [5].

Определение типов ЭАП позволяет при необходимости предусмотреть соответствующие регулировочные мероприятия (рис. 1) при расчетном расходе воды (максимальном паводковом или руслоформирующем).

Оценка устойчивости обвалованного русла выполняется на участке реки, ограниченном нижним по течению (расчетным) и верхним створами.

Расчету должно предшествовать размещение дамбы обвалования в нескольких положениях с соответствующим построением кривых свободной поверхности при характерных расходах

воды в пределах гидрографа паводка заданной обеспеченности. Исходными данными в нижнем створе являются графики $\omega''(t, l)$, $B''(t, l)$, $I''(t, l)$, $d''_{\text{ср}}$, d''_{max} и в верхнем створе $\omega'(t, l)$, $B'(t, l)$, $I'(t, l)$, $d'_{\text{ср}}$, d'_{max} (рис. 2).

В установленной последовательности для нижнего и верхнего створов рассчитываются: максимальная крупность смеси D , участвующей в движении; моменты времени t_n и t_k , ограничивающие периоды возможных руслоформирований; руслоформирующие расходы Q_p ; средние скорости v_p , средние глубины H_p , коэффициенты Шези c_p , параметры m_p , величины D_p при расходе Q_p ; коэффициенты устойчивости русел δ_k . При $\delta_k \sim 1$ определяется расстояние l_y или положение дамбы, соответствующие устойчивому руслу; производная $\partial H / \partial x$ при руслоформи-

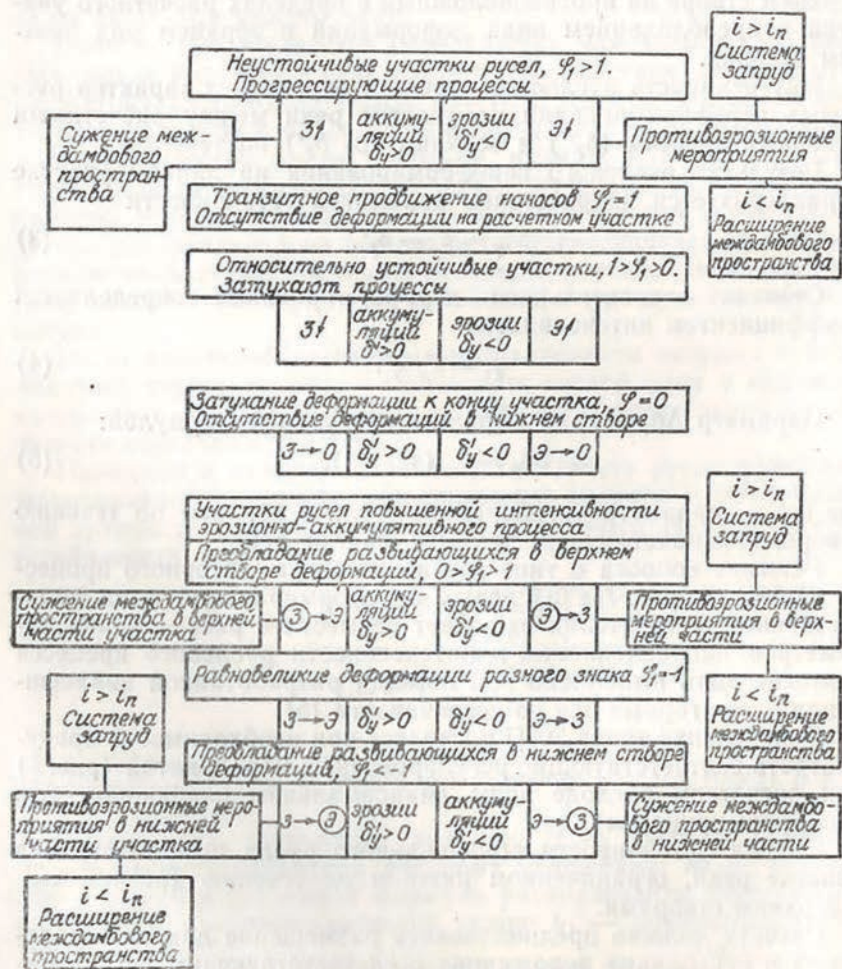


Рис. 1. Типы ЭАП горных рек.

рующем расходе Q_p и соответствующем положении дамбы обвалования l_y ; величины δ_k , δ_y в нижнем и верхнем створах при выбранном положении дамбы дают возможность проанализировать устойчивость русла, направленность и интенсивность руслообразования на расчетном участке реки, а также принять при необходимости один из видов регулировочных или укрепительных работ.



Рис. 2. Последовательность определения типов ЭАП на горных реках.

Расчет типов ЭАП можно выполнить при помощи ЭВМ согласно классификации русел горных рек по устойчивости. Блок-схема алгоритма определения типов ЭАП на ЭВМ «Наири-К» представлена на рис. 3.

Предложенный метод расчета обвалованных русел должен сопровождаться экономическим анализом эффективности строительства с учетом ликвидации ущерба от паводка, стоимости строительства и эксплуатации всего регулировочного комплекса, условий землеустройства примыкающей прирусловой территории.

В технико-экономическом обосновании вначале определяют экономические показатели различных вариантов строительства, а затем экономическую эффективность по всей совокупности капитальных вложений (на строительство противопаводковых систем, снос и перенос зданий и сооружений, автомобильных и железных дорог, ЛЭП, переустройство линий связей, а также затраты, связанные с отводом земель под строительство и попадающих в междамбовое пространство и т. д.). Оценку производят по различным вариантам технического решения, причем во всех вариантах необходимо, как правило, рассматривать экономическую эффективность противопаводковых гидротехнических сооружений во взаимосвязи с закономерностями эрозионно-аккумулятивного процесса зарегулированных участков рек. При этом решается вопрос о размещении противопаводковых систем с оптимально устойчивым русловым режимом и максимально возможными технико-экономическими показателями.

Для определения масштаба противопаводковых мероприятий последние должны иметь минимальный срок окупаемости.

Фактический срок окупаемости капитальных вложений на строительство противопаводковых гидротехнических сооружений находим по формуле $T = K / (ЧД + Y_c - C)$, где K — капиталовложения на строительство противопаводковых сооружений; $ЧД$ — размер чистого дохода с защищенной территории; Y_c — среднееголетний ущерб, наносимый народному хозяйству до строительства противопаводковых сооружений; C — эксплуатационные и амортизационные отчисления. Сложность расчета заключается в том, что необходимо иметь данные о размере абсолютного ущерба за большой период времени.

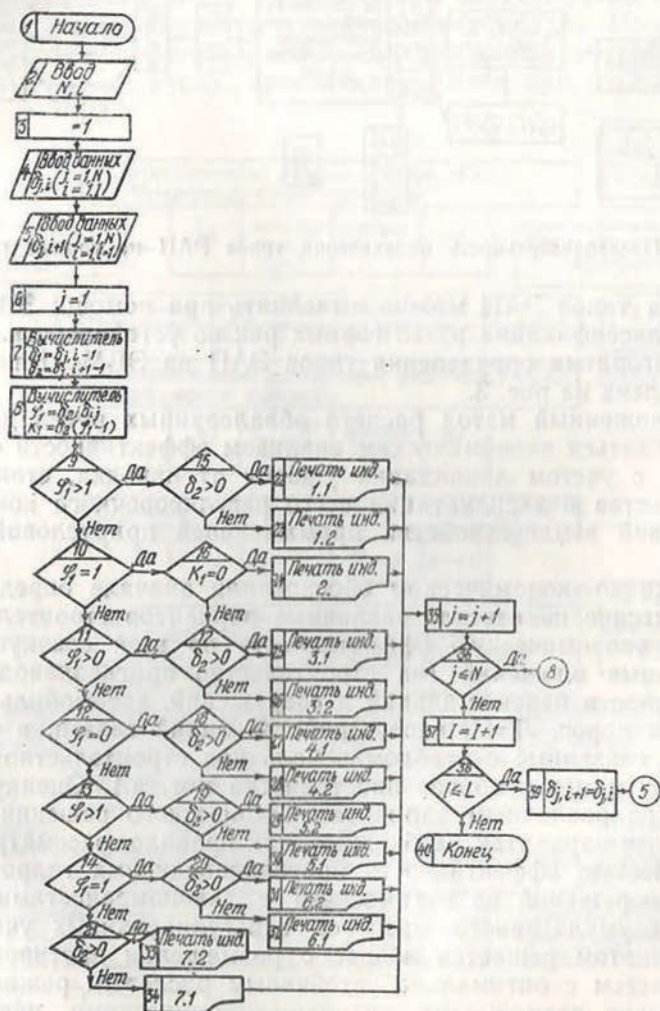


Рис. 3. Блок-схема алгоритма определения типов ЭАП:
 N — количество факторов в каждом исследовании; L — количество исследований.

С учетом ликвидации ущерба от паводка расчетной обеспеченности, использования территории в зоне возможного затопления, стоимости строительства дамб и прочих расходов следует построить кривые зависимости суммарных расходов от положения дамбы обвалования в расчетном створе реки.

Такие кривые (рис. 4 и 5), как правило, имеют минимум, соответствующий некоторому экономически выгодному положению дамбы. Построив кривые зависимости $\delta_K(l)$, при $\delta_K=1$

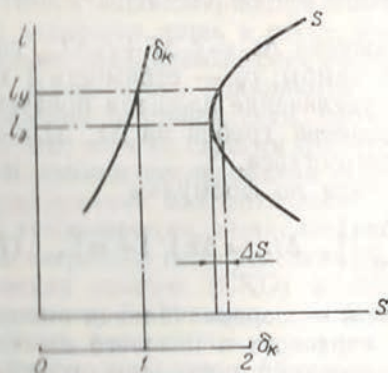


Рис. 4. Схема технико-экономического расчета при $l_y > l_a$.

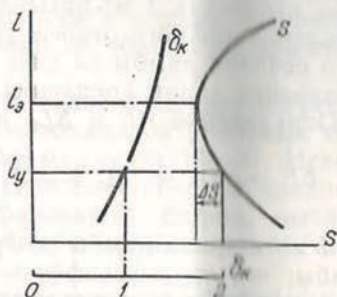


Рис. 5. Схема технико-экономического расчета при $l_y < l_a$.

определяем положение дамбы l_y , соответствующее устойчивому состоянию русла.

Совпадение значений l_a и l_y соответствует наиболее приемлемому положению дамбы обвалования. При несоблюдении этого условия происходит размыв в русле ($l_y > l_a$, рис. 4) или отложение наносов ($l_y < l_a$, рис. 5), хотя положение дамбы будет экономичным.

В первом случае выполняют дополнительные крепления основания дамбы стоимостью Δs_T на 1 м. Если увеличить расходы при устойчивом положении дамбы по сравнению с экономичным на Δs , то условием целесообразности экономичного положения дамбы, а значит, и дополнительных тюфячных креплений, будет неравенство $\Delta s_T < \Delta s$. Значение Δs определяем графически (см. рис. 4).

Стоимость дополнительных тюфячных креплений находим из выражения

$$\Delta s_T = s'_T - s_T = (\delta_{T_p} - 1) s_T, \quad (6)$$

где s_T — стоимость тюфяка, принятого при устойчивом русле; s'_T — стоимость усиленных тюфячных креплений; $\delta_{T_p} = T'_p / T_p$; T_p, T'_p — глубины максимального размыва при устойчивом и экономичном положении дамбы, рассчитанные по формуле И. И. Херхеулидзе $T_p = (vH/W)^{1/(1+\chi)}$. Здесь W, χ — параметры уравнения допустимой скорости; $v = WH^\chi$.

Обозначив относительные значения средней скорости $\delta_v = v'/v$ и средней глубины $\delta_H = H'/H$, имеем $\delta_{T_p} = (\delta_v \cdot \delta_H)^{1/1+x}$.

В (6) принимаем размеры тюфяка пропорциональными глубине максимального размыва.

Во втором случае при экономичном положении дамбы необходимо повысить гребень дамбы на размер возможной деформации Δz , определяемой расчетом. При этом стоимость 1 м дамбы увеличивается на Δs_d . Аналогично первому случаю условие целесообразности экономного положения дамбы (см. рис. 5) имеет вид $\Delta s_d < \Delta s$.

Значение Δs_d находим из выражения $\Delta s_d = c_n \Delta F + c_k \Delta L_k$, где c_n — стоимость 1 м³ насыпи тела дамбы; c_k — стоимость 1 м² крепления мокрого откоса; ΔF — увеличение площади поперечного сечения дамбы за счет повышения гребня на Δz ; ΔL_k — увеличение длины крепления мокрого откоса.

Определение ΔF и ΔL_k выполняем по формулам

$$\Delta F = \Delta z \left[b + (m_1 + m_2) \left(h + \frac{\Delta z}{2} \right) \right], \quad \Delta L_k = \Delta z \sqrt{1 + m_1^2}, \quad (7)$$

где b — ширина дамбы по гребню; h — первоначальная высота дамбы; m_1, m_2 — коэффициенты верхового и низового откоса.

Результаты выполненных исследований позволяют определить принципиальные типы направленности и интенсивности ЭАП и рекомендовать соответствующие инженерные мероприятия в практику проектирования и эксплуатации регулировочных комплексов на горных реках.

1. Гришанин К. В. Устойчивость русел рек и каналов. Л., 1974. 2. Гришанин К. В. Динамика русловых потоков. Л., 1979. 3. Каганов Я. И. Русловые перестроения при регулировании рек горно-предгорной зоны. Львов, 1981. 4. Каганов Я. И. Классификация русел горных рек по устойчивости // Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. «Исследование русловых процессов для практики народного хозяйства» / М., 1983. С. 170—171. 5. Каганов Я. И., Воловецкий Б. И., Григорчук Р. А., Ильков Р. Р. Прогноз типов эрозивно-аккумулятивных процессов при проектировании инженерных сооружений на реках горно-предгорной зоны // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1987. Вып. 45. С. 32—37. 6. Лапшенков В. С. Прогнозирование русловых деформаций в бьефах речных гидроузлов. Л., 1979.