

УДК 556.16.013

**ОПЫТ ОЦЕНКИ СЕЛЕВЫХ РИСКОВ ДЛЯ МОСТОВЫХ
ПЕРЕХОДОВ**Доктор геогр. наук Г.Н. Трофимов
 А.Я. Исакова

Предложен показатель риска разрушения мостовых переходов через горные реки при прохождении селевых потоков, учитывающий параметры мостового сооружения, проектное значение максимального расхода воды и пропускную способность моста. Высказано предположение, такой показатель селевых рисков можно использовать и для других объектов и сооружений на горных реках.

Мосты – это первоочередные объекты в приустьевой части речной долины, которые попадают под воздействие селевого потока. В гидрологических расчетах оценке безопасности водопропускных сооружений придается исключительное значение, так как мостовой переход представляет собой сложное и дорогостоящее инженерное сооружение. Разрушение мостов, помимо прямого ущерба, затрудняет, а порой делает невозможной эвакуацию людей из пострадавших от стихии районов, доставку туда гуманитарной помощи и т.п. Особая сложность такого сооружения отмечается для горных селеактивных рек. Как известно, комплекс мостового перехода включает подходные насыпи, собственно мостовое перекрытие и защитные сооружения. При выборе местоположения моста учитывают геологические, топографические и гидрологические условия данного участка реки. В практике мостостроителей принято, что основой для правильного определения главных размеров мостового перехода является достаточно точное определение максимальных расходов воды обеспеченностью до 0,3 % включительно, а также оценка возможных русловых деформаций [1]. Практика эксплуатации мостов показывает, что почти всегда нарушение устойчивости их происходит при русловых деформациях, когда подмываются опоры моста, разрушаются насыпи подходов к мосту, разрушаются защитные сооружения. Следует добавить, что уменьшение стоимости мостовых переходов зачастую достигается за счет сужения русла реки, что увеличивает вероятность эрозионных процессов под мостом.

Характер течения потока под мостом сходен с характером истечения через водослив-порог [2, 7]. Порядок вычислений параметров потока под мостом следующий. Прежде всего, оценивается допустимая максимальная скорость течения, которая, либо рассчитывается при наличии гидрометрических данных, либо назначается, исходя их характеристики грунтов, слагающих русло реки. Затем рассчитывается сужение русла (коэффициент сжатия ε). Далее, с учетом II-го свойства водосливов с широким порогом вычисляется глубина воды (a) под мостом:

$$a = \frac{v^2}{g}, \quad (1)$$

здесь v – максимальная скорость (м/с). g – ускорение силы тяжести ($9,81 \text{ м/с}^2$).

Исходя из величины расхода воды заданной обеспеченности, вычисляется ширина потока b (м) под мостом:

$$b = \frac{Q}{\varepsilon \cdot a \cdot v} \quad (2)$$

и перепад глубин Z (м), равный по Н.Н. Павловскому

$$Z = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{v^2}{2g} \cong 0,057 \cdot v^2, \quad (3)$$

здесь $\varepsilon = 0,90$ и скоростной коэффициент $\varphi = 0,95$.

Затем вычисляется глубина воды перед мостом

$$h = a + Z. \quad (4)$$

В дальнейшем нужно сделать проверку расчетов параметров потока и моста, вычислив расчетный расход воды по формуле водослива с учетом формы просвета моста, затопления его и т.д.

Для оценки селевого риска для мостовых переходов нами использованы материалы по мостовому переходу через р. Аксакатасай автодороги Ташкент – пос. Бурчмулла в 3-х км от юго-западной окраины г. Газалкент (рис. 1). Этот участок р. Аксакатасай (левого притока р. Чирчик) расположен в Ташкентской области Республики Узбекистан. Данный водоток достаточно селеактивен – с 1933 года по настоящее время по нему зарегистрировано 12 селевых паводков с максимальными расходами воды от 50...60 до 170...200 м³/с [6].

Расчетный максимальный расход воды по вычислениям проектировщиков моста составил 350 м³/с. Ширина потока при заданном расходе воды равна 70 м.

Максимальная скорость потока по Н.Н. Павловскому равна

$$v_{\max} = \sqrt[3]{\frac{Q \cdot g}{\varepsilon \cdot b}} = \sqrt[3]{\frac{350 \cdot 9,81}{0,90 \cdot 70}} = 3,79 \text{ м/с} . \quad (5)$$

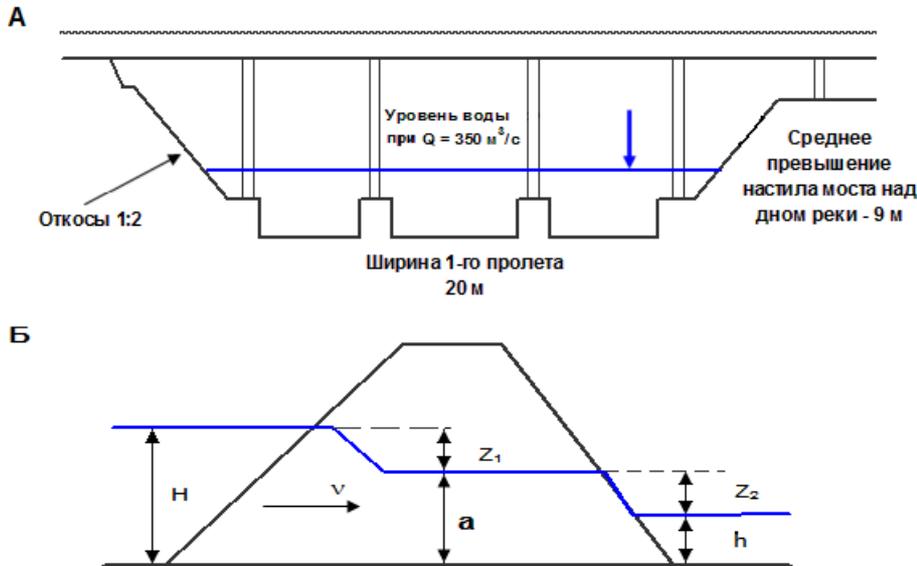


Рис. 1. Схема автодорожного моста через р. Аксакатасай (А – вид спереди, Б – профиль моста).

Глубина воды под мостом равна

$$a = \frac{Q}{\varepsilon \cdot b \cdot v} = \frac{350}{0,90 \cdot 70 \cdot 3,79} = 1,47 \text{ м} .$$

Перепад Z_1 (рис. 1Б) перед водосливом (второй перепад Z_2 учитывается для затопленных водосливов) равен

$$Z_1 = 0,057 \cdot 3,79^2 = 0,82 \text{ м}$$

и глубина воды перед мостом равна

$$h = a + Z_1 = 1,47 + 0,82 = 2,29 \text{ м} .$$

Расход воды под мостом для трапецидального сечения русла равен

$$Q = \frac{b_e + b_n}{2} \cdot a \cdot v = \frac{60 + 70}{2} \cdot 1,47 \cdot 3,79 = 362 \text{ м}^3 / \text{с} , \quad (6)$$

здесь b_e и b_n – ширина потока по дну и по верху (м). Таким образом, этот расход воды практически равен расчетному расходу 1 % обеспеченности. Отметим, что расход воды, вычисленный при этих условиях по формуле водослива-порога равен $355 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для оценки возможности разрушения моста следует сопоставить расход воды 1 % обеспеченности с максимальным расходом, затопляющим

настил моста, т.е. сопоставить с условиями возможного затопления и разрушения дорожного покрытия моста. Этот расход воды при допустимой скорости потока – 3,79 м/с, ширине потока по верху – 97,5, по низу 60 м и глубине – 3,68 м (превышение настила моста над дном потока) по формуле (6) может составить 1100 м³/с, т.е. больше расхода воды 1 % обеспеченности в 2,9...3,2 раза. Максимальный расход воды, при котором затопляется настил моста, можно рассчитать и по формуле водослива-порога:

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}, \quad (7)$$

здесь m – коэффициент водослива-порога – 0,33, b – ширина сливной струи по верху (м), H – напор (м). Максимальный расход воды по этой формуле получился равным – 1010 м³/с.

Прежде чем перейти к расчету и оценке селевого риска необходимо отметить, что, к примеру, по мнению Е.А. Таланова [4] «для оценки ущерба (добавим и риска), наносимого селевыми потоками, до сих пор нет не только общепринятой методики, но и не организован учет ущерба от стихийных бедствий».

Для расчета риска затопления и разрушения моста нами по формуле Пуассона [3, 6] рассчитана вероятность формирования на р. Аксакатасай одного и более селей в году:

$$p_T(k) = \frac{\lambda^k \cdot e^{-\lambda}}{k!}, \quad (8)$$

где λ – среднее число появления событий в серии из T членов, k – число раз, когда событие наступило. Гистограмма распределения этой вероятности приведена на (рис. 2), а вероятность формирования 1-го селя в году на р. Аксакатасай равна $p_T(1) = 0,237$.

Для оценки риска повреждения моста селевым потоком нами предлагается использовать произведение вероятности формирования селя $p_T(1)$ на отношение расчетного расхода воды заданной обеспеченности к пропускной способности русла под мостом при полном заполнении его просвета потоком $\psi = \frac{Q_{1\%}}{Q_{\max}}$. Это отношение для моста через Аксакатасай в среднем равно 0,332. Тогда селевой риск разрушения или повреждения моста R_M равен

$$R_M = p_T(1) \cdot \psi = 0,237 \cdot 0,332 = 0,079. \quad (9)$$

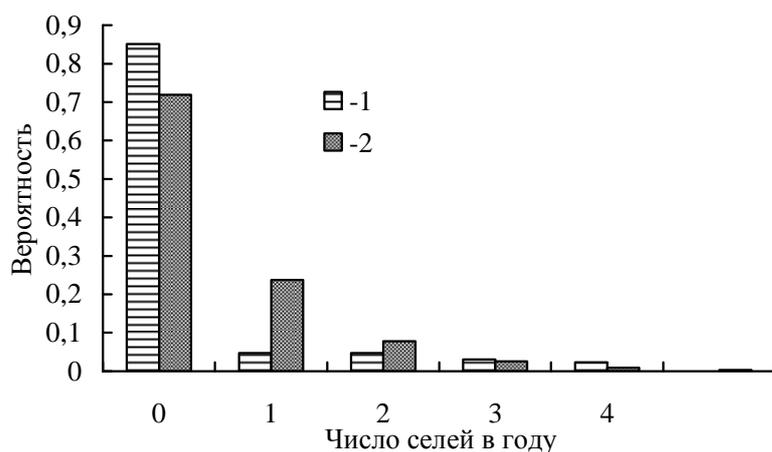


Рис. 2. Гистограмма распределения вероятности формирования 1-го и более селей в году на р. Аксакатасай (1 – фактическое распределение, 2 – по формуле Пуассона).

Этот показатель риска можно трактовать следующим образом. Если в бассейне реки сформировался сель, то $p_T(1) = 1$ и, если максимальный расход потока будет равен или превысит величину пропускной способности моста, то $\psi = 1$, а показатель риска равен 1. Так как мы в расчетах оперировали 1 селем в году, то риск в размере 0,079 означает, что за 100 лет 7...8 раз возникнет селеопасная ситуация, когда данный мост может быть разрушен или поврежден селевым потоком.

В заключение следует отметить, что предложенный показатель селевых рисков для мостовых переходов, во-первых, не имеет размерности и, следовательно, может применяться к рекам разного порядка и, во-вторых, как видно из его формулы с увеличением повторяемости селей и ростом максимального расхода заданной обеспеченности увеличивается и степень риска. Наконец, занижение проектной пропускной способности моста (Q_{max}) также приводит к увеличению показателя риска. С достаточной уверенностью можно говорить также о том, что такой показатель рисков можно применять и для других объектов, тяготеющих к руслам селеопасных рек (водозаборных сооружений в прибрежной части, опор линий электропередач, газо и водопроводов и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – С. 214-231.

