

## РЕКОМЕНДАЦИИ К РАЗРАБОТКЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМ СТОКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Многообразие климатических, почвенно-грунтовых и гидрологических условий различных регионов не позволяет применять трафаретных решений для определения расчетных расходов при проектировании водопропускных сооружений на автомобильных дорогах. Поэтому наиболее целесообразным подходом решения задач в этой области является создание региональных норм стока, которые учитывали бы особенности природно-климатических и гидрогеологических условий конкретного района. Как показывает практика, разработка и применение региональных норм стока может обеспечивать получение наиболее достоверных характеристик стока даже в самых малоизученных районах, позволяет решать задачи, выполнение которых по существующим традиционным методам затруднено или не предусмотрено.

Создание региональных норм стока следует начинать всегда с правильного выбора основной расчетной схемы, которая должна быть получена теоретически обоснованно. Только после выбора основной расчетной схемы можно учитывать входящие в формулы параметры, зависящие от региональных условий. Затем следует выполнять тщательное изучение физико-геологических, природно-климатических, гидрологических и метеорологических условий, а также проводить необходимые полевые обследования водостоков.

Факторы, определяющие величину расхода ливневого стока, можно разделить на две самостоятельные группы: региональные, зависящие от географических координат водосбора; геометрические, влияние которых одинаково для всех бассейнов, независимо от их местоположения.

Для правильного составления региональных норм стока необходимо, прежде всего, выделить по обоснованной схеме постоянно действующие для всех бассейнов факторы стока - геометрические характеристики бассейнов и по натурным показателям искать только региональные факторы, действительно зависящие от местоположения бассейна и учитывающие особенности местного климата и впитывающую способность почв.

Связь между средней интенсивностью ливня  $a$  и продолжительностью выпадения осадков  $t$  описывают обычно следующей зависимостью:

$$a = \frac{K}{t^{2/3}}, \quad (1)$$

где  $K$  - региональный климатический коэффициент.

Слой осадков за время хода ливня определяют по формуле:

$$h_0 = at = Kt^{1/3}. \quad (2)$$

Расчетное время дождя, наиболее опасное для проектируемых водопропускных сооружений принимается как «время добегаания» воды от наиболее удаленной точки бассейна до замыкающего створа:

$$t = \frac{L}{v}, \quad (3)$$

где  $L$  - длина бассейна, км;

$v$  - скорость стекания, м/с.

Величину расхода ливневого стока принято определять по зависимости:

$$Q = 16,7aF = 16,7 \frac{KF}{t^{2/3}} = 16,7 \frac{KFv^{2/3}}{L^{2/3}}, \quad (4)$$



где  $F$  - площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

Используя уравнение Шези и глубину слоя стекающей воды  $h$ , величину скорости добегания вычисляют по формуле:

$$v = mh^{2/3}I^{1/2}, \quad (5)$$

где  $m$  - показатель ровности склонов бассейна;

$I$  - уклон бассейна, ‰.

На основе формул (2), (3) и (5) с учетом пропорциональности величин  $h$  и  $h_0$ , после некоторых преобразований получим:

$$v^{2/3} \propto m^{6/11} K^{4/11} I^{3/11} L^{4/33} \quad (6)$$

Объединяя формулы (4) и (6)

$$Q \propto K^{15/11} \left( m^{6/11} \frac{FI^{3/11}}{L^{6/11}} \right). \quad (7)$$

В выражении (7) величины в скобках объективно отображают влияние на расход  $Q$  геометрических характеристик бассейна, независимо от его географических координат. Множитель  $K$ , представляющий собой климатическую характеристику региона, объединен с постоянными коэффициентами пропорциональности, размерности и потерь, предполагаемыми в выражении (7), и заменен общим обозначением регионального коэффициента  $R$ .

Тогда, очевидно, региональный коэффициент учитывает и потери стока на впитывание, зависящие от характеристик почв региона.

$$Q = R \left( m^{6/11} \frac{FI^{3/11}}{L^{6/11}} \right). \quad (8)$$

Исходя из формулы (2), климатический коэффициент  $K$  выражается через слой осадков заданной продолжительности. Например, принимая  $t = 60$  мин, получаем:

$$K = a_{\text{час}} t^{2/3} = (a_{\text{час}} t) \frac{1}{t^{1/3}} = \frac{h_{60}}{(60)^{1/3}} = \frac{h_{60}}{3,91}, \quad (9)$$

где  $a_{\text{час}}$  - интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин.

Потери стока на впитывание в почву можно учитывать как уменьшающим коэффициентом, так и вычитанием слоя потерь из слоя стока. Тогда с учетом потерь и с сохранением гиперболической связи в формуле (1) между интенсивностью водоотдачи и ее продолжительностью:

$$K = \frac{(h_{60})_e}{3,91}. \quad (10)$$

Обращают внимание на возможность уточнять региональные нормы стока, выделяя в рассматриваемом регионе бассейны с резко различающимися условиями впитывания в почву. Рекомендуют вводить в расчет «относительный коэффициент стока» -  $\varphi_0$ , показывающий сравнительную впитывающую способность почв бассейна. С помощью этого коэффициента можно объединять данные о натуральных расходах воды, сформировавшихся на бассейнах с различными почвами, приводя их к одному виду почв. Величины этих относительных коэффициентов целесообразно определять по известным таблицам обычных



коэффициентов стока, взяв один из видов почв за исходный и приняв для него  $\varphi_0 = 1$ . Несмотря на условность такого расчета, этот прием дает возможность уточнять региональные нормы стока для любого района, а в ряде случаев позволяет объяснить отклонения расчетных величин от натуральных данных.

В итоге предлагаются следующие, наиболее полные и ясно выводимые региональные зависимости:

$$Q = R\varphi_0 \left( m^{6/11} \frac{FI^{3/11}}{L^{6/11}} \right), \quad (11)$$

$$Q = R\varphi_0 \left( m^{1/2} \frac{FI^{1/4}}{L^{1/2}} \right) \quad (12)$$

или после некоторого упрощения:

$$Q = R\varphi_0 (m^{1/2} F^{3/4} I^{1/4}), \quad (13)$$

приняв  $L = F^{1/2}$  и вводя среднюю ширину бассейна  $B = F/L$

$$Q = R\varphi_0 \left( \sqrt{mFB} I^{1/4} \right), \quad (14)$$

где  $R$  - региональный коэффициент той же вероятности превышения, что и расход  $Q$ ;

$\varphi_0$  - относительный коэффициент стока;

$m$  - показатель ровности склонов бассейна;

$F$  - площадь бассейна, км<sup>2</sup>;

$L$  - длина бассейна, км;

$B$  - средняя ширина бассейна, км;

$I$  - уклон бассейна, ‰.

Таким образом, для отыскания региональных коэффициентов (постоянных для конкретного района или плавно меняющихся по его территории) необходимо натурные данные о расходах делить на функции геометрических характеристик соответствующих бассейнов, т.е.

$$R = \frac{Q}{\varphi_0 f(m, F, L, I)}. \quad (15)$$

Несмотря на теоретически обоснованную схему и соответствующий вывод для составления региональных норм стока, в связи с приближенностью входящих в формулы (11-15) компонентов и упрощенностью закономерностей формирования и стекания нестационарных ливневых вод по склонам водосбора, необходима соответствующая корректировка по натурным данным о расходах, чтобы региональный параметр приобретал более устойчивый характер.

Для поиска и сбора необходимых натуральных сведений предварительно на планах вдоль трассы проводят генеральный водораздел, от которого идет сток к принятым во внимание искусственным сооружениям. Это снижает ошибки определения верхних границ отдельных площадей водосбора.

Зная положение главного водосбора, по картам следует уточнить границы всех водосборов, их площади и разветвленность. Для этой цели от каждого сооружения нужно проходить по дну лога с необходимыми геодезическими приборами до водораздела и составлять продольный профиль лога. Обычно за линию водораздела геодезический ход продолжают на 10 % его длины при неровном рельефе и не менее 20 % - при плоском. Необходимо твердо убедиться в том, что принятый главный лог есть истинный. При разветвленных бассейнах необходимо пройти по главным разветвлениям, чтобы установить их боковые границы и убедиться, что второй лог не длиннее первого. За главный принимают наиболее длинный лог. По полученным точкам водоразделов всех логов уточняют на карте главный водораздел вдоль трассы и одновременно устанавливают границы между отдельными логами. Таким образом, получают план бассейнов и логов, привязанный к трассе, наглядно характеризующий общую топографическую ситуацию района.



Уклоны склонов и логов определяют по планам в горизонталях или непосредственными измерениями с помощью геодезических приборов. Поскольку уклоны на одном и том же склоне не одинаковы, для оценки скорости стекания слоя стока к ближайшему логу необходимо вычислить их средневзвешенные значения.

Одним из решающих факторов, влияющих на сток, является впитывание выпавших осадков в почву. Для выяснения состава и структуры почвы и отнесения ее к определенной категории рекомендуют на бассейне делать шурфы глубиной до 0,5 м, так как для оценки впитывания ливневых дождей решающее значение имеют только верхние 20 - 30 см почвы. Количество шурфов назначают по таблице 1.

Таблица 1

Количество шурфов, необходимое для определения категории почвы

Обследования	Число шурфов на 1 км <sup>2</sup> водосбора	Всего не менее	Всего не более
	средняя норма		
Предварительные на каждом варианте	0,5	1	3
Окончательные на принятом к строительству варианте	1	2	10

По результатам разработки шурфов квалифицированно определяют категорию почв по впитыванию на водосборе. Водосборы площадью более 10 км<sup>2</sup> целесообразно делить на несколько частей, если разница в категории почв оказывается значительной.

Оценка достоверности полученных данных осуществляется компетентно с соответствующей ответственностью. При сборе и визуальном осмотре необходимо установить:

- следы и отметки наблюдаемых уровней в логах, на опорах моста, у входов существующих водопропускных сооружений и т.д.;
- какие паводки более опасны для данного сооружения: от ливней или от снеготаяния;
- факты перелива воды через насыпь, величины слоя перелившейся воды и размыва земляного полотна, характерные повреждения сооружений от прохода воды;
- повторяемость паводков разной величины в данном месте.

Если во время изысканий пойдет сильный дождь, то следует измерить количество выпавших осадков, обратив особое внимание на количество осадков во время прохода наиболее интенсивного ливня. Зная количество осадков и время, можно определить вероятность превышения паводка.

Обследование следов прошедших паводков может косвенно помочь определению расчетных расходов и объемов стока с определенной вероятностью превышения. Однако следует отметить, что обычно повторяемость в натуре расходов, зафиксированных наблюдениями и прошедших через сооружение, установить довольно сложно. Величины расходов и объемов, определенные приближенно, а не гидрометрически, могут иметь значительные отклонения от действительных. Применяемые гидравлические формулы определяют расход, проходящий лишь через сооружение, т.е. искаженный аккумуляцией. Если перед сооружением аккумуляровалась вода, то фактический расход, притекавший с водосбора, может оказаться в зависимости от пологости бассейна значительно больше. Необходимо также учесть, что при любой вероятности превышения может быть любое количество равновероятных сочетаний интенсивности и продолжительности водоотдачи.

Очевидно, что при учете аккумуляции ливневых вод перед сооружениями необходимо определить не только расход, но и объем стока. В этой связи целесообразна разработка карты ливневого районирования и составление таблиц интенсивности ливня часовой продолжительности при различных вероятностях превышения. На основе обработки натурных данных принято разрабатывать карты изолиний интенсивностей часовой продолжительности, суточных и годовых максимальных слоев осадков и т.д. для различных вероятностей превышения.

#### Литература

1. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования.
2. ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог.
3. Проектирование автомобильных дорог: Справочник инж.-дор. / Под ред. д-ра техн. наук П.А. Федотова / М.: Транспорт, 1989. - 438 с.
4. Андреев О.В. Справочник инженера-дорожника. Изыскания и проектирование автомобильных дорог.- Изд.3, перераб. и доп. 1977.

