

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОСБОРНОГО
БАСЕЙНА
И
РАСЧЕТНОГО РАСХОДА СТОКА**

Хабаровск
2003

Министерство образования Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Хабаровский государственный технический университет»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОСБОРНОГО
БАССЕЙНА
И РАСЧЕТНОГО РАСХОДА СТОКА**

**Методические указания к практическим занятиям и дипломному
проектированию малых дорожных водопропускных сооружений
для студентов специальности 291000 "Автомобильные дороги и
аэродромы" заочной и очной форм обучения**

Хабаровск
Издательство ХГТУ
2003

УДК 625.85

Определение характеристик водосборного бассейна и расчетного расхода стока: Методические указания к практическим занятиям и дипломному проектированию малых дорожных водопропускных сооружений для студентов специальности 291000 "Автомобильные дороги и аэродромы" заочной и очной форм обучения /Сост. В. П. Горбачев, Л. В. Кормилицына. – Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2003. – 35 с.

Методические указания составлены на кафедре "Автомобильные дороги и аэродромы". В них приведены сведения по определению основных гидрологических характеристик водосборного бассейна, а также по определению объемов и расходов стока поверхностных вод на малых водосборах, необходимые для проектирования малых дорожных водопропускных сооружений. В приложении дан пример расчета характеристики водосборного бассейна для искусственных сооружений.

Печатается в соответствии с решениями кафедры "Автомобильные дороги" и методического совета дальневосточного автодорожного института.

©Издательство Хабаровского
государственного технического
университета, 2003

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Примерно три четверти земного шара покрыто водной оболочкой — Мировым океаном.

С поверхности морей и океанов благодаря солнечной радиации испаряется огромное количество воды (505 тыс. км³ в год). Поднимаясь в верхние слои атмосферы, испарившаяся влага конденсируется и выпадает в виде дождя, снега или града. Однако на сушу переходит относительно небольшое количество влаги — около 8 % всего испарения с морей и океанов. Это количество воды и является активным в общем круговороте воды. Вода в жидком или твердом состоянии, выпадающая из облаков или осаждающаяся из воздуха на поверхность земли и на предметы, называется **осадками**. Эти осадки, стекая с возвышенных мест в понижения рельефа, оказывают неблагоприятное воздействие на преграждающие им путь дорожные сооружения.

Воды, находящиеся на поверхности суши в виде различных водных объектов, называются **поверхностными водами**, а находящиеся под земной поверхностью — **подземными водами**. Изучением их занимаются науки **гидрология** и **гидрогеология**.

Основным понятием в гидрологии суши считается водный объект. Водные объекты подразделяются на водотоки и водоемы.

Водный объект, в котором вода движется в направлении уклона в углублении земной поверхности, называется **водотоком**. Различают **постоянные водотоки** (движение воды происходит в течение всего года или большей его части) и **временные** (движение воды происходит меньшую часть года или эпизодически).

Водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием, называется **водоемом**.

Для разработки проектов транспортных сооружений, подверженных воздействию водных объектов, необходимо собрать ряд гидрологических данных. Эти данные должны характеризовать поведение водных объектов, которые пересекаются дорогой или вдоль которых она проходит. Размеры отверстий труб и мостов, поперечных сечений канав и быстротоков, перепадов и кюветов определяются по расходу воды. Расход является исходной величиной для таких гидрологических параметров, как скорость и глубина потока. **Расход воды** — объем воды, проходящий в данном сечении реки (трубы, моста или другого искусственного сооружения) в единицу времени, как правило, в дорожных гидрологических расчетах измеряется в кубических метрах в секунду (м³/с). Значение гидрологических данных, необходимых для проектирования дорожных сооружений, принимают к расчету по результатам обработки многолетних рядов наблюдений (например, за расходом или уровнем реки или ручья). В случаях, когда на обследуемых водных объектах не велись гидрометрические измерения, данные получают по аналогии с ранее

изученными водными объектами, находящимися в районе расположения проектируемой дороги.

Количество воды, поступающее в водный объект, зависит, в основном, от площади, с которой она собирается, получившей название "бассейн".

Бассейном, или **водосбором**, называется площадь земной поверхности, находящаяся выше по течению от замыкающего створа этого бассейна (проектируемого искусственного сооружения), с которого возможен к нему сток по склонам, логам и долинам.

Бассейн в общем случае состоит из поверхностного и подземного водосборов. **Поверхностный водосбор** представляет собой участок поверхности, с которого поступают воды в водный объект, а **подземный водосбор** образуют толщи почвогрунтов. Как правило, подземный и поверхностный водосборы по площади не совпадают. Однако из-за больших затруднений в определении границы подземного водосбора обычно в расчетах размеры бассейна принимают в пределах только поверхностного водосбора и вследствие этого не делают различия между терминами "бассейн" и "водосбор" или объединяют их термином "водосборный бассейн".

Гидрографические характеристики водосборных бассейнов определяются, как правило, по имеющимся топографическим материалам (картам, планам), а при их отсутствии — по данным полевых рекогносцировочных обследований местности. В результате этого собираются следующие сведения, позволяющие учесть основные особенности стока:

- **название и местоположение водосборных бассейнов по трассе дороги;**
- **площади водосборных бассейнов;**
- **длины водотоков;**
- **отметки истока и у расчетного створа;**
- **общий характер рельефа бассейна (равнинный, холмистый и гористый);**
- **уклон лога;**
- **типы почв, видовой состав растительности и их распространение по направлению дороги и площади каждого водосбора;**
- **наличие и местоположение озер, болот, марей, бессточных впадин, пахотных земель, карстовых, мерзлотных и других явлений;**
- **наличие и местоположение прудов, водохранилищ, каналов, арыков, плотин, запруд, мостов и других искусственных сооружений.**

Для определения площади водосборного бассейна и указанных выше характеристик устанавливают границы каждого из пересекаемых водосборных бассейнов. Границы бассейнов определяемые по горизонталям на картах и проводят в виде плавных линий.

Водоразделом называется линия, проходящая по наивысшим точкам данного рельефа местности, сток воды с которого происходит в смежные бассейны (рис.1.1). Стрелками показаны направления течения воды.

Одной из границ водосборного бассейна является трасса проектируемой дороги.

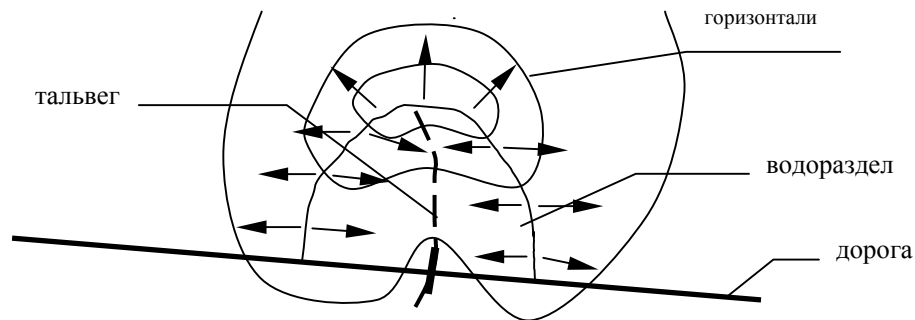


Рис. 1. 1. План водосборного бассейна

Площадь водосборного бассейна является его основной характеристикой. Измеряется она в квадратных километрах и определяется по картам или планам различного масштаба. При определении границ водосборных бассейнов площадью до 100 км следует пользоваться картами масштаба крупнее 1:1000000. При их отсутствии, а также при площадях бассейнов менее 0,25 км следует производить натурную съёмку. При выборе масштаба карт следует стремиться к тому, чтобы бассейн изображался площадями не менее 5 см².

По трассе дороги производится разбивка пикетажа с выделением всех точек перелома рельефа местности: наивысших, называемых водораздельными, и наименее точек тальвега, которые отмечаем как плюсовые точки. Через каждую водораздельную точку, намеченную по оси дороги, начинается построение границы водосборного бассейна с верховой стороны от дороги. Проводится плавная водораздельная линия, которая в промежутке между горизонталями может изгибаться в соответствии с рельефом местности, но всегда перпендикулярна горизонталям в месте её пересечения.

Проводимые по соседним водоразделам границы водосборного бассейна могут соединяться на склоне в одну наиболее высокую точку водосборного бассейна, либо выходить к так называемому верховому или главному водоразделу. Главный водораздел проводится в виде плавной линии по цепи возвышенностей, холмов или гор, отделяющих бассейн одного большого водного объекта (реки, озера, моря) от другого.

Далее штриховой линией проводится в каждом водосборном бассейне **тальвег** (в переводе с немецкого — долинный путь), т.е. линия, соединяющая наименее точки рельефа местности (дно долины) в бассейне. Линия в промежутке между горизонталями может плавно изгибаться в соответствии с рельефом местности, но всегда проводится перпендикулярно к месту пересечения горизонтали в наиболее удалённой по линии тальвега точке.

В случаях, когда направление лога, тальвега или границ водосборного бассейна трудно определить, необходимо принимать направление стока по линиям, перпендикулярным горизонталям.

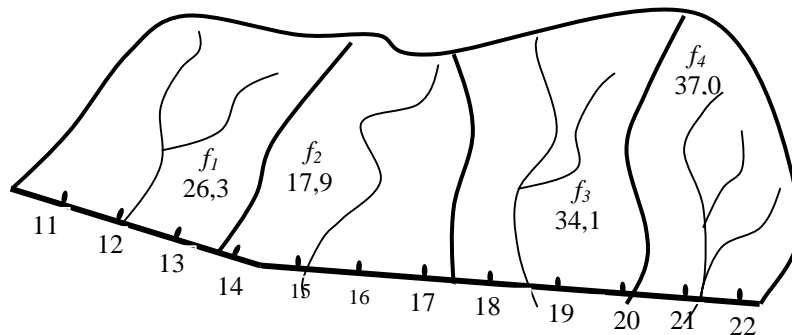


Рис. 1. 2. Сводный план водосборных бассейнов

После установления границ всех водосборов, пересекаемых трассой дороги, составляют общий план бассейнов (рис.1. 2), на котором показывают проектируемую дорогу, намечаемые варианты, границы бассейнов, русла водотоков, логов и тальвегов со всеми притоками и ответвлениями, существующие дороги и другие искусственные сооружения, озера, болота, мари, границы лесов, пашен и других угодий, а также населённые пункты.

На каждом бассейне указывают порядковый номер, по ходу пикетажа или километража, площадь бассейна в квадратных километрах и название водотока. Сводный план бассейнов — основной изыскательский документ, на основании которого выполняют гидрологические расчёты мостов и труб.

На водосборных бассейнах с неясно выраженными водоразделами производят уточнение границ бассейнов путем аэровизуальных или наземных рекогносцировочных обследований либо инструментальными измерениями с разбивкой в натуре оси тахеометрических ходов и обязательной фиксацией следующих контрольных точек: истоков, смежных водоразделов, мест переливов из одного бассейна в другой, имеющих в некоторых случаях самостоятельные русла, изменение характера растительности и т.п.

Способ полевых обследований неясно выраженных водоразделов определяют в каждом конкретном случае, исходя из их стадии, сроков выполнения и объёмов изыскательских работ, наличия топографических материалов, характера местности и степени залесенности.

При необходимости определения границ бассейнов путём непосредственного их обследования в незалесенной и открытой местностях с хорошо выраженными водоразделами целесообразна прокладка теодолитных ходов по боковым и верховым водоразделам с замером расстояний и углов или магнитных азимутов (рис. 1. 3).

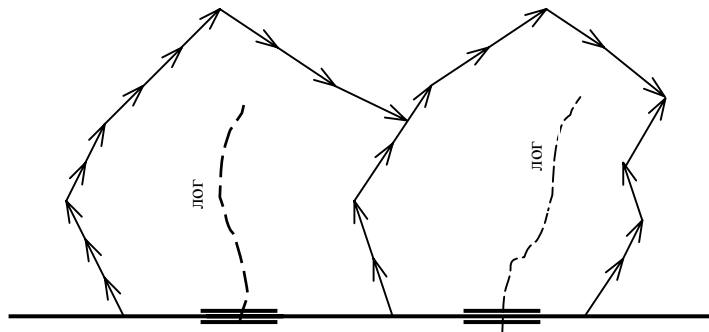


Рис. 1. 3. Схема теодолитных ходов

В случаях хорошо выраженного верхового водораздела прокладывают теодолитный ход по этому водоразделу, а также аналогичные ходы по дну логов от трассы дороги до этого водораздела. Боковые границы водоразделов устанавливают по водораздельным точкам продольного профиля дороги и общим начертаниям верхового водораздела и соседних логов. В наиболее сложных случаях целесообразно уточнить границы бассейнов путём их обхода вдоль боковых водоразделов или прокладками теодолитных ходов.

В районах, где наблюдаются случаи образования во время паводков отдельных водотоков при переливе воды через водоразделы, также необходимо выполнить теодолитные ходы вдоль этих русел с целью определения длины водотока и режима стока.

При наличии на водосборных бассейнах существующих автомобильных дорог границы бассейнов определяют с учетом их положения. Ось дороги принимают за искусственный водораздел, ограничивающий собственно площадь бассейна. На плане бассейнов обозначают все водопропускные сооружения на существующих дорогах и устанавливают границы бассейнов, в которых формируются максимальные расходы для этих сооружений.

При гидравлическом изучении водотоков устанавливают границы районов или участков дороги с однородными морфологическими признаками по типам почвогрунтов, растительности и рельефа.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТМЕТОК ТОЧЕК НА ПЛАНЕ В ГОРИЗОНТАЛЯХ

Для построения продольного профиля автомобильной дороги на план местности в горизонталях наносится ось трассы дороги и определяются высотные отметки пикетов и всех плюсовых точек. Расчет высотных отметок производится по следующей методике.

Для определения отметки точки *A* (рис. 2.1) через неё проводится линия, перпендикулярная горизонталям. Измеряется расстояние по этой линии между

горизонталями l . Измеряется расстояние x от точки A до горизонтали с меньшей отметкой $H_{НГ}$. Определяется по плану сечение горизонталей h . Строится треугольник.

Используя свойства подобных треугольников, можно определить превышение точки A над нижней горизонталью:

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{x}{l} \rightarrow \Delta h = h \frac{x}{l}. \quad (2.1)$$

H_A , отметка точки A , определяется по формуле

$$H_A = H_{НГ} + \Delta h. \quad (2.2)$$

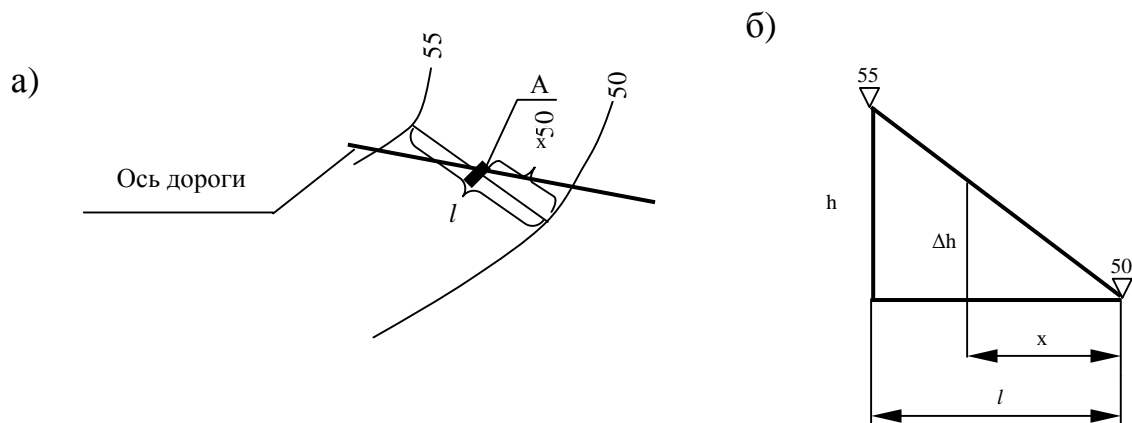


Рис. 2. 1. Схема для определения отметок точек на плане:
а) – план; б) – поперечный профиль.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ БАССЕЙНА

3.1. Определение площади водосборного бассейна с помощью кальки и миллиметровки

Лист кальки накладывается на карту и обводятся границы водосборного бассейна. Полученный план водосборного бассейна (в масштабе карты) накладывается на лист миллиметровой бумаги. Отмечают и пересчитывают все целые квадратные сантиметры (N_1), которые поместились на плане. На оставшейся площади плана водосборного бассейна отмечают и пересчитывают количество квадратиков размером $0,5 \times 0,5$ см (N_2), затем пересчитывают оставшиеся неполные квадратики размером $0,5 \times 0,5$ см (N_3). Площадь водосборного бассейна (км^2) определяется по формуле

$$F = N_1 \cdot q_1 + N_2 \cdot q_2 + \frac{1}{2} N_3 \cdot q_2, \quad (3.1)$$

где q_1 – площадь (в масштабе карты) 1 см^2 ; q_2 – площадь (в масштабе карты) $0,25 \text{ см}^2$; N_1, N_2, N_3 – количество квадратов каждого размера.

3.2. Способ палетки

Применяется при определении малых площадей размером $100 \dots 200 \text{ см}^2$. С этой целью изготавливается палетка из органического стекла или кальки. На нее наносится сетка с ячейками со стороной 2 мм . В зависимости от масштаба карты, по которой определяется площадь бассейна, находится цена деления каждой ячейки в квадратных километрах. Общее число ячеек в контуре, умноженное на цену деления, дает площадь контура.

3.3. Планиметрирование

Рекомендуется при определении площади больших бассейнов. Для этой цели применяется планиметр. Обвод площади производится плавно, без перерыва, с одинаковой скоростью.

При планиметрировании углы между рычагами не должны быть менее 30 и более 150 градусов. Отсчет получают из четырех цифр. Первая снимается с циферблата, две следующие – со счетного колеса, последняя – с верньера.

Для определения цены деления планиметра выбирается какая-либо правильная фигура (прямоугольник, квадрат, круг), которая обводится планиметром. Цена деления вычисляется по формуле

$$K = A/B, \quad (3.2)$$

где A – площадь выбранной фигуры в масштабе карты; B – площадь этой же фигуры в единицах планиметра.

3.4. Графический способ

Площадь водосборного бассейна разбивается на ряд простейших геометрических фигур (треугольников, прямоугольников, квадратов и т.п.), определяется площадь каждой фигуры в соответствующем масштабе карты или плана, и затем эти площади суммируются (рис. 3.1):

$$F = f_1 + f_2 + \dots + f_{12}, \quad (3.3)$$

где f_1, f_2, \dots, f_{12} – площади простейших геометрических фигур, на которые разбита площадь водосборного бассейна.

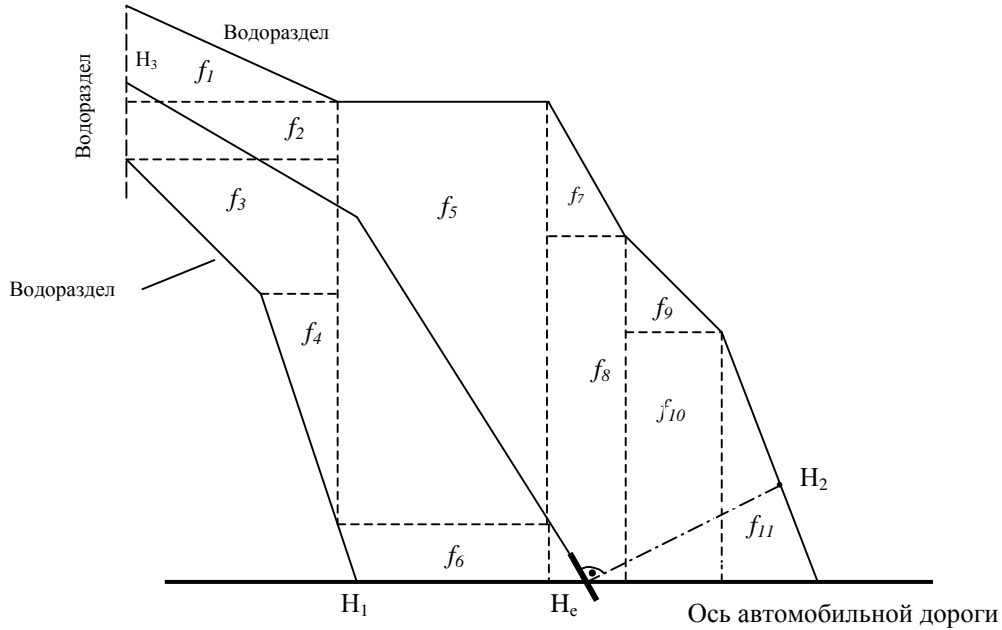


Рис. 3. 1. Схема плана водосборного бассейна

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ И СРЕДНЕГО УКЛОНА ГЛАВНОГО ЛОГА

Нанесенный на карте в горизонталях тальвег разбивается на ряд примерно прямых участков. Для упрощения расчетов начала и концы участков назначают на горизонталях. Определяются отметки начал и концов участков и строится развернутый продольный профиль главного лога.

Измеряется длина первого (от дороги) участка и откладывается в соответствующем масштабе на развернутом продольном профиле главного лога. Против начала и конца участка записываются их высотные отметки. То же самое проделывается со следующим участком, и так далее до вершины главного лога.

Длина главного лога (м) определяется по формуле

$$L = \sum_{j=1}^n l_j, \quad (4.1)$$

где l_j – длина i -го участка тальвега, м; L – длина главного лога, м.

В общем случае средний уклон главного лога определяется по формуле

$$i = \frac{H_{ep} - H_c}{L}, \quad (4.2)$$

где H_{ep} – отметка верхней точки тальвега, м; H_c – отметка лога у сооружения, м.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УКЛОНА ЛОГА У СООРУЖЕНИЯ

Уклон лога у сооружения определяется как уклон между точками, одна из которых находится на 100-200 м по тальвегу выше сооружения, а другая – на 50-100 м по тальвегу ниже его.

При камеральной работе с картой или планом желательно назначать точки на горизонталях с тем, чтобы не заниматься расчетом их отметок. Но при этом стремятся к тому, чтобы определяемый уклон лога у сооружения был как можно ближе к реальному уклону местности. Следовательно, при назначении местоположения точки выше сооружения: $H_в$ – точки 2 (рис. 5.1, 5.2), находящейся на расстоянии 200 м по тальвегу выше сооружения, в большей степени, чем точка 1, искажающей реальный уклон местности у сооружения, необходимо для расчета уклона лога использовать точку 1, её отметку и расстояние от сооружения.

К точке $H_н$, лежащей по тальвегу ниже сооружения, требования менее жесткие, так как вода, уже прошедшая сооружение, как правило, на дорогу разрушающего действия не оказывает. Поэтому достаточно назначить ее на горизонтали, лежащей на 50-100 м ниже по тальвегу от сооружения, либо, если ближайшая горизонталь находится на расстоянии, превышающем 100 м, рассчитать отметку точки на тальвеге, отстоящей на 50 м от сооружения.

Уклон лога у сооружения рассчитывается по формуле

$$i_c = \frac{H_в - H_н}{l_в + l_н}, \quad (5.1)$$

где $H_в, H_н$ – отметки точек выше и ниже сооружения, м; $l_в, l_н$ – расстояния по тальвегу от сооружения до верхней и нижней точек, м.

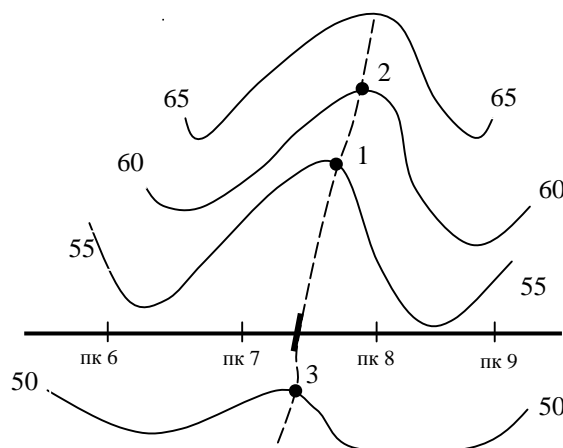


Рис. 5. 1. План лога у сооружения

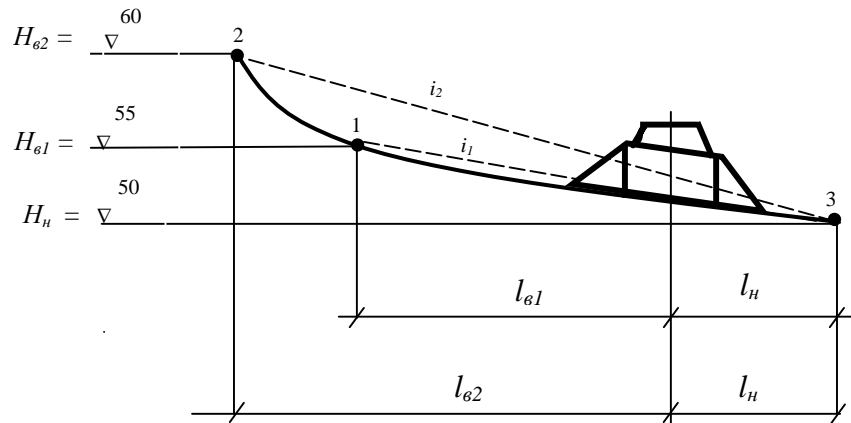


Рис. 5. 2. Продольный профиль лога у сооружения

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ЛОГА ПЕРЕД ИСКУССТВЕННЫМ СООРУЖЕНИЕМ

Малое искусственное сооружение, проектируемое для пропуска воды через дорогу, создаёт препятствие её нормальному (бытовому) течению, и в результате перед ним образуется подпор воды, характеризующийся отметками УПВ (уровень подпертых вод) или ГПВ (горизонт подпертых вод). При этом возможен случай, когда вода из одного лога будет переливаться через один из водоразделов (более низкий) в соседний водосборный бассейн и отрицательно влиять на пропускную способность расположенного там водопропускного сооружения и, отчасти, на земляное полотно дороги, вдоль которого она потечет. Чтобы этого не произошло, необходимо определить глубину лога перед сооружением, т.е. наименьшее возвышение водораздельной линии по оси дороги над отметкой лога у сооружения.

Для этого из двух отметок правого и левого водоразделов по оси дороги выбираем наименьшую и определяем глубину лога:

$$h_l = H_{лев} - H_c, \text{ если } H_{лев} < H_{np}, \quad (6.1)$$

$$h_l = H_{np} - H_c, \text{ если } H_{np} < H_{лев}. \quad (6.2)$$

В общем случае для упрощения работы определяется на продольном профиле дороги отметка низшего водораздела и отметка пикета или плюсовой точки на противоположном склоне лога, несколько превышающая отметку низшего водораздела (рис. 6. 1).

Полученную величину глубины лога у сооружения после расчёта сооружения сравниваем с подпором воды у искусственного сооружения $H_{упв}$, и

если она оказывается меньше ($H_{унв} > h_n$), то мы должны принять меры против вероятного перелива воды. Это может быть увеличение длины малого моста, увеличение числа очков у трубы либо отсыпка дамбы необходимых размеров на низком водоразделе.

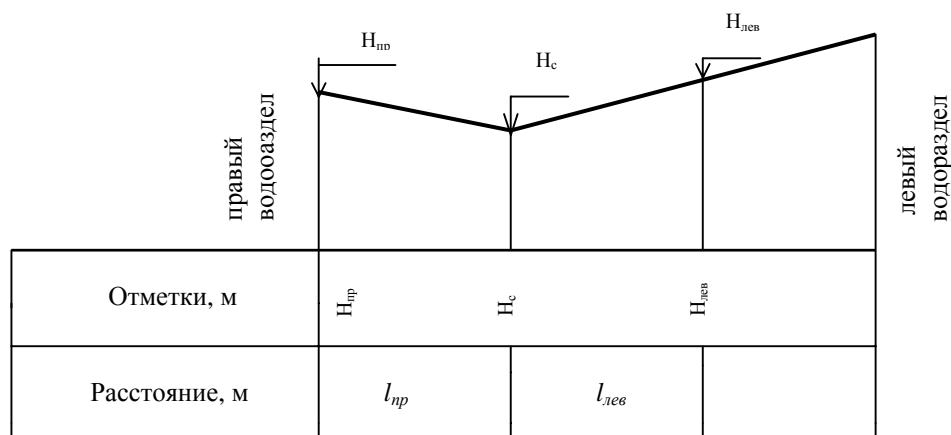


Рис. 6.1. Поперечный профиль лога у сооружения

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАЛОЖЕНИЯ СКЛОНОВ ЛОГА

Форма поперечного сечения лога упрощенно представляется в форме треугольника (см. рис. 6.1). Местоположение правого и левого водоразделов определяется следующим образом: пикетажист становится лицом по направлению течения воды в логе, и водораздел, лежащий слева от него, будет левым, а справа – правым. Эта форма интересует нас лишь при необходимости учета аккумуляции воды перед сооружением.

Заложения откосов определяют натурной съёмкой поперечного сечения лога, которые замеряют на некотором расстоянии выше замыкающего створа или снимают с продольного профиля автомобильной дороги с поправкой на косину сечения – синус угла α между осью дороги и осью искусственного сооружения (рис. 7. 1).

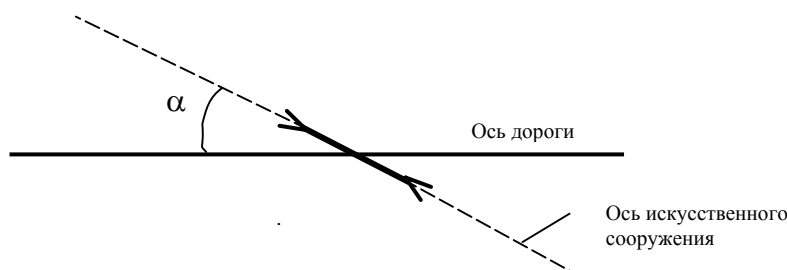


Рис. 7. 1. Схема пересечения лога

Коэффициент заложения правого склона

$$m_{np} = \frac{l_{np}}{H_{np} - H_c} \cdot \sin \alpha . \quad (7.1)$$

Коэффициент заложения левого склона

$$m_{лев} = \frac{l_{лев}}{H_{лев} - H_c} \cdot \sin \alpha . \quad (7.2)$$

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАЛЕСЕННОСТИ, ЗАБОЛОЧЕННОСТИ И ОЗЕРНОСТИ

Если водосборный бассейн частично залесен, заболочен, резко неоднороден по почвам или имеет пруды и озера, то в гидрологических расчетах определяются относительная лесистость, заболоченность и озерность. Их вычисляют как отношение площадей лесов, болот, озер ко всей площади водосборного бассейна.

Площади озер, болот, лесов определяют аналогично площади водосборного бассейна – с помощью палетки, графическим или иным способом. Причем лес и кустарник на болотах в лесные угодья не включаются.

Расчёт ведется по следующим формулам:

$$f_{оз} = \frac{100}{F} \sum_{i=1}^n S_i^{оз} , \quad (8.1)$$

где $f_{оз}$ – коэффициент озерности, %; $S_i^{оз}$ – площадь водной поверхности i -го озера, км; F – площадь водосборного бассейна, км;

$$f_B = \frac{100}{F} \sum_{i=1}^n S_i^B , \quad (8.2)$$

где f_B – коэффициент заболоченности, %; S_i^B – площадь поверхности i -го болота, км;

$$f_n = \frac{100}{F} \sum_{i=1}^n S_i^n , \quad (8.3)$$

где f_n – коэффициент залесенности, %; S_i^n – площадь поверхности, занимаемая i -м лесом, км.

На основании выполненных расчетов составляется ведомость характеристик водосборных бассейнов (табл. 8. 1).

Таблица 8.1. Ведомость характеристик водосборных бассейнов

Характеристика бассейна, единицы измерения	Водопускные сооружения		
	1	2	3
Пикетажное положение.....			
Площадь бассейна, км ²			
Длина главного лога, км.....			
Отметка лога у сооружения, м.....			
Отметка вершины лога, м.....			
Уклон главного лога, доли единиц.....			
Уклон лога у сооружения, доли единиц ...			
Отметка водораздела по оси дороги, м:			
- правого.....			
- левого.....			
Пикетажное положение водораздела по оси дороги:			
- правого.....			
- левого.....			
Косина сооружения, град.....			
Глубина лога у сооружения, м.....			
Коэффициент заложения склонов по оси дороги:			
- правого.....			
- левого.....			
Коэффициент залесенности, %			
Коэффициент заболоченности, %			
Коэффициент озерности, %			

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО РАСХОДА СТОКА С МАЛЫХ ВОДОСБОРОВ

9.1. Расчет расхода ливневого стока

Количество воды, притекающей к сооружению с малого водосбора, поддается теоретическому расчету. Однако при этом неизбежны некоторые допущения. Наиболее трудно учесть ход дождя во времени, ход снеготаяния и впитывания воды в почву.

Ливневые воды притекают к сооружению по почти треугольному гидрографу. Максимальный расход, т.е. наибольшая ордината гидрографа, наблюдается весьма короткое время, однако он является расчетной величиной, подлежащей обязательному определению.

СНиП 2.01.14-83 "Определение расчетных гидрологических характеристик" рекомендует для малых водосборов использовать расчет ливневого стока, пользуясь принципом предельных интенсивностей, но необходимых расчетных формул для определения объема стока не дает.

Способом расчета, основанным на принципе предельных интенсивностей и дающим все необходимые характеристики ливневого стока, используемые в дорожном проектировании, является способ, разработанный в МАДИ и Ташкентском автомобильно-дорожном институте [1, с. 221]. При этом способе расчета рекомендуется использовать характеристики метеорологических факторов стока, установленные Союздорпроектом. Так называемый коэффициент неполноты стока (редукции) также следует принимать по нормам Союздорпроекта.

В основе расчета лежит общая формула ливневого стока:

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \alpha_{\text{расч}} F \varphi, \quad (9.1)$$

где $\alpha_{\text{расч}}$ – расчетная интенсивность ливня, зависящая от вероятности превышения, продолжительности ливня и района строительства дороги, мм/мин; F – площадь водосбора, км²; φ – коэффициент редукции, вычисляемый по формуле

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{10F}}. \quad (9.2)$$

Расчетная интенсивность дождя различной вероятности превышения определяется по формуле

$$\alpha_{\text{расч}} = \alpha_{\text{час}} K_t, \quad (9.3)$$

где $\alpha_{\text{час}}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности, выбираемая из таблицы Союздорпроекта (табл. 9. 1) для ливневого района, номер которого устанавливается по карте (рис. 9. 1), мм/мин; K_t – коэффициент, который осуществляет переход от ливня часовой продолжительности к расчетной интенсивности $\alpha_{\text{расч}}$, выбираемый из таблицы (табл. 9. 2), составленной на основе использования принципа предельных интенсивностей, заключающегося в теоретическом установлении наиболее опасной продолжительности ливня, равной времени добега воды, выпавшей в начале ливня в наиболее удаленной (от сооружения) точке водосбора, до малого моста или трубы, и вероятности превышения паводка, % (табл. 9. 3).

Окончательно формула ливневого стока имеет следующий вид:

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \alpha_{\text{час}} K_t \frac{F}{\sqrt[4]{10F}} . \quad (9.4)$$

Объем ливневого стока определяется по теоретической формуле:

$$W = \frac{60000 \alpha_{\text{час}} F \varphi}{\sqrt{K_t}} . \quad (9.5)$$

Таблица коэффициентов K_t (см. табл. 9. 2) для перехода от ливня часовой продолжительности к расчетной составлена для случая стекания воды по естественным склонам местности. Коэффициент K_t зависит от длины бассейна L и его уклона I .

Таблица 9. 1. Интенсивность ливня $\alpha_{\text{час}}$

Район	Интенсивность ливня часовой продолжительности, мм /мин, при вероятности превышения, %							
	10	5	4	3	2	1	0,3	0,1
1-й	0,22	0,27	0,29	0,32	0,34	0,40	0,49	0,57
2-й	0,29	0,36	0,29	0,42	0,45	0,50	0,61	0,75
3-й	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,70	0,95	1,15
4-й	0,45	0,59	0,64	0,69	0,74	0,90	1,14	1,32
5-й	0,46	0,62	0,69	0,75	0,82	0,97	1,26	1,48
6-й	0,49	0,65	0,73	0,81	0,89	1,01	1,46	1,79
7-й	0,54	0,74	0,82	0,89	0,97	1,15	1,50	1,77
8-й	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,41	1,78	2,07
9-й	0,81	1,02	1,11	1,20	1,28	1,48	1,83	2,14
10-й	0,82	1,11	1,23	1,35	1,46	1,74	2,25	2,65

При расположении проектируемой дороги на границе ливневых районов интенсивность ливня принимается по ее большему табличному значению.

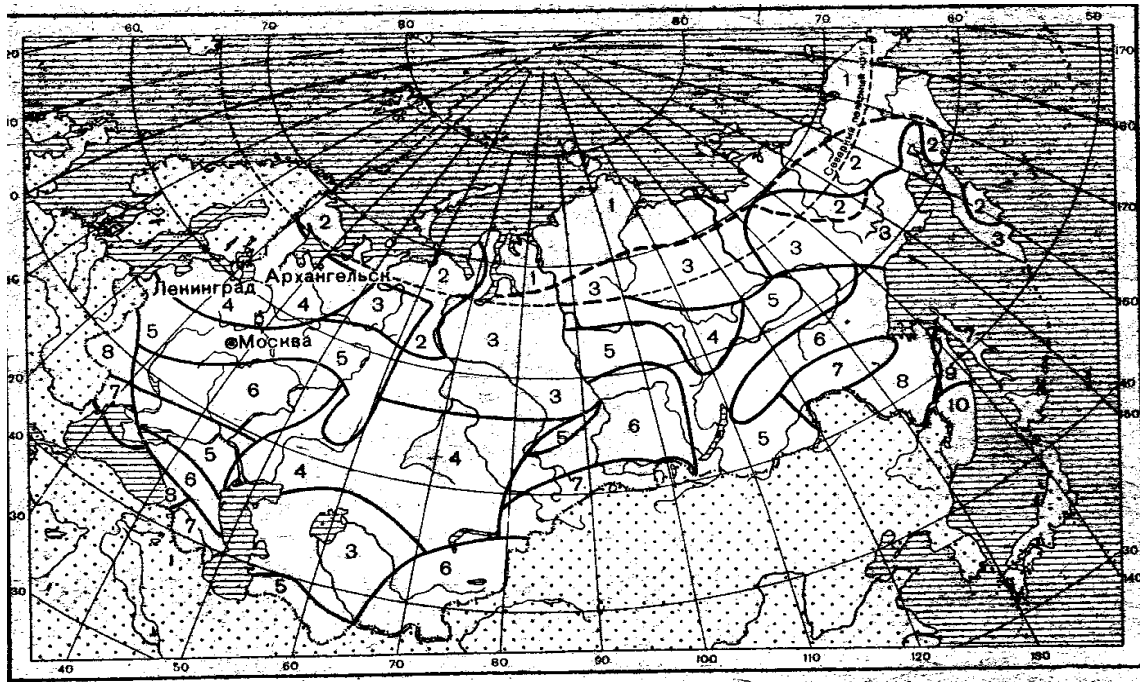


Рис. 9. 1. Карта ливневого районирования

Таблица 9.2. Коэффициент K_i

L , км	Значения K_i при уклоне бассейна i							
	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7
0,15	4,21							
0,30	2,57	3,86			Полный сток 5,24			
0,50	1,84	2,76	3,93					
0,75	1,41	2,08	2,97	4,50	5,05			
1,0	1,16	1,71	2,53	3,74	4,18	4,50	4,90	5,18
1,25	1,00	1,49	2,20	3,24	3,60	3,90	4,23	4,46
1,50	0,88	1,30	1,93	2,82	3,15	3,40	3,70	3,90
1,75	0,80	1,18	1,75	2,58	2,84	3,06	3,33	3,52
2,0	0,73	1,07	1,59	2,35	2,64	2,85	3,09	3,27
2,5	0,63	0,92	1,37	2,02	2,26	2,44	2,65	2,80
3,0	0,56	0,82	1,21	1,79	2,0	2,16	2,34	2,49
3,5	0,50	0,74	1,10	1,62	1,81	1,95	2,12	2,31
4,0	0,46	0,68	1,0	1,48	1,65	1,78	1,94	2,11
4,5	0,42	0,62	0,93	1,37	1,53	1,65	1,78	1,95
5,0	0,40	0,58	0,86	1,27	1,42	1,54	1,67	1,82
6,0	0,35	0,52	0,76	1,13	1,26	1,36	1,48	1,61
6,5	0,33	0,49	0,73	1,07	1,20	1,29	1,40	1,53
7,0	0,32	0,47	0,69	1,02	1,14	1,23	1,33	1,45
8,0	0,29	0,43	0,63	0,93	1,04	1,12	1,22	1,33
9,0	0,27	0,39	0,58	0,86	0,96	1,04	1,13	1,23
10,0	0,25	0,37	0,54	0,80	0,90	0,97	1,05	1,14
11,0	0,23	0,34	0,51	0,75	0,84	0,91	0,98	1,07
12,0	0,22	0,32	0,48	0,71	0,79	0,86	0,93	0,93
13,0	0,21	0,31	0,46	0,67	0,75	0,81	0,88	0,96
14,0	0,20	0,29	0,43	0,64	0,72	0,79	0,84	0,91
15,0	0,19	0,28	0,41	0,61	0,68	0,74	0,80	0,87
20,0	0,16	0,23	0,34	0,50	0,56	0,61	0,66	0,72

Таблица 9.3. Вероятность превышения паводка

Сооружения	ВП, %
Постоянные мосты на дорогах I-III категорий и трубы на дорогах I категории	1
Постоянные мосты на дорогах IV-V категорий и трубы на дорогах II-III категорий	2
Деревянные мосты и трубы на дорогах IV и V категорий	3
Водоотводные сооружения с поверхности дорог и мостов на дорогах I-II категорий	1
Водоотводные сооружения с поверхности дорог и мостов на дорогах III категории	2
Водоотводные сооружения с поверхности дорог и мостов на дорогах IV категории	3
Водоотводные канавы на дорогах I-II категорий	2
Водоотводные канавы на дорогах III категории	3
Водоотводные канавы на дорогах IV- V категорий	4

9.2. Расчет расхода стока талых вод

Расчет стока талых вод с малых водосборов ведется на основании СНиП 2.01.14-83 "Определение расчетных гидрологических характеристик". Расчетный максимальный расход талых вод определяется по [1, формула (15. 8)]:

$$Q_r = \frac{k_0 h_p F}{(F + 1)^n} \delta_1 \delta_2, \quad (9.6)$$

где k_0 – коэффициент дружности половодья; h_p – расчетный слой стока весенних вод той же вероятности превышения, что и расчетный расход; n – показатель, учитывающий климатическую зону; δ_1 – коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов в залесенных бассейнах: $\delta_1 = 1/(A_d + 1)$, где A_d – залесенность водосбора, %; δ_2 – коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов в заболоченных бассейнах $\delta_2 = 1 - 0,7 \lg(0,1A_b + 1)$; A_b – заболоченность водосбора, %.

Слой стока h_p устанавливается на основе натуральных наблюдений. В связи с тем что натурные наблюдения за стоком талых вод с малых водосборов практически не производились, можно воспользоваться картой (рис. 9. 2), где приведены значения лишь средних слоев стока. Переход к слоям стока расчетной вероятности превышения осуществляют путем введения множителя K_p (рис. 9. 3), выбранного для соответствующего коэффициента вариации C_v , определяемого по карте (рис. 9. 4) для заданного района проектирования.

Коэффициент асимметрии C_s для равнинных водосборов принимается равным $C_s = 2C_v$. Для пересеченной и горной местности, где в формировании максимального стока участвуют дождевые осадки, принимается $C_s = 3C_v$. Горной местностью ориентировочно можно считать такую местность, на которой перепад высот на 500 м по трассе дороги превышает 50 м. Окончательно h_p определяется по формуле

$$h_p = K_p h', \quad (9.7)$$

где h' – средний многолетний слой стока талых вод, определяемый по карте (рис. 9. 2).

Коэффициенты дружности половодья (паводка талых вод) k_0 принимают: в зонах тундры и леса 0,01, для Западной Сибири 0,013, в зонах лесостепи и степи 0,02-0,03, в зоне полупустынь 0,06.

Показатель степени n в формуле максимального расхода в большинстве случаев принимается равным 0,25. Для тундры и лесной зоны европейской территории Российской Федерации и Восточной Сибири он снижается до 0,17.

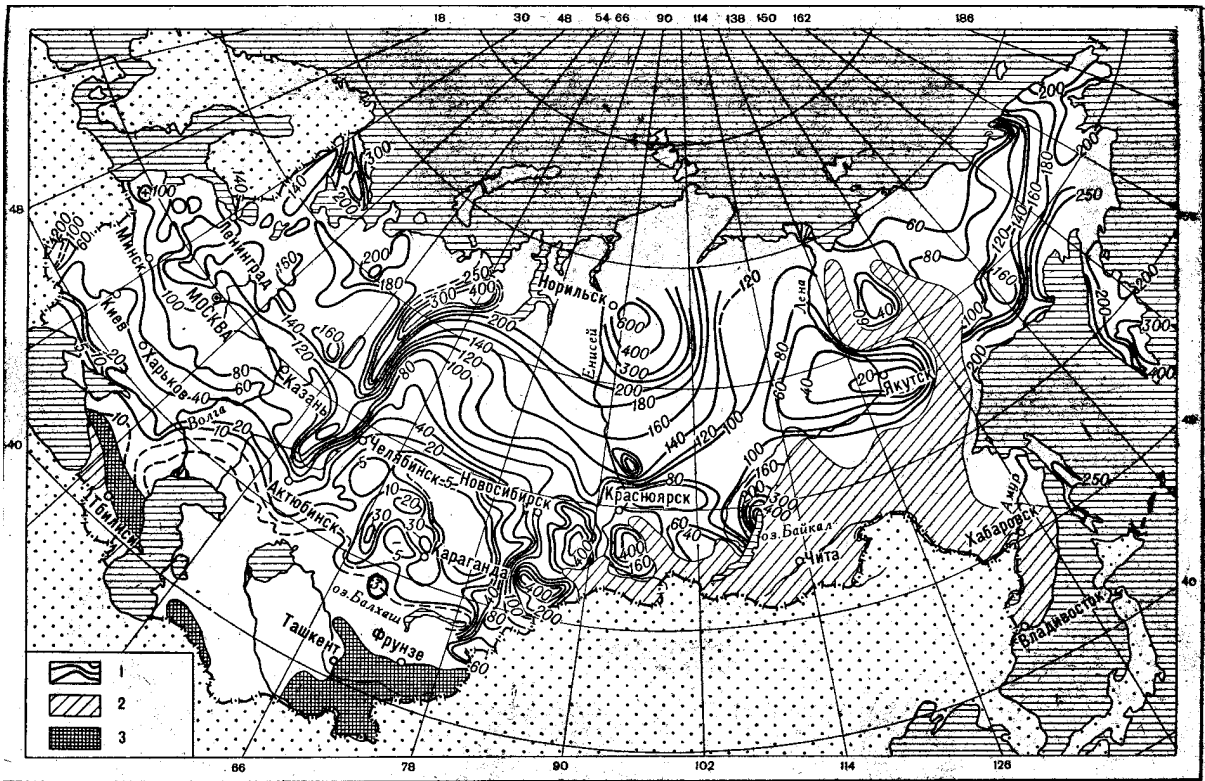


Рис. 9. 2. Карта среднего многолетнего слоя стока талых вод:

1 – районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодья, за исключением малых водосборов, и изолинии среднего слоя стока половодья, мм; 2 – районы, в которых расчетными являются максимальные расходы дождевых паводков; 3 – горные районы, в которых весеннее половодье не выделяется

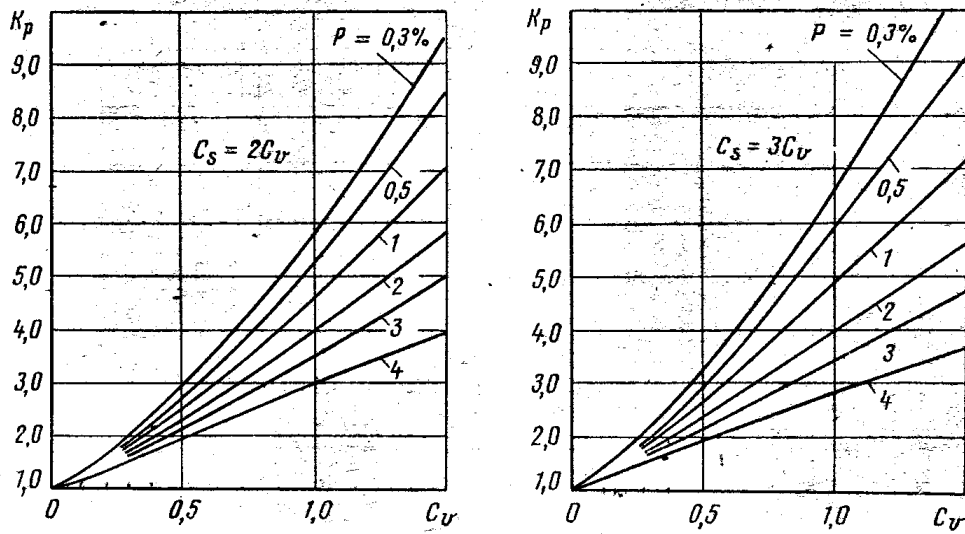


Рис. 9. 3. Модульные коэффициенты при гамма-параметрическом законе распределения

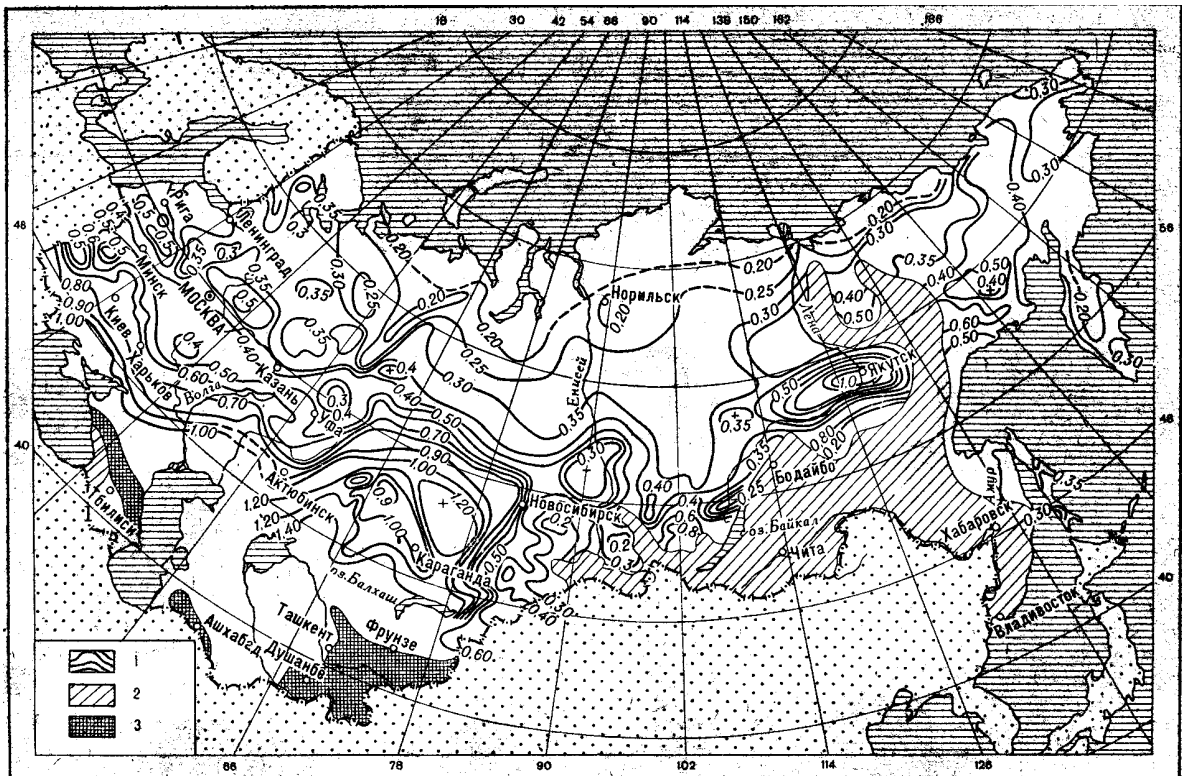


Рис. 9. 4. Карта коэффициентов вариации слоя стока половодий:
 1 – районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодий;
 2 – районы, в которых расчетными являются максимальные расходы дождевых паводков; 3 – горные районы, в которых весеннее половодье не выделяется

9.3. Определение расчетного расхода стока

Для выполнения расчета малых дорожных водопропускных сооружений из двух расчетных расходов, ливневого стока и стока талых вод, для каждого водосборного бассейна выбираем наибольший и принимаем его в качестве расчетного.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Проектирование* автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника /Под ред. Г. А. Федотова. М.: Транспорт, 1989. 437 с.
2. *Проектирование* автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника /Под ред. О. В. Андреева. М.: Транспорт, 1977. 558 с.
3. *Большаков В. А., Курганович А. А.* Гидрологические и гидравлические расчеты. Киев: Вища школа, 1983. 280 с.
4. *Красильщиков И.М., Елизаров А. В.* Проектирование автомобильных дорог: Учеб. пособие для техникумов. М.: Транспорт, 1986. 215 с.
5. *ГОСТ 19179-73.* Гидрология суши. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1973. 34 с.
6. *Чеботарев А.И.* Гидрологический справочник. М.: Гидрометиздат, 1978. 307 с.
7. *Пособие* по гидравлическим расчетам малых водопропускных сооружений /Под ред. Г. Я. Волченкова. М.: Транспорт, 1992. 406 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Вода, которая образуется на поверхности земли в результате ливня или снеготаяния, собирается и стекает с определенной территории, называемой бассейном, к пониженным местам рельефа в виде постоянных или временных водотоков. К таким водотокам относятся ручьи, малые реки с площадью водосборного бассейна менее 100 км², а также овраги и суходолы, по которым стекает вода. Трасса автомобильной дороги пересекает эти пониженные места рельефа местности, при этом земляное полотно автомобильной дороги, сооружаемое на пересечении водотока, нарушает его естественный режим работы. Для пропуска воды через земляное полотно проектируют искусственные сооружения.

В общем случае выбор типа и отверстия малого водопропускного сооружения зависит от расхода воды, который может пропустить каждое сооружение. Определению максимального расчетного расхода стока, а также определению характеристик водосборного бассейна посвящена эта работа.

Ниже приведен состав раздела дипломного проекта “Проектирование малых водопропускных сооружений”, включающий в себя определения расчетного расхода стока, характеристик водосборного бассейна и пример расчета.

Пример расчета включает:

1. Определение характеристик водосборного бассейна
 - 1.1 Определение площади водосборного бассейна.
 - 1.2 Определение уклона главного лога.
 - 1.3 Определение уклона лога у сооружения.
 - 1.4 Определение коэффициента заложения склонов лога у сооружения.
 - 1.5 Определение глубины лога.
 - 1.6 Определение коэффициентов залесенности, заболоченности и озерности.
2. Определение расчетного расхода стока для сооружения.
 - 2.1 Расчет ливневого стока.
 - 2.2 Расчет стока талых вод.
 - 2.2 Определение расчетного расхода стока.

При оформлении примера расчета последовательность действий и нумерация формул, чертежей и таблиц соответствует составу раздела дипломного проекта, но отсутствует ссылка на источник, в котором изложена данная методика.

ПРИМЕР РАСЧЕТА

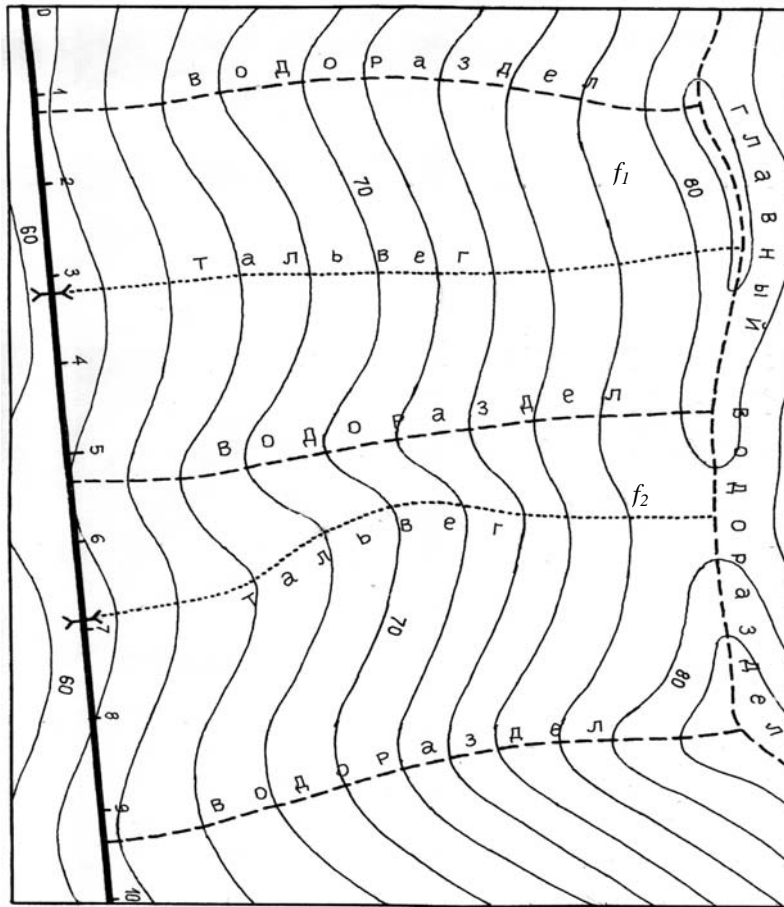


Рис. 1. Сводный план водосборных бассейнов на участке автомобильной дороги длиной 1,0 км (сечение горизонталей через 2,0 м)

В соответствии с заданием на проектирование участка автомобильной дороги, дано:

1. Район проектирования – Хабаровский край, город Николаевск-на-Амуре.
2. Категория дороги – III.
3. Растительность – густой лес с кустарником и травой.

Расчеты выполняем для водопропускного сооружения, расположенного на ПК 6+85,00. Для определения характеристик водосборного бассейна на карте (рис. 1), с нанесенной осью дороги намечаем границы водосборного бассейна для водопропускного сооружения и определяем: площадь водосборного бассейна, длину главного лога, уклон главного лога, уклон лога у сооружения, глубину лога у сооружения, коэффициенты озерности, заболоченности и залесенности.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА

1.1. Определение площади водосборного бассейна

На рис. 2 выделена площадь водосборного бассейна на ПК 06+85,00.

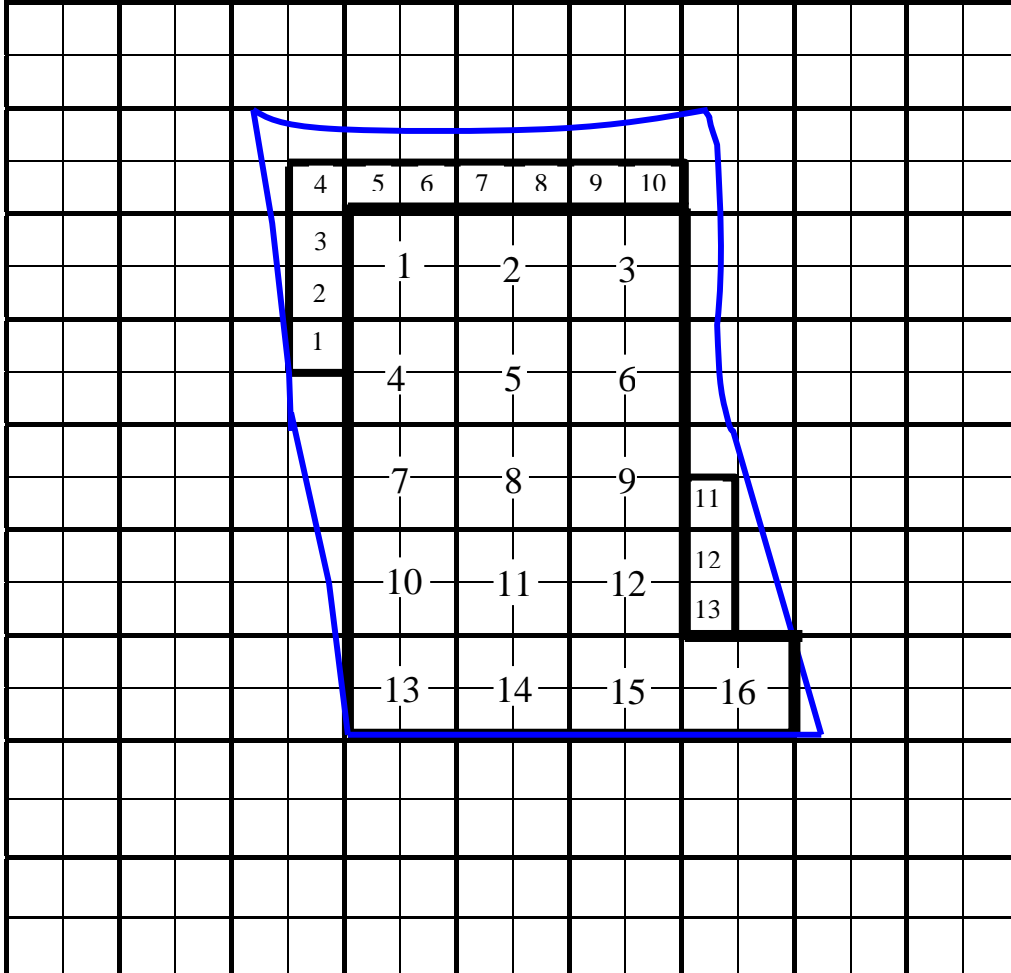


Рис. 2. Определение площади водосборного бассейна на ПК 06+85,00

Вычисление площади водосборного бассейна выполняем по формуле (3.1) с использованием кальки и миллиметровки:

$$F = N_1 \cdot q_1 + N_2 \cdot q_2 + \frac{1}{2} N_3 \cdot q_2 = 16 \cdot 0,01 + 13 \cdot 0,0025 + \frac{28}{2} \cdot 0,025 = 0,23, \text{ км}^2, \quad (1.1)$$

где q_1 – площадь (в масштабе карты) 1 см^2 , равная $0,01 \text{ км}^2$; q_2 – площадь (в масштабе карты) $0,25 \text{ см}^2$, равная $0,0025 \text{ км}^2$; N_1, N_2, N_3 – количество квадратов каждого размера, соответственно равных 16, 13, 28.

1.2. Определение длины и среднего уклона главного лога

Разбиваем тальвег на несколько относительно прямых участков: на плане (рис. 3), на профиле (рис. 4), размещая точки на горизонталях.

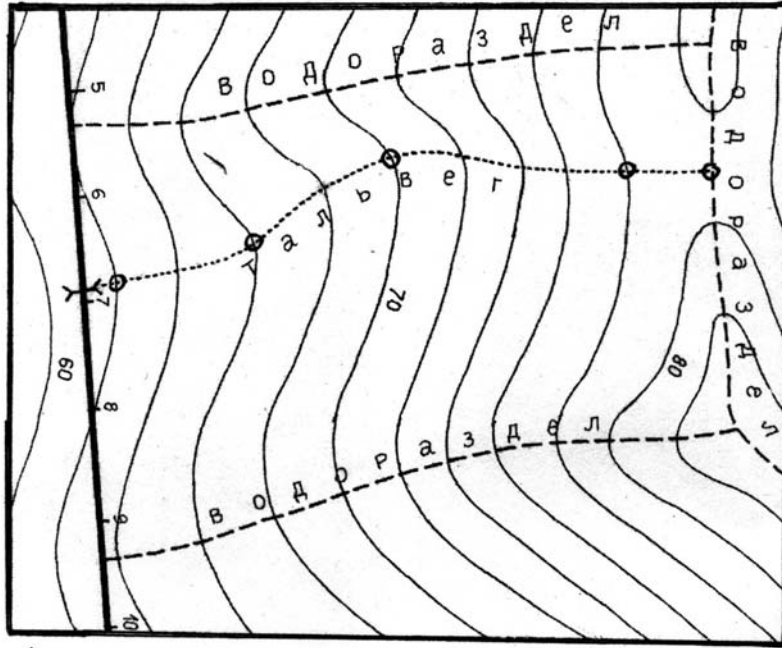


Рис. 3. Карта водосборного бассейна (сечение горизонталей через 2,0 м)

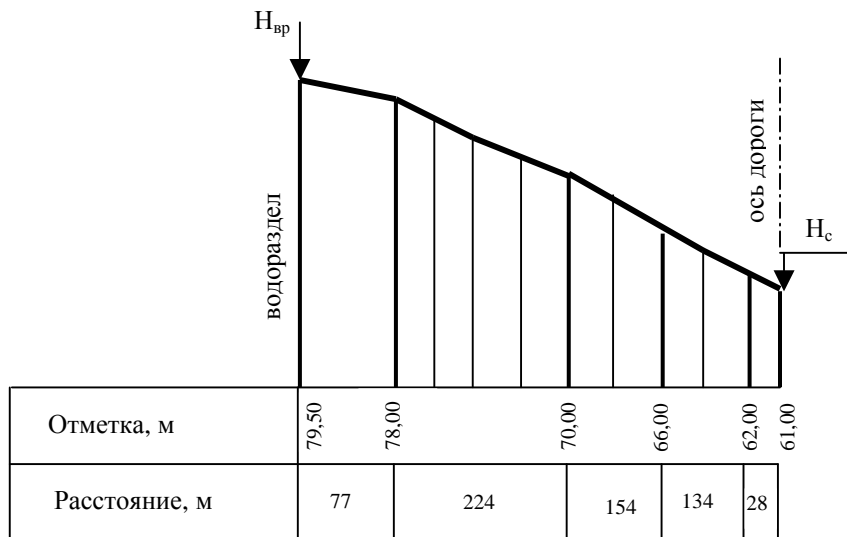


Рис. 4. Развернутый продольный профиль главного лога

Длину главного лога определяем по формуле (4.1):

$$L = \sum_{j=1}^n l_j = 77,00 + 224,00 + 154,00 + 134,00 + 28,00 = 617,00 \text{ м}, \quad (1.2)$$

где l_j – длины i -го участка тальвега, соответственно равные 77,00 м, 224,00 м, 154,00 м, 134,00 м, 28,00 м, а отметки, м: начала 1-го участка – 61,00, конца 1-го участка – 62,00, начала 2-го участка – 62,00, конца 2-го участка – 66,00, начала 3-го участка – 66,00, конца 3-го участка – 70,00, начала 4-го участка – 70,00, конца 4-го участка – 78,00, начала 5-го участка – 78,00, конца 5-го участка – 79,50. Средний уклон главного лога определяем по формуле (4.2):

$$i_l = \frac{H_{ep} - H_c}{L} = \frac{79,50 - 60,63}{617,00} = 0,030, \quad (1.3)$$

где H_{ep} – отметка верхней точки тальвега, равная 79,50 м; H_c – отметка лога у сооружения, равная 60,63 м; L – длина главного лога, равная 617,00 м.

1.3. Определение заложения склонов лога

На рис. 5 представлен поперечный профиль лога у сооружения, расположенного на ПК 6+85,00, с исходными данными для расчета. Согласно схеме пересечения лога (рис. б) угол между осью дороги и осью сооружения равен 90 градусов.

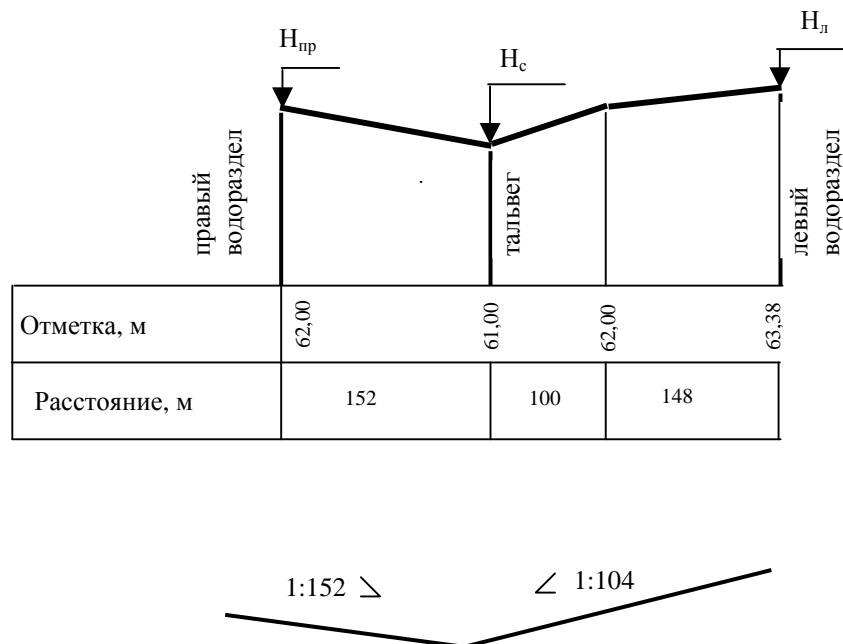


Рис. 5. Поперечный профиль лога у сооружения

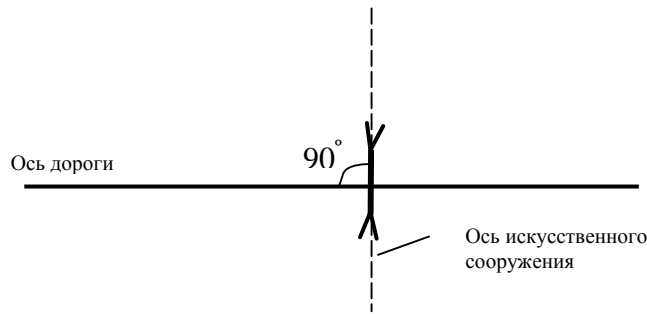


Рис. 6. Схема пересечения лога

Заложение правого склона определяем по формуле (7.1).

$$m_{np} = \frac{l_{np}}{H_{np} - H_c} \cdot \sin \alpha = \frac{153,00}{63,00 - 62,00} \cdot \sin 90 = 153 \quad (1.4)$$

Заложение левого склона определяем по формуле (7.2).

$$m_l = \frac{l_l}{H_l - H_c} \cdot \sin \alpha = \frac{100,00}{64,00 - 62,00} \cdot 1 = 50, \quad (1.5)$$

где H_{np} – отметка правого водораздела, 63,00 м; H_l – отметка левого водораздела, 64,00 м; H_c – отметка лога у сооружения, 62,00 м; l_{np} – длина правого водораздела, 153,00 м; l_l – длина левого водораздела, 100,00 м; α – угол между осью дороги и осью искусственного сооружения, 90 град.

1.4. Определение уклона лога у сооружения

Согласно рис. 1.7 определяем местоположение и отметки точек, лежащих выше и ниже сооружения. Уклон лога у сооружения определяется по формуле (5.1):

$$i_c = \frac{H_6 - H_n}{l_6 + l_n} = \frac{62,00 - 60,00}{32,00 + 32,00} = 0,031, \quad (1.6)$$

где H_6, H_n – отметки точек на горизонталях выше и ниже сооружения, м, соответственно равные 62,00, 60,00; l_6, l_n – расстояния по тальвегу от

сооружения до верхней и нижней точек, м, соответственно равные 32,00 и 32,00.

1.5. Определение глубины лога перед искусственным сооружением

Из двух отметок правого и левого водоразделов по оси дороги выбираем наименьшую и определяем глубину лога по формулам (6.1) или (6.2). Так как отметка левого водораздела больше отметки правого водораздела: $H_{лев} > H_{пр}$ ($63,38 > 62,00$), для определения глубины лога воспользуемся формулой (6.2):

$$h_l = H_{пр} - H_c = 62,00 - 61,00 = 1,00 \text{ м}, \quad (1.7)$$

где $H_{пр}$ – отметка правого водораздела, м, равная 62,00; H_c – отметка лога у сооружения, м, равная 61,00.

Полученную величину глубины лога у сооружения после расчёта искусственного сооружения сравниваем с подпором воды перед искусственным сооружением $H_{унв}$, и если она оказывается меньше ($H_{унв} > h_l$), то мы должны будем принять меры против вероятного перелива воды.

1.6. Определение коэффициентов залесенности, заболоченности и озерности

Коэффициент озерности рассчитывается по формуле (8.1):

$$f_{оз} = \frac{100}{F} \sum_{i=1}^n S_i^{оз} = \frac{100}{0,23} \sum_{i=1}^n 0 = 0 \%, \quad (1.8)$$

где $f_{оз}$ – коэффициент озерности, %; $S_i^{оз}$ – площадь водной поверхности i -го озера, 0 км; F – площадь водосборного бассейна, 0,23 км.

Коэффициент заболоченности определяем по формуле (8.2):

$$f_B = \frac{100}{F} \sum_{i=1}^n S_i^B = \frac{100}{0,23} \sum_{i=1}^n 0 = 0 \%, \quad (1.9)$$

где f_B – коэффициент заболоченности, %; S_i^B – площадь поверхности i -го болота, 0 км.

Коэффициент залесенности определяем по формуле (8.3) методических указаний:

$$f_n = \frac{100}{F} \sum_{i=1}^n S_i^n = \frac{100}{0,23} \sum_{i=1}^n 100 = 100\%, \quad (1.10)$$

где f_n – коэффициент залесенности, %; S_i^n – площадь поверхности, занимаемая

i-м лесом, 100 км.

Показатели расчетов заносим в табл. 1.1. Ведомость характеристик водосборных бассейнов.

Таблица 1.1. Ведомость характеристик водосборных бассейнов

Характеристика, единицы измерения	Водопускные сооружения		
	1	2	3
Пикетажное положение.....	6 + 85,00		
Площадь бассейна, км ²	0,23		
Длина главного лога, км.....	0,617		
Отметка лога у сооружения, м.....	61,00		
Отметка вершины лога, м.....	79,50		
Уклон главного лога, доли единиц.....	0,030		
Уклон лога у сооружения, доли единиц ...	0,031		
Отметка водораздела по оси дороги, м:			
- правого.....	62,00		
- левого.....	63,38		
Пикетажное положение водораздела по оси дороги:			
- правого.....	0 + 532,00		
- левого.....	0 + 936,00		
Косина сооружения, град.....	90		
Глубина лога у сооружения, м.....	1,00		
Коэффициент заложения склонов по оси дороги:			
- правого.....	152		
- левого.....	104		
Коэффициент залесенности, %	100		
Коэффициент заболоченности, %	0		
Коэффициент озерности, %	0		

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО РАСХОДА СТОКА

2.1. Расчет расхода ливневого стока

Максимальный расход ливневых вод Q_l определяем по формуле (9.4) методических указаний:

$$Q_l = 16,7 \cdot \alpha_{\text{час}} \cdot K_t \cdot \frac{F}{\sqrt[4]{10 \cdot F}} = 16,7 \cdot 1,24 \cdot 3,88 \cdot \frac{0,23}{\sqrt[4]{10 \cdot 0,23}} = 5,76 \text{ мм/мин}, \quad (1.11)$$

где $\alpha_{\text{час}}$ – интенсивность ливня часовой продолжительностью, выбираемая из табл. 9.1, равная 1,24 мм/мин для 8-го ливневого района (Хабаровский край, г. Николаевск-на-Амуре), номер которого устанавливают по карте (см. рис. 9.1), при вероятности превышения для труб на дорогах III технической категории 2 % (табл. 9.3); K_t – коэффициент, который осуществляет переход от ливня часовой продолжительности к расчетной интенсивности $\alpha_{\text{расч}}$, выбираемый из (табл. 9.2), зависящий от длины главного лога, равной 0,617 км, и уклона главного лога, равного 0,03, взятого из (табл.9. 2). Поскольку цифровые значения длины лога и уклона главного лога не совпадают с табличными, производим интерполяцию сначала в столбце (между 0,50 и 0,75), а затем в строке (между 0,01 и 0,1) табл. 9.2. В конечном результате K_t равняется 3,88; F – площадь водосборного бассейна, 0,23 км. Результаты расчета ливневого стока сводим в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Ведомость расчета ливневого стока

Местоположение ПК+..., м	Площадь бассейна, км ²	Часовая интенсивность дождя, мм/мин	Коэффициент K_t	Расход ливневого стока, м ³ /с
6+88,00	0,23	1,24	3,88	5,76

2.2. Расчет расхода стока талых вод

Расход стока талых вод вычисляем по формуле (9. 6):

$$Q_T = \frac{k_0 h_p F}{(F + 1)^n} \delta_1 \delta_2 = \frac{0,01 \cdot 450 \cdot 0,23}{(0,32 + 1)^{0,17}} \cdot 0,0099 \cdot 1 = 0,46 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1.12)$$

где k_0 – коэффициент дружности половодья в районе проектирования автомобильной дороги (Хабаровский край, г. Николаевск-на-Амуре) принимаем равным 0,01; h_p – расчетный слой стока весенних вод той же вероятности превышения, что и расчетный расход; n – показатель, учитывающий

климатическую зону для Восточной Сибири и Дальнего Востока, равный 0,17; δ_1 – коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов в залесенных бассейнах:

$$\delta_1 = 1/(A_r + 1) = 1/(100 + 1) = 0,0099, \quad (1.13)$$

где A_r – залесенность водосбора, 100 %; δ_2 – коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов в заболоченных бассейнах:

$$\delta_2 = 1 - 0,7 \lg(0,1A_b + 1) = 1 - 0,7 \cdot \lg(0,1 \cdot 0 + 1) = 1,00, \quad (1.14)$$

где A_b – заболоченность водосбора, 0 %.

Слой стока h_p устанавливается на основе натуральных наблюдений. В связи с тем что натурные наблюдения за стоком талых вод с малых водосборов практически не производились, можно воспользоваться картой (см. рис. 9.2), где приведены значения лишь средних слоев стока. Переход к слоям стока расчетной вероятности превышения осуществляют путем введения множителя K_p , выбранного для соответствующего коэффициента вариации C_v , определяемого по карте (см. рис. 9.4) и равного 0,35. Коэффициент асимметрии C_s для равнинных водосборов принимается равным $2C_v$. Вероятность превышения для III технической категории для труб равна 2 % (см. табл. 9.3). Окончательно K_p определяется по рис. 9.3 ($C_v = 0,35$, расчетная вероятность превышения 2 %), он равен 1,80. Слой стока талых вод h_p определяется по формуле (9.7):

$$h_p = K_p h' = 1,80 \cdot 250 = 450 \text{ мм}, \quad (1.15)$$

где h' – средний многолетний слой стока талых вод, определяемый по карте (см. рис. 9.2), для Хабаровского края, г. Николаевск-на-Амуре, равен 250 мм. Результаты расчета стока талых вод заносим в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Ведомость расчета стока талых вод

Местоположение ПК +..., м	Площадь бассейна, км ²	Расчетный слой стока талых вод h_p , мм	Коэффициенты				Расход стока талых вод, мм
			C_v	K_p	δ_1	δ_2	
6+88,00	0,23	450	0,35	1,80	0,0099	1,00	0,46

2.3. Определение расчетного расхода стока

Из двух расходов, ливневого стока и стока талых вод, выбираем наибольший и принимаем его в качестве расчетного расхода, для выполнения расчета малых мостов и труб.

Таблица 2.3. Ведомость расчетного расхода стока

Местоположение ПК+..., м	Площадь бассейна, км ²	Расход ливневого стока, м ³ /с	Расход стока талых вод, м ³ /с	Расчетный расход стока, м ³ /с
6+88,00	0,23	5,76	0,46	5,76

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	3
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТМЕТОК ТОЧЕК НА ПЛАНЕ В ГОРИЗОНТАЛЯХ.....	7
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ БАСЕЙНА.....	8
3.1. Определение площади водосборного бассейна с помощью кальки и миллиметровки.....	8
3.2. Способ палетки.....	9
3.3. Планиметрирование.....	9
3.4. Графический способ.....	9
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ И СРЕДНЕГО УКЛОНА ГЛАВНОГО ЛОГА.....	10
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УКЛОНА ЛОГА У СООРУЖЕНИЯ.....	11
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ЛОГА ПЕРЕД ИСКУССТВЕННЫМ СООРУЖЕНИЕМ.....	12
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАЛОЖЕНИЯ СКЛОНОВ ЛОГА.....	13
8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗАЛЕСЕННОСТИ, ЗАБОЛОЧЕННОСТИ И ОЗЕРНОСТИ.....	14
9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО РАСХОДА СТОКА С МАЛЫХ ВОДОСБОРОВ.....	16
9.1. Расчет расхода ливневого стока.....	16
9.2. Расчет расхода стока талых вод.....	19
9.3. Определение расчетного расхода стока.....	22
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	24
ПРИМЕР РАСЧЕТА.....	25

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА И РАСЧЕТНОГО РАСХОДА СТОКА

Методические указания к практическим занятиям и дипломному проектированию малых дорожных водопропускных сооружений для студентов специальности 291000 "Автомобильные дороги и аэродромы" заочной и очной форм обучения

*Горбачев Владимир Петрович
Кормилицына Людмила Владимировна*

Главный редактор *Л. А. Суевалова*
Редактор *Т. Ф. Шейкина*
Компьютерная верстка *Н. А. Молевой*
Л. В. Кормилицыной

Подписано в печать 29.05.03. Формат 60х 84 1/16.
Бумага писчая. Гарнитура "Таймс". Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,0.
Тираж 300 экз. Заказ .

Издательство Хабаровского государственного технического университета.
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.

Отдел оперативной полиграфии издательства
Хабаровского государственного технического университета.
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.