



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: **Сравнение результатов расчета
максимальных расходов воды по разным
нормативным документам при
проектировании железных дорог**

Исполнитель: Сажина Дарья Александровна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель: кандидат физ.-мат.наук
(ученая степень, ученое звание)

Самоцкая Надежда Александровна
(фамилия, имя, отчество)

«Защита допущена»
Заведующий кафедрой


(подпись)

кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

2018г.

Санкт-Петербург
2018



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Сравнение результатов расчета
максимальных расходов воды по разным
нормативным документам при
проектировании железных дорог**

Исполнитель _____ Сажина Дарья Александровна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ кандидат физ.-мат.наук
(ученая степень, ученое звание)

_____ Саноцкая Надежда Александровна
(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой**

_____ (подпись)
_____ кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

_____ Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

« ____ » _____ 2018г.

Санкт–Петербург
2018

Оглавление

Введение	3
1 Существующая нормативная и методическая база	6
1.1 СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик	6
1.2 Указания по расчету дождевых расходов	27
1.3 Указания по определению расчетных гидрологических характеристик СН-435-72	29
1.4 Методика расчета максимальных расходов речных вод в таёжной зоне Западной Сибири	30
2 Основные методы расчета максимальных расходов воды	32
2.1 Метод водного баланса	32
2.2 Метод гидрологической аналогии	33
2.3 Метод осреднения в однородном районе	34
3 Результат сравнения различных методов на примере проектирования высокоскоростной железнодорожной магистрали Екатеринбург – Челябинск	
3.1 Физико-географическое описание исследуемого района	35
3.2 Расчеты максимального стока	40
Заключение	50
Список литературы	52

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активно развивается железнодорожное движение в стране в соответствии с Программой скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в РФ до 2030 года. Первый этап содержит строительство Уральской высокоскоростной магистрали

Проектирование трассы железной дороги начинают по картам и обследованию на местности начинают с выбора места перехода через водотоки. По условиям увязки с общим направлением трассы место перехода должно назначаться возможно ближе к воздушной линии с тем, чтобы обеспечить кратчайшую длину трассы.

При проектировании трассы лимитирующим условием является максимальный сток водотоков в месте пересечения. Поэтому существует множество нормативных и методических документов, регламентирующих расчеты максимального стока половодий и паводков, например [1-9].

В партнёрстве «Уральская скоростная магистраль» на сегодняшний день состоят правительства Свердловской и Челябинской областей, промышленные группы и частные инвесторы. Стратегическим партнёром проекта выступает ОАО «РЖД». К проекту также подключились китайская компания China Railway Group Limited и Петербургский государственный университет путей сообщения. [10]

Расчет максимальных расходов воды при отсутствии данных гидрометрических наблюдений является сложной и важной задачей. В настоящее время существует множество формул и методов расчета. При проектировании автомобильных и железных дорог необходимо рассчитывать максимальные расходы воды для назначения размеров водопропускных сооружений.

Основным нормативным документом в России является СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» [1]. Однако данный документ накладывает ограничения на выбор рек-аналогов, а

также не распространяется на устьевые области рек, находящиеся в зоне влияния морских приливов, и на селеопасные реки.

В 1973 г. опубликованы ГПИ Союздорпроектом «Указания по расчету дождевых расходов», действующие на данный момент.

В выпускной квалификационной работе представлены результаты расчета максимальных расходов воды по разным нормативным и методическим документам для трех водотоков, пересекаемых проектируемой трассой Уральской скоростной магистрали «Екатеринбург – Челябинск».

Таким образом, вопросы расчета максимальных расходов воды при проектировании железной дороги являются актуальными с научно-технической и прикладной точек зрения.

Целью выпускной квалификационной работы является сравнение вычисленных максимальных расходов воды по разным нормативным и методическим документам.

Для достижения цели исследований были поставлены следующие частные задачи:

- a. Анализ существующих нормативных и методических документов по расчету максимального расхода воды.
- b. Сбор исходных материалов по исследуемой проектируемой трассе Уральская скоростная магистраль «Екатеринбург – Челябинск».
- c. Расчеты максимальных расходов воды паводий и дождевых паводков и сравнение полученных результатов.
- d. Выработка предложений по практическому использованию полученных результатов.

Во введении обоснована актуальность проводимых исследований, сформулированы цель и задачи.

В первом разделе приводятся общие сведения по существующей нормативной базе и методическим материалам по расчету максимальных расходов.

Во втором разделе приводятся основные методы расчета максимальных расходов воды.

В третьем разделе приводятся расчеты максимальных расходов воды и результаты сравнения полученных расходов.

В заключении сформулированы основные результаты работы, полученные в рамках выпускной квалификационной работы, показана их практическая значимость.

1 СУЩЕСТВУЮЩАЯ НОРМАТИВНАЯ И МЕТОДИЧЕСКАЯ БАЗА

1.1 СП 33-101-2003. Определение основных гидрологических характеристик.

Свод Правил 33-101-2003 устанавливает общие положения и требования к организации и порядку проведения инженерных гидрологических расчетов по определению гидрологических характеристик для обоснования проектирования новых, расширения, реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий, зданий и сооружений для всех видов строительства и инженерной защиты территорий. Положения свода правил не распространяются на определение расчетных гидрологических характеристик при изысканиях и проектировании объектов, расположенных на участках рек, находящихся в зоне влияния морских приливов, а также на селеопасных реках.

1.1.1 Определение расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.

При отсутствии данных гидрометрических наблюдений в расчетном створе применяют региональные методы расчета гидрологических характеристик, основанные на результатах обобщения данных гидрометеорологических наблюдений в районе проектирования. Оценку точности определения расчетных гидрологических характеристик осуществляют в соответствии с основными гидрологическими характеристиками: расход воды Q , м³/с; объем стока воды W , м³; модуль стока воды q , м³/с·км²; слой стока воды h , мм; уровень воды H , см.

При отсутствии гидрометрических наблюдений в расчетном створе параметры распределения и расчетные значения определяют с помощью следующих основных методов:

- водного баланса;
- гидрологической аналогии;
- осреднения в однородном районе;
- построения карт изолиний;
- построения региональных зависимостей стоковых характеристик от основных физико-географических факторов водосборов;
- построения зависимостей между погодичными стоковыми характеристиками и стокоформирующими факторами.

Общие указания по выбору рек-аналогов. Гидрологические расчеты для проектируемого сооружения при наличии действующих сооружений на реках должны учитывать возможность их влияния и при необходимости предусматривать согласованные решения по совместной работе вновь проектируемых и существующих сооружений с учетом возможности реконструкции существующих сооружений. Для каждой гидрологической характеристики должны учитываться дополнительные условия, которые присутствуют в данном разделе. Одно из основных требований является наличие достаточно продолжительного ряда на реке-аналоге, который при недостаточности наблюдений приводят к многолетнему периоду.

При статистической однородности параметров распределения в гидрологическом районе расчетное значение параметров в исследуемом створе следует определять как среднеарифметическое значение для рек-аналогов, имеющих наиболее продолжительные ряды наблюдений, или по приведенным к многолетнему периоду данным. Однородность параметров распределения устанавливают по статистическим критериям однородности.

При статистической неоднородности значения гидрологических характеристик следует определять по районным картам, которые строят на основе использования всей имеющейся к моменту проектирования гидрологической информации. Районные карты строят для погодичных гидрологических характеристик (за исключением максимального стока),

параметров распределения, расчетных гидрологических характеристик, различных параметров и коэффициентов региональных зависимостей и других уравнений с общей для территории структурой. Наведение изолиний следует осуществлять с учетом случайных погрешностей исходных данных и случайных погрешностей, обусловленных ограниченностью принятых в расчет выборок. Построение карт изолиний рассматриваемой гидрологической характеристики или параметра осуществляют методами линейной оптимальной интерполяции, основанной на пространственной корреляционной функции, и другими. Использование пространственной корреляционной функции включает оценку ее однородности. В случае определяющего влияния других региональных факторов (например, высоты водосборов в горных районах) интерполяцию осуществляют с учетом этих факторов.

В [1, с. 47] сказано: «Основными гидрографическими и физико-географическими факторами для построения региональных зависимостей являются следующие:

- а) площадь водосбора F , км²;
- б) средневзвешенный уклон водотока I , ‰, представляющий собой условный выровненный уклон ломаного профиля, эквивалентный сумме частных средних уклонов профиля водотока, вычисляемый по формуле,
- в) гидрографическая длина водотока L , км;

$$lg \bar{I} = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{l_i}{L} \right) \cdot lg I_i \right] \quad (1)$$

где: I_i – частный средний уклон отдельных участков продольного профиля водотока, ‰;

l_i – длина частных участков продольного профиля между точками перегиба, км;

L – гидрографическая длина водотока до пункта наблюдений, км.

Средневзвешенный уклон определяют только для незарегулированных водотоков, для участков рек, расположенных в нижних бьефах водохранилищ;

г) средняя высота водосбора \bar{H} в м, над уровнем моря; определяют по гипсографической кривой водосбора или по формуле

$$\bar{H}_B = \frac{[\sum_{i=1}^n (H_{г,i} + H_{в,i+1}) \cdot (\Delta A_i)]}{2 \cdot A} \quad (2)$$

Где: $H_{г,i}$ – высота поверхности горизонтального сечения (горизонтали), м;

ΔA_i – площадь между двумя соседними горизонталями, км² ;

A – общая площадь водосбора, км²;

д) относительная лесистость водосбора $f_{л}$, % общей площади водосбора (лес и кустарники на проходимых болотах в лесные угодья не включают);

е) относительная заболоченность водосбора $f_{б}$, % общей площади водосбора; вычисляют с разделением болот на верховые и низинные;

ё) относительная озерность водосбора $f_{оз}$,%, представляющая собой отношение суммы площадей всех озер, расположенных на водосборе, к общей площади водосбора;

ж) средневзвешенная озерность для непроточных озер $f_{оз} \ddot{y}$, % общей площади водосбора; вычисляют с учетом расположения озер на водосборе по формуле

$$f'_{оз} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i f_i}{A^2} \quad (3)$$

где: S_i – площади озер;

f_i – площади водосборов этих озер;

A – площадь водосбора реки до замыкающего створа;

з) закарстованность водосбора f_k , % общей площади водосбора; определяют отношением закарстованной площади водосбора ко всей его площади;

и) относительная распаханность водосбора f_p , % общей площади водосбора; определяют отношением площади распаханых земель под сельскохозяйственные культуры на водосборе ко всей его площади;

й) характеристика типа почво-грунтов, слагающих поверхность водосбора; определяют по почвенным картам, а также выделяют пять групп почво-грунтов по механическому составу: глинистые, суглинистые, песчаные, супесчаные и каменистые;

к) средняя глубина залегания уровня грунтовых вод (первого водоносного горизонта); определяют по гидрогеологическим картам;

л) характеристики зарегулированности речной системы искусственными водоемами (количество, расположение и регулирующие емкости);

м) характеристика рельефа (равнинный – относительное колебание высот в пределах водосбора менее 200 м, горный – относительное колебание высот на водосборе более 200 м).

Для водотоков малых рек ($F < 200 \text{ км}^2$) дополнительно определяют следующие характеристики:

1) средний уклон склонов водосбора $I_{ск}$, ‰; определяют по картам и планам в горизонталях по формуле

$$I_{ск} = \frac{h \sum_{i=1}^n l_i}{A} \quad (4)$$

где h – высота сечения рельефа, м;

$\sum_{i=1}^n l_i$ – сумма длин измеренных горизонталей в пределах водосбора, км;

2) густоту речной сети водосбора ρ_p , км/км²; определяют как отношение суммарной длины всех водотоков (реки, каналы, канавы) на водосборе к общей площади водосбора

$$\rho_p = \frac{\sum_{i=1}^n l}{A} \quad (5)$$

3) густоту русловой сети водосбора ρ_0 , км/км²; определяют как отношение суммарной длины речных долин, сухих русел, оврагов, балок и логов к общей площади водосбора. Гидрографические характеристики реки и ее водосбора определяют по новейшим топографическим картам, масштабы которых выбирают в зависимости от размера реки и рельефа водосбора по следующим рекомендациям:

- для определения площадей водосборов, длин рек и уклонов – по таблице 1.;
- для определения гидрографических характеристик водоемов – по таблице 2;

4) характер почвогрунтов, степень закарстованности, глубину залегания уровня грунтовых вод определяют по специальным картам (почвенно-грунтовым и гидрогеологическим)».

При определении гидрографических характеристик водотока и водосбора выбор масштаба топографических карт, установление местоположения водораздельных линий, истоков, устьев водотоков и картометрические измерения производят в соответствии с таблицами 1 и 2

Для восстановления многолетних рядов гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений применяют зависимости стока от стокоформирующих факторов, которые строят для продолжительных рядов на реках-аналогах в однородном районе.

Основная особенность при построении эмпирических зависимостей – их общая для территории структура, позволяющая интерполировать параметры, коэффициенты и стокоформирующие факторы на неизученный водосбор. Построение и анализ зависимостей осуществляют также в соответствии с требованиями пунктов 4.3, 4.15 и условия (6.1) из СП 33-101-2003.

1.1.2 Максимальный сток воды рек

Методы определения расчетных характеристик максимального стока весеннего половодья и дождевых паводков подразделяют на следующие:

- а) при наличии одной или нескольких рек-аналогов;
- б) при отсутствии рек-аналогов.

Значения параметров и коэффициентов в расчетных формулах следует уточнять на основе использования гидрометеорологической информации за весь период наблюдений, включая последние годы, в соответствии с 4.3.

Выбор рек-аналогов следует проводить при соблюдении условий:

$$\frac{L}{A^{0,56}} = \frac{La}{Aa^{0,56}} \quad (6)$$

$$\frac{J}{A^{0,50}} = \frac{Ja}{Aa^{0,50}} \quad (7)$$

где L и La – длина исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км;

J и Ja – уклон водной поверхности исследуемой реки и реки-аналога, ‰;

A и Aa – площади водосборов исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км².

1.1.3 Весеннее половодье

Методы расчета максимальных расходов воды рек весеннего половодья используют для рек с площадями водосборов от элементарно малых (менее 1 км²) до 20000 км² для европейской части России и до 50000 км² – для азиатской части, за исключением переходных участков рек, где происходит сильное распластывание волны половодья, вызывающее снижение максимальных расходов воды. При проектировании сооружений на реках с площадями водосборов, превышающими указанные пределы, максимальные расходы талых вод при отсутствии гидрометрических данных определяют по

результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий в исследуемом створе.

Расчетный максимальный расход воды весеннего половодья $Q_{p\%}$, м³/с, заданной вероятности превышения $P\%$ при наличии рек-аналогов определяют по редуционной формуле

$$Q_{p\%} = \frac{K_0 h_{p\%} \mu \delta \delta_1 \delta_2 A}{(A + A_1)^n} \quad (8)$$

где: K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья; рассчитывают как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем из формулы $Q_{p\%} = K_0 h_{p\%} \mu \delta \delta_1 \delta_2 A / (A + A_1)^n$

$h_{p\%}$ – расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания), мм, ежегодной вероятности превышения $P\%$; определяют в зависимости от коэффициента вариации C_v и отношения C_s/C_v , а также среднего многолетнего слоя стока h_0 ;

μ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров кривых распределения слоев стока и максимальных расходов воды;

δ , δ_1 , δ_2 – коэффициенты, учитывающие влияние водохранилищ, прудов и проточных озер (δ), залесенности (δ_1) и заболоченности речных водосборов (δ_2) на максимальные расходы воды;

A – площадь водосбора исследуемой реки до расчетного створа, км²;

A_1 – дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редукиции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км²;

n – показатель степени редукиции.

Показатель степени редукиции n и параметр A_1 в формуле $Q_{p\%} = K_0 h_{p\%} \mu \delta \delta_1 \delta_2 A / (A + A_1)^n$ определяют на основе зависимости $q_{max p\%} = f(A)$ по данным наблюдений на изученных реках исследуемого района,

где $q_{\max p\%}$ – модуль максимального стока. При обосновании в формулу $A_{оз} = e_{i=1}^n (100S_i A_i / A^2)$ допускается введение дополнительных параметров, учитывающих влияние естественных и искусственных факторов на формирование максимального стока воды рек весеннего половодья.

Средний многолетний слой стока весеннего половодья h_0 следует определять по данным рек-аналогов или интерполяцией по картам, построенным для исследуемого района с учетом последних лет наблюдений. В значение среднего многолетнего слоя стока вносят поправки на учет влияния местных факторов (площадь водосбора, уклоны склонов на водосборе, озерность, залесенность, заболоченность, распаханность):

а) для рек степной зоны России и полупустынной зоны Западной Сибири с площадями водосборов менее 3000 км^2

в значения h_0 следует вводить поправки на учет площади водосбора на основе построения зависимости $h_0 = f(A)$ с учетом материалов наблюдений последних лет;

б) для малых равнинных рек с площадями водосборов менее 200 км^2 лесостепной, степной, полупустынной зон и засушливых степей поправочные коэффициенты устанавливают по зависимости $h_0 = f(Jв)$, где $Jв$ – уклон водосбора;

в) при наличии озер, расположенных на водосборе реки, поправочные коэффициенты к среднему многолетнему слою стока весеннего половодья h_0 определяют по связи слоя стока со значениями средней взвешенной озерности речных бассейнов $h_0 = f(A_{оз})$, при этом параметр $A_{оз, \%}$ определяют по формуле

$$A_{оз} = e_{i=1}^n \left(\frac{100S_i A_i}{A^2} \right) \quad (9)$$

где: S_i – площадь зеркала озера, км^2 ;

A_i – площадь водосбора озера, км^2 ;

A – площадь водосбора в расчетном створе реки;

г) для водосборов с залесенностью, отличной от средней зональной (районной), поправочный коэффициент определяют по соотношению $A_{\text{л}}/A_{\text{л.р}}$, где $A_{\text{л}}$ – залесенность расчетного водосбора, %;

$A_{\text{л.р}}$ – среднее районное значение залесенности, %.

Вычисление среднего районного значения залесенности водосборов выполняют как среднеарифметическое из значений залесенности, %, по ближайшим речным водосборам (водосборы с $A > 200 \text{ км}^2$ – для лесной и лесостепной зон и $A > 2000\text{--}3000 \text{ км}^2$ – для зон степей и полупустынь).

Коэффициент вариации слоя стока весеннего половодья принимают по рекам-аналогам или интерполяцией по картам изолиний этого параметра, построенным для исследуемого района.

Для рек с площадями водосборов $A < 200 \text{ км}^2$ в значения, полученные интерполяцией по карте, следует вводить поправки, определяемые по зависимостям $C_v=f(A)$ для равнинных рек и $C_v=f(H_{\text{ср}})$ – для горных рек, где $H_{\text{ср}}$ – средняя высота речного бассейна, м.

Расчетное значение отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации C_s/C_v устанавливают в соответствии с требованиями: расчетные значения отношения коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации, а также коэффициента автокорреляции между стоком смежных лет r (1) следует принимать как среднее из значений, установленных по данным группы рек с наиболее продолжительными наблюдениями за рассматриваемой гидрологической характеристикой в гидрологически однородном районе с учетом площадей водосборов и других аazonальных факторов. Для проверки однородности эмпирических оценок C_s/C_v и r используют случайные погрешности оценок параметров по специальным таблицам, полученным методом статистических испытаний [4] или по аналитическим формулам. Если рассеяние эмпирических оценок C_s/C_v и r больше теоретического, то принятый район признают неоднородным и он должен быть уменьшен до тех размеров,

пока рассеяние эмпирических оценок и теоретические погрешности будут приблизительно равны.

Коэффициент δ , учитывающий снижение максимального расхода воды весеннего половодья на реках, зарегулированных проточными озерами, следует определять по формуле

$$\delta = \frac{1}{(1 + CA_{оз})} \quad (10)$$

где: C – коэффициент, принимаемый равным 0,2 для лесной и лесостепной зон и 0,4 – для степной зоны.

При наличии в бассейне озер, расположенных вне главного русла и основных притоков, значение коэффициента δ следует принимать для $A_{оз} < 2\%$ - 1; $A_{оз} > 2\%$ - 0,8.

Влияние прудов, регулирующих меженный сток, при расчете максимальных расходов воды вероятностью превышения менее 5 % не учитывают, а при $P \geq 5\%$ допускается уменьшение расчетного значения до 10 %.

Коэффициент δ_1 , учитывающий снижение максимальных расходов воды в залесенных бассейнах, определяют по формуле

$$\delta_{1л} = \frac{\alpha}{(A + 1)^{n'}}$$
 (11)

где: n' – коэффициент редукции; устанавливают по зависимости $q_{max} = f(Aл)$ с учетом преобладающих на водосборе почвогрунтов;

α – коэффициент, учитывающий расположение леса на водосборе (в верхней или нижней части водосбора), а также природную зону (лесная или лесостепная).

Коэффициент δ_2 , учитывающий снижение максимальных расходов воды с заболоченных водосборов, определяют по формуле

$$\delta_2 = 1 - \beta \cdot \lg(0,1A_6 + 1) \quad (12)$$

где: β – коэффициент, определяемый в зависимости от типа болот и механического состава почвогрунтов вокруг болот и заболоченных земель (со слоем торфа не менее 30 см);

A_6 – относительная площадь болот, заболоченных лесов и лугов в бассейне реки, %.

Внутриболотные озера, рассредоточенные по водосбору и расположенные вне главного русла и основных притоков, следует включать в значение относительной площади болот.

При заболоченности менее 3 % или проточной средневзвешенной озерности более 6 % коэффициент δ_2 принимают равным единице. Для горных рек коэффициенты δ_1 и δ_2 равны единице.

1.1.4 Дождевые паводки

Выбор типа расчетной формулы для определения максимального срочного расхода воды дождевого паводка заданной вероятности превышения $Q_{p\%}$ следует производить согласно СП 33-101-2003 приложению Б, таблица Б.7.

Расчетная формула типа I (редукционная) для определения $Q_{p\%}$ при наличии одной или нескольких рек-аналогов имеет вид:

$$Q_{p\%} = q_{p\%,a} \Phi_m \left(\frac{\delta \delta_2}{\delta_a \delta_{2a}} \right) A \quad (13)$$

где: $q_{p\%,a}$ – модуль максимального срочного расхода воды реки-аналога расчетной вероятности превышения $P\%$, $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$; рассчитывают по формуле

$$q_{p\%,a} = \frac{Q_{p\%}}{A_a} \quad (14)$$

где: $Q_{p\%,a}$ – максимальный расход воды дождевого паводка вероятности превышения $P\%$, м³/с;

A_a – площадь водосбора реки-аналога, км²;

ϕ_m – коэффициент, учитывающий редукцию максимального модуля стока дождевого паводка ($q_{1\%}$) с увеличением площади водосбора (A , км²) или продолжительности руслового времени добегания (τ_p , мин); рассчитывают в зависимости от значения коэффициента η_ϕ , представляющего соотношение коэффициентов формы водосбора исследуемой реки и реки-аналога:

$$\eta_\phi \approx \frac{LA_a^{0,56}}{L_a A^{0,56}} \quad (15)$$

где: L и L_a – гидрографическая длина водотока для исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км;

A и A_a – площадь водосбора для исследуемой реки и реки-аналога соответственно, км².

При $\eta_\phi < 1,5$ расчетное значение коэффициента ϕ_m определяют по формуле (16), а при $\eta_\phi > 1,5$ – по формуле (17):

$$\phi_m = \left(\frac{A_a}{A}\right)^n \quad (16)$$

$$\phi_m = \left(\frac{\Phi_a}{\Phi}\right)^{ni} \quad (17)$$

где: Φ и Φ_a – гидроморфометрическая характеристика русла для исследуемой реки и реки-аналога соответственно определяют по формуле

$$\Phi = \frac{100L}{m_p I_p^m A^{0,25}} \quad (18)$$

где: L и A – тоже, что и в формуле $\eta_{\phi} \approx LA_a^{0,56} / L_a A^{0,56}$

m_p – гидравлические параметры, характеризующие состояние и шероховатость русла водотока; определяют согласно приложению из СП 33-101-2003 Б, таблица Б.8;

I_p^m – средневзвешенный уклон русла водотока, ‰;

n и n_l – степенные коэффициенты, отражающие редукцию максимального модуля стока дождевого паводка $q_{1\%}$ соответственно с увеличением площади водосбора A , км², и руслового времени добегания τ_p . Русловое время добегания τ_p , ч, для гидрологически изученной реки определяют по формуле

$$\tau_p = \frac{1000L}{V} = \frac{100L}{m_p I_p^m Q_{1\%}^{0,25}} \quad (19)$$

где: L – то же, что и в формуле $\eta_{\phi} \approx LA_a^{0,56} / L_a A^{0,56}$;

V – максимальное значение средней скорости добегания воды по главному водотоку, м/с;

m_p , m и I_p – то же, что и в формуле $\Phi = 100 L / m_p I_p^m$

δ и δ_a , δ_2 и δ_{2a} – поправочные коэффициенты, учитывающие для исследуемой реки и реки-аналога регулирующее влияние соответственно озер (прудов, водохранилищ), а также болот и заболоченных земель. При использовании формулы $\phi_m = (\Phi_a / \Phi)^n$ значения коэффициентов δ_2 и δ_{2a} принимают равными единице.

При установлении степенных коэффициентов редукции n и n_l , а также структуры формул по определению поправочных коэффициентов δ , δ_a , δ_2 и δ_{2a} порядок выполнения инженерно-гидрологических расчетов по формуле типа I

предусматривает последовательность этапов, изложенных в (приложении В СП 33-101-2003).

Расчетный максимальный срочный расход воды дождевого паводка определяют по формуле $Q_{p\%} = q_{p\%,a} \phi_m (\delta \delta_2 / \delta_a \delta_{2a}) A$ на основе использования одной или нескольких рек-аналогов с учетом полученных значений степенных коэффициентов n и n_1 и формул для учета регулирующего влияния естественных и искусственных факторов.

При наличии значений степенных коэффициентов n и n_1 , а также расчетных формул по определению поправочных коэффициентов δ , δ_a , δ_2 и δ_{2a} , полученных на основе региональных обобщений, допускается их использование при выполнении расчетов по формуле $Q_{p\%} = q_{p\%,a} \phi_m (\delta \delta_2 / \delta_a \delta_{2a}) A$

Расчетная формула типа II для определения $Q_{p\%}$ при отсутствии рек-аналогов имеет вид:

$$Q_{p\%} = q_{200} \left(\frac{200}{A} \right)^n \delta \delta_1 \delta_2 \lambda_{p\%} A \quad (20)$$

где: q_{200} – модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности

превышения $P = 1\%$, приведенный к условной площади водосбора, равной 200 км^2 при $\delta = \delta_2 = \delta_3 = 1,0$; определяют для исследуемой реки при наличии региональной карты параметра q_{200} интерполяцией, а при отсутствии – на основе использования многолетних данных гидрологически изученных рек;

A – площадь водосбора, км^2 ;

δ и δ_2 – допускается определять соответственно по формулам СП 33-101-2003 (В.3), (В.4) приложения В;

δ_3 – поправочный коэффициент, учитывающий изменение параметра q_{200} с увеличением средней высоты водосбора H , м, в полугорных и горных районах;

$\lambda_{p\%}$ – переходный коэффициент от максимальных срочных расходов воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$ к значениям другой вероятности

превышения $P < 25 \%$; назначают на основе установления соотношения $\lambda_{p\%} = Q_{p\%} / Q_{1\%}$ по данным гидрологически изученных рек в исследуемом районе

$$\lambda_{p\%} = \frac{Q_{p\%}}{Q_{1\%}} \quad (21)$$

При отсутствии современной региональной карты параметр q_{200} в формуле $Q_{p\%} = q_{200} (200/A)^n \delta \delta_2 \delta_3 \lambda_{p\%} A$ для исследуемой реки определяют интерполяцией по значениям этой характеристики, определенным для выбранных близко расположенных с исследуемым водотоком гидрологически изученных рек. Для рек полугорных и горных районов – на основе анализа графика связи $q_{200} = f(\bar{H}, m)$.

Расчетная формула типа III для определения $Q_{p\%}$ на водосборах площадью менее 200 км^2 имеет вид:

$$Q_{p\%} = q'_{1\%} \cdot \varphi \cdot H_{1\%} \cdot \delta \cdot \lambda_{p\%} \cdot A \quad (22)$$

где $q'_{1\%}$ – относительный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения $P=1\%$, представляющий отношение

$$q'_{1\%} = \frac{q_{1\%}}{\varphi \cdot H_{1\%}} \quad (23)$$

определяют для исследуемого района в зависимости от гидроморфометрической характеристики русла Φ_p и продолжительности склонового добега $\tau_{ск}$, мин;

φ – сборный коэффициент стока;

$H_{1\%}$ – максимальный суточный слой осадков вероятности превышения $P=1\%$, мм;

определяют по данным ближайших метеорологических станций;

$\delta, \lambda_{p\%}, A$ – см. как в формуле (20).

Гидроморфометрическую характеристику русла исследуемой реки Φ_p определяют по формуле

$$\Phi_p = \frac{1000L}{[m_p I_p^m A^{0,25} (\Phi H_{1\%})^{0,25}]}$$
 (24)

где: m_p , I_p , A – см. как в формуле $\Phi = 100 L/m_p I_p^m A^{0,25}$

При расчетах максимального стока по формуле предельной интенсивности следует помнить, что редуционные кривые осадков, приведенные в [5], основаны на данных наблюдений до 60-х годов и требуют обязательного уточнения.

При наличии реки-аналога порядок расчетов по формуле типа III следующий:

1) для исследуемого водотока устанавливают гидрографические характеристики, тип и механический состав почвогрунтов, слагающих водосбор, а также средний уклон склонов $I_{ск}$, ‰, и густоту русловой и овражно-балочной сетей водосбора ρ_p км/км²;

2) в соответствии с рекомендациями СП 33-101-2003 (4.11) и (1.25) выбирают реку-аналог (или несколько рек-аналогов), для которой (или которых) в соответствии с требованиями В.3 приложения В, определяют значения расчетных максимальных срочных расходов воды дождевого паводка;

3) определяют сборный коэффициент стока ϕ для равнинных рек по формуле

$$\phi = \frac{q_{1\%,a}}{16,67\bar{\psi} \tau_{\delta} \delta H_{1\%}} \cdot \left(\frac{I_{ск}}{I_{ск,a}}\right)^{n_2} \cdot \left(\frac{A_a + 1}{A + 1}\right)^{n_3}$$
 (25)

где $q_{1\%,a}$ – модуль максимального срочного расхода воды реки-аналога ежегодной вероятности превышения $P=1\%$, м³/с·км²;

гидроморфометрической характеристики склонов $\Phi_{ск}$, которую рассчитывают по формуле

$$\Phi_{ск} = \frac{(1000L_{ск})^{0,5}}{m_{ск}I_{ск}^{0,25}(\varphi H_{1\%})^{0,5}} \quad (27)$$

где $L_{ск}$ – средняя длина без русловых склонов водосбора; определяют по формуле

$$L_{ск} = \frac{1}{\gamma\rho_p} \quad (28)$$

где: ρ_p – густота овражно-балочной и русловой сети водосбора км/км²;

γ – коэффициент, принимаемый для односкатных склонов равным 0,9, для двускатных–1,8;

$m_{ск}$ – коэффициент, характеризующий шероховатость склонов водосбора;

$I_{ск}$ – средний уклон склона водосбора, ‰;

φ – сборный коэффициент стока

$H_{1\%}$ – максимальный суточный слой осадков вероятности превышения $P=1\%$, мм;

Значение $\tau_{ск}$ определяют методом последовательного приближения. По формуле $\tau_{\sigma}=1,2\tau_p^{1,1}+\tau_{ск}$ определяют бассейновое время добегаания τ_{σ} при значении $\tau_{ск}$, затем устанавливают значение $16,67\psi(\tau_{\sigma})$ и по формуле $\varphi=\frac{q_{1\%,a}}{16,67\psi(\tau_{\sigma})\delta H_{1\%}}(I_{ск}/I_{ск,a})^n_2[(A_a+1)/(A+1)]^{n3}$ рассчитывают сборный коэффициент стока φ . По формуле $\Phi_{ск}=(1000L_{ск})^{0,5}/[m_{ск}I_{ск}^{0,25}(\varphi H_{1\%})^{0,5}]$ определяют значение $\Phi_{ск}$ и далее по таблицам, приведенным в [5], устанавливают значение $\tau_{ск}$ в первом приближении, а затем уточнить определение расчетных гидрологических характеристик должно основываться на данных гидрометеорологических наблюдений, опубликованных в официальных

документах Росгидромета, и неопубликованных данных последних лет наблюдений, а также на данных наблюдений, содержащихся в архивах Госгидрометфонда, изыскательских, проектных и других организаций, включая материалы опроса местных жителей. При отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений в пункте проектирования необходимо проводить гидрометеорологические исследования. Кроме того, следует использовать достоверные данные наблюдений за гидрологическими характеристиками по архивным, литературным и другим материалам, относящимся к периоду до начала регулярных наблюдений. При этом необходимо указать источник, на основании которого установлена гидрологическая информация, и произвести оценку достоверности и точности полученных материалов. При значительном расхождении полученного и первоначального значений $\tau_{ск}$ расчеты следует повторить, принимая за исходное последнее вычисленное значение $\tau_{ск}$;

5) значение $H_{1\%}$ определяют по многолетним данным максимальных суточных жидких осадках метеорологических станций, ближайших к бассейну исследуемого водотока, которые имеют самую большую длительность наблюдений, или по региональной карте этой характеристики, построенной с учетом наблюдений последних лет;

б) максимальный срочный расход воды по формуле $Q_{p\%} = q'_{1\%} \varphi H_{1\%} \delta \lambda_{p\%} A$ при наличии рек-аналогов определяют с учетом значений параметров и характеристик этой формулы, полученных согласно указаниям .

При отсутствии рек-аналогов расчет по формуле $Q_{p\%} = q'_{1\%} \varphi H_{1\%} \delta \lambda_{p\%} A$ производят в последовательности, аналогичной приведенной в 1.32 при определении сборного коэффициента стока φ для равнинных рек по формуле

$$\varphi = \frac{c_2 \Phi_0}{(A + 1)^{n_a}} \left(\frac{I_{ск}}{50} \right)^{m_2} \quad (29)$$

где: c_2 – эмпирический коэффициент, который для тундры и лесной зоны принимают равным 1,2, для остальных природных зон – 1,3;

Φ_0 – сборный коэффициент стока для условного водосбора с площадью A , равной 10 км^2 $I_{ск}$, равным 50 ‰.

Для водотоков со средним уклоном склонов более 150 ‰ сборный коэффициент стока φ рассчитывают по формуле $\varphi = \frac{c_2}{(A+1)^{n_3}} \Phi_0 \left(\frac{I_{ск}}{50}\right)^{m_2}$ при $I_{ск}$, равном 150 ‰, а для водотоков со средним уклоном склонов менее 15 ‰ – при $I_{ск}$, равном 15 ‰. При различной крутизне склонов или значительной пестроте почвогрунтов, образующий исследуемый водосбор, сборный коэффициент стока φ принимают как средневзвешенное значение.

Расчетный слой дождевого паводка $h_{p\%}$ для водосборов площадью более 50 км^2 следует определять по формуле

$$h_{p\%} = h_{p\%}^* k_H \quad (30)$$

где: $h_{p\%}^*$ – слой дождевого паводка расчетной вероятности превышения $P\%$, мм; принимают по данным реки-аналога или по карте, построенной для гидрологически изученных рек при $k_H=1$;

k_H – эмпирический коэффициент, учитывающий уменьшение (редукцию) слоя дождевого паводка с увеличением площади водосбора в засушливых районах; устанавливают на основе исследования зависимости $h_{p\%}^* = f(A)$

Расчетный слой дождевого паводка $h_{p\%}$ для водосборов площадью менее 50 км^2 при наличии рек-аналогов примерно такой же площади следует принимать равным расчетным слоям рек-аналогов.

При отсутствии рек-аналогов расчетные слои дождевого стока следует определять по формуле

$$h_{p\%} = \psi(\tau_6 = 150 \text{ мин}) \varphi N_{1\%} \lambda_{p\%}^* \quad (31)$$

где: $\psi(\tau_6=150\text{мин}) = \frac{H_\tau}{H_{P\%}}$ – относительная интенсивность осадков;

$\lambda_{P\%}^*$ – переходный коэффициент от слоя стока дождевого паводка вероятности превышения $P = 1\%$ к слоям других вероятностей превышения; определяют по формуле

$$\lambda_{P\%}^* = \frac{H_{P\%}}{H_{1\%}} \quad (32)$$

где: $H_{P\%}$ и $H_{1\%}$ – слой максимальных суточных осадков вероятности превышения соответственно $P\%$ и 1% , мм; определяют по кривым распределения суточных осадков;

φ – сборный коэффициент стока.

1.2 Указания по расчету дождевых расходов

«Указания по расчету дождевых расходов» [8] предназначены для расчетов максимального стока дождевых паводков на малых реках и учитывают сток в весенний период от дождей. Для того чтобы получить надежные данные о расходах, необходимо проводить гидрометрические измерения

Для расчета максимальных расходов от дождевых вод предлагается формула:

$$Q_p = 16,7 \cdot a_p \cdot \alpha_p \cdot F \cdot \varphi \cdot K_J \cdot K_\Phi \quad (33)$$

где: a_p – расчетная интенсивность осадков (мм/мин), соответствующая требуемой вероятности превышения;

α_p – склоновый коэффициент стока;

F – площадь водосбора, км²;

φ – коэффициент редукции, зависит от размеров водосбора;

K_J – коэффициент, учитывающий влияние крутизны водосбора;

K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий форму водосбора;

$$a_p = a_{\text{час}} \cdot K_t \quad (34)$$

где: $a_{\text{час}}$ – максимальная часовая интенсивность дождя требуемой ВП, определяется по таблицам, мм/мин;

K_t – коэффициент редукции часовой интенсивности осадков от времени формирования максимальных расходов, определяется по таблицам.

Коэффициент склонового стока можно рассчитать по этой формуле:

$$\alpha_p = \alpha_0 \cdot \delta_e \quad (35)$$

α_0 – коэффициент склонового стока при полном насыщении почв, определяется по таблицам;

δ_e – коэффициент, учитывающий аккумуляцию дождевого стока на поверхности водосбора, зависящий от почво-грунтов и залесенности и определяется по формуле:

$$\delta_e = 1 - \gamma_d \cdot \beta \cdot \Pi \quad (36)$$

где: γ_d – коэффициент, учитывающий различную проницаемость почво-грунтов на склонах водосбора;

β – коэффициент, учитывающий состояние почво-грунтов к началу формирования расчетного паводка;

Π – поправочный коэффициент

Коэффициент K_{ϕ} , учитывающий форму бассейна, находится по формуле:

$$K_{\phi} = \phi + (1 - \phi) \cdot c \quad (37)$$

где: ϕ – коэффициент, учитывающий форму бассейна, определяется по графикам;

c - коэффициент, учитывающий уменьшение влияния формы водосбора на максимальный расчетный расхода и определяемый по таблицам.

Длина главного лога на малых водосборах определяется от наивысшей водораздельной точки, расположенной по направлению главного лога. На больших водотоках длина главного лога может быть принята с достаточной точностью равной длине основного русла, определяющего форму и размеры водосборного бассейна.

1.3 Указания по определению расчетных гидрологических характеристик СН-435-72

СН-435-72 разработан ГГИ Главгидрометслужбы, институтом «Гидророект» им. С. Я. Жука Минэнерго СССР и ВОДГЕО Госстроя СССР с участием ЦНИИСа Минтрансстроя и ПНИИИСа Госстроя СССР.

Указания введены в действие с 1 октября 1972 года. Заменен на СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик».

Методы расчета максимальных расходов талых вод относятся к рекам: элементарно малые – это менее 1 км² до 20 000 км² на Европейской и до 50000 км² на Азиатской части России, кроме некоторых участков, где происходит снижение максимумов стока.

Если площадь водосбора рек превышает указанные пределы, то максимальные расходы необходимо рассчитывать по полевым данным.

Для расчетов максимальных расходов талых вод равнинных и горных рек в весеннее - летнее половодье рекомендуется формула:

$$Q_{max,p\%} = \frac{k_0 \cdot Y_{p\%} \cdot F}{(F + 1)^n} \delta_1 \delta_2 \quad (38)$$

Где $Y_{p\%}$ – слой стока весеннего половодья $p\%$ обеспеченности;

F – площадь водосбора, км²;

K_0 – параметр, дружность половодья на малых реках;

δ_1 – коэффициент, учитывающий снижения Q_{max} за счет водохранилищ и озер на площади водосбора;

δ_2 – коэффициент, учитывающий снижения Q_{max} в заболоченных и залесённых бассейнах.

Формула показывает, что перед тем как ее использовать, необходимо произвести много изыскательских работ. Необходимо узнать степень залесенности и озёрности бассейна, закарстованность, высоту бассейна над уровнем моря, средний уклон, ориентация площади водосбора по отношению к сторонам света. Использование эмпирических формул достаточно сложно и ненадёжно.

1.4 Методика расчета максимальных расходов речных вод в таёжной зоне Западной Сибири

О.Г. Савичев в «Методике расчета максимальных расходов речных вод в таежной зоне Западной Сибири» предлагает использовать следующее выражение для расчета дождевых паводков

$$Q_{max} = \frac{W}{\tau} = V \cdot B \cdot h_T, \quad (39)$$

где: h_T при условии минимума потерь стока и постоянстве конкретной природной зоны, связана с увлажнением водосбора, также средняя скорость может быть определена по формуле Шези, а значение параметра B близко к средней ширине водосбора.

Для расчета обеспеченных максимальных расходов выражение (39) приобретает вид:

$$Q_{max,P} = \frac{\lambda_p B (aR_{T,1\%} + b)^{5/3} \sqrt{J}}{n_{cp}} \quad (40)$$

где: $Q_{max,P}$ - максимальный расход воды расчетной обеспеченности P%;

$Q_{max,P}$ – атмосферное увлажнение за расчетный период обеспеченностью 1%;

a, b – эмпирические константы, показывающие общую долю увлажнения природной зоны;

$R_{T,1\%}$ – атмосферное увлажнение за расчётный период обеспеченностью 1 %, мм;

J - уклон, в долях единицы,

n_{cp} – коэффициент шероховатости водосбора, определяемый как средневзвешенное значение по формуле

$$n_{cp} = \frac{\sum \frac{n_i}{f_i}}{\sum \frac{1}{f_i}} \quad (34)$$

где: f_i – лесистость, заболоченность, озёрность водосбора.

Данные расчеты могут быть использованы для предварительной оценки различных вариантов размещения объектов строительства на неизученных и труднодоступных таёжных территориях Западной Сибири.

2 ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ

Существуют различные методы расчета максимальных расходов. При равных условиях всегда стремятся использовать наиболее простые региональные зависимости, включающие меньшее число параметров, определяемых по выборочным данным наблюдений.

При отсутствии гидрометрических наблюдений в расчетном створе параметры распределения и расчетные значения гидрологических характеристик определяются с помощью следующих основных методов:

- а) водного баланса;
- б) гидрологической аналогии;
- в) осреднения в однородном районе.

2.1 Метод водного баланса

Метод водного баланса применяется при наличии хороших наблюдений за основными составляющими водного баланса. Если за более короткий промежуток времени составляется водный баланс, то потребуется больше информации за определением различных элементов водного баланса, которые достаточно редко определяются с полной точностью при определении расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений в исследуемом гидрологическом створе. Именно поэтому метод водного баланса редко используется в практике гидрологических расчетов. Можно привести лишь некоторые факты по использованию метода водного баланса за годовые интервалы времени при исследовании уровней воды бессточных водоемов. Для бессточных озер, уровни воды, за годовой интервал времени определяется через испарение с водной поверхности и осадки на поверхность озера, и притока речных вод в озеро за годовые интервалы. При этом учитываются морфометрические

зависимости площади озера от уровня воды в озере. Стали использоваться русловые водные балансы за очень короткие промежутки времени, учитывающие время добегания, русловое регулирование и различные другие факторы.

При использовании метода руслового водного баланса и водного баланса самое большое значение имеет оценка случайных и систематических погрешностей выполненных расчетов, которые могут быть получены при определении невязок водного баланса, все составляющие водных балансов решаются независимым путем.

2.2 Метод гидрологической аналогии

Для выбора рек-аналогов существуют общие условия, которые включают:

- оценку пространственной структуры колебаний, оценку пространственной корреляционной функции с учетом ее физической и статистической однородности, рассматриваемой гидрологической характеристики;

- однотипность стока исследуемой реки и рек аналогов;

- географическую близость расположения водосборов;

- сходство климатических условий, однотипность условий формирования стока, однотипность почв и гидрогеологических условий, близкую степень озерности, залесенности, заболоченности и распаханности водосборов;

- не должны существенно отличаться средние высоты водосборов, для горных и полугорных районов следует рассматривать положение склонов и гипсометрию;

- отсутствие факторов существенно искажающих естественный речной сток. Для всех гидрологических характеристик должны учитываться дополнительные условия, приведенные в соответствующих разделах рекомендаций. Основное требование – это наличие продолжительного ряда на

реке-аналоге, по которому при недостаточности наблюдений исследуемый ряд приводится к многолетнему периоду в соответствии с нормативным документом и методическими рекомендациями

2.3 Метод осреднения в однородном районе

При статистической однородности параметров распределения в исследуемом районе, расчетное значение характеристик в рассматриваемом створе, определяется как среднее арифметическое значение для рек-аналогов, у которых наиболее продолжительные ряды наблюдений или по приведенным к многолетнему периоду данным.

При помощи использования статистических критериев однородности, получаем однородность параметров распределения.

3 РЕЗУЛЬТАТ СРАВНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ МАГИСТРАЛИ «ЕКАТЕРИНБУРГ – ЧЕЛЯБИНСК»

Расчет максимальных расходов воды произведен на примере трех водотоков, пересекаемых проектируемой трассой Уральской скоростной магистралью «Екатеринбург – Челябинск». По исследуемым водотокам данные отсутствуют, поэтому для расчетов использовались соответствующие методы.

Для определения гидрографических характеристик использовались трасса проектируемой железной дороги и географические карты. Для сравнения выбраны три расчетных створа: р. Исеть (26,4 км²), р. Исток (97 км²), р. Мостовка (534 км²). В программе AutoCAD определены площади водосборов и длины рек, площади всех озер и болот, исходя из этого, рассчитаны озёрность и заболоченность. После сбора всех необходимых данных выполнены основные расчеты максимальных расходов воды по различным нормативным и методическим документам для сравнения результатов.

3.1 Физико-географическое описание исследуемого района

3.1.1 Рельеф

Выделяют по характеру рельеф: 1. Урал или Уральские горы (Средний, частично Северный и Южный), 2. Восточно-Европейская равнина, 3. Западно-Сибирская низменность

1. Урал характеризуется небольшой высотой, поднятие Урала не превышает отметок 400-600 м над уровнем моря, но отдельные возвышенности на севере и на юге достигают 1500-1600 м. Уральский хребет, не представляющий единого целого, расчленен на ряд меридионально вытянутых хребтов, увалов и гряд, что характерно а большей степени для Северного и Южного Урала.

Главная линия водораздела между бассейнами Тобола и Камы не всегда проходят по наивысшим точкам Урала. Невысокие склоны на востоке, окаймленные цепочкой озер, резко переходят к восточно-уральской холмистой наклонной равнине, на значительном протяжении обрывающейся к Западно-Сибирской низменности довольно крутым уступом высотой до 100 метров.

Восточные предгорья Среднего Урала очень сужены, прослеживаются по отдельным вершинам – горам Качканар (878 м), Висячий Камень (545 м), Балашинская (436 м), Благодать (352 м), Высокая (334 м), которые возвышаются на фоне увалисто-холмистой Зауральской равнины. Равнина понижающиеся с запада на восток от 400 до 200 м абс, прорезанная долинами притока р. Тобола, большим количеством озер. Самые крупные (Аятское, Таватуй, Исетское, Иткуль) площадью зеркала 20-30 км².

Южный Урал представляет среднегорную страну с мощными горными сооружениями, которые сосредоточены в основном бассейне р.Белой. Водораздельный хребет Уралтау приставляет стеноподобную гряду высотой до 1000 м абс. К западу от водораздельной линии насчитывается до 3 гряд с высотами отдельных хребтов 1200-1500 м.

Восточные предгорья Южного Урала тянутся узкой лентой останцовых поднятий со сложным рельефом, выделяют среди них Ильменские горы. К востоку холмистая равнина постепенно понижается от 500 до 250 м. Рельеф сильно расчлененный, есть большие котловины, занятые озерами и болотами.

2. Западно-Сибирская низменность ограничена на западе линией восточных предгорий Урала – холмами Зауральского плато. Плоская поверхность низменности пересечена широкими долинами левобережных притоков р. Тобола. Высота как правило не превышает 130-150 м, в местах понижения отметки доходят до 100 м. Для северной части равнины своеобразно широкое распространение болот. Водосборы Туры и Тавды достаточно заболочены, а к южной части, болотные пространства сменяются на районы с многочисленными озерами. Достаточно глубокие и пресные озера встречаются

вблизи гор, а ближе к западу, озера в рыхлых породах солоноватые и имеют небольшую глубину, часто меняющие очертания и размеры площади. Лесостепная зона в междуречье представляет собой равнины, где встречаются бугры: невысокие, плоские. Между буграми местность часто заболочена или покрыта солончаковыми почвами.

3.1.2 Геологическое строение

Возвышенности западного склона сложены почти только осадочными породами (глиной, песками, известняками, песчаниками и др.) На восточном склоне преобладают массивно-кристаллические интрузивные и эффузивные породы (сиениты, граниты, туфы, габбро, дифриты, трахиты, дациты, и др.) Западно-Сибирская низменность в структурно-геологическом отношении представляет часть обширной Западно-Сибирской плиты, фундамент которой по мере удаления от горных предприятий Урала. С поверхности метаморфизованные породы плиты покрыты толщей рыхлых и слабо сцементированных морских верхнемеловых и палеогеновых образований, горизонтально залегающих. Покрывают они многие водоразделы и заполняют характерные для территории меридионально вытянутые узкие грабены (Челябинской и др.). Отложения представлены песчаниками и глинами, переслаивающимися с печками.

В четвертичных отложениях преобладают суглинки и глины, в нижней части бассейна реки Тобола распространены супесчаные аллювиальные отложения по реке Исеть – песчаные.

3.1.3 Карст

Карст развит в районах распространения легко растворимых пород больше всего в Предуралье и на Западе Урала на склоне. Небольшими площадками карст присутствует на Восточном склоне.

Данное явление в основном подходит к долинам рек, к местам тектонических нарушений. На восточном склон Урала карст развит меньше всего, по сравнению с западным склоном ввиду незначительного

распространения здесь карстующихся горных пород., такими являются известняки. Карст большей частью древний и пассивный. Но неподалеку разработок месторождений он оживляется.

3.1.4 Почвенный покров

На севере в пределах лесной зоны преобладают подзолистые, торфяно-болотные, подзолисто-болотные почвы на древнеаллювиальных отложениях. По составу эти почвы тяжело-глинистые и глинистые. В верхней части бассейна р.Тавды имеются крупные песчаные массивы. К югу от верховьев р. Туры преобладают древне-подзолистые и серые лесные почвы, сформировавшиеся на третичных глинах. Также встречаются в понижениях подзолисто-болотные почвы.

Лесостепная часть низменности отличается пестротой почвенного покрова , сформировавшегося на различных материнских породах в условиях дробного микрорельефа. В приречных расчлененных эрозией условно хорошо дренированных участках сочетаются оподзоленные и выщелоченные черноземы и серые почвы. На плохо дренированных участках развиты комплексы лугово-черноземных и черноземно-луговых почв в разной степени засоленных.

Южнее реки Исети преобладают выщелоченные черноземы, по составу почвы тяжело-суглинистые и глинистые. Вдоль реки Тобола попадаются участки более легких почв. Широко распространены солонцы.

3.1.5 Растительный покров

На севере Западно-Сибирской низменности растительностью покрыта лесной зоны, на юге – лесостепной. Южная граница леса соответствует северной границе распространения черноземов, проходит примерно по водоразделу рек Исети и Пышмы, вблизи Урала поворачивает на юг и спускается до верховьев реки Течи.

В северной части (бассейн р. Тавды) преобладают сосновые леса, более густые вблизи Уральских гор и на хорошо дренированных берегах рек. Так же

встречаются еловые леса с примесью кедра, сфагновые болота, обычно облесенные, массивы березняков. К югу от верховьев р.Туры, кроме боров с густым травяным покровом, получили большое распространение березовые леса. Массивы болот расположены между увалами.

К югу леса разрежаются, приобретая вид парковых; лесостепь начинается с разнообразными растительными группировками. Основной фон растительности составляют луговые степи и остепененные луга со множеством пресных и соленых озер, с березовыми колками, рассеянными по блюдцам и западинам. Встречаются массивы сосновых боров на приречных песках и выходах гранитов. В районах луговых степей, лиственных лесов, основные зоны лесостепи распаханы.

3.1.6 Климат

Рассматриваемая территория подвержена резко континентальным климатом, это выражается в больших колебаниях температуры воздуха как внутри года, так и в течение дня. Присутствует влияние морских воздушных масс, несущих влагу с Атлантического океана.

Климат Урала разнообразен, в горных массивах четко прослеживается изменения климата по высоте. Если у подножья Южного Урала наблюдается климат свойственный степи и лесостепи, то на высотных вершинах прослеживается климат горной тундры. Уральские горы затрудняют поступление западных воздушных масс в пределы Сибири, благодаря тому создает благоприятные условия для выпадения осадков в Предуралье. Именно поэтому в Зауралье выпадает меньше осадков, чем в Предуралье. В бассейне реки Тобол летние осадки превышают летние в 3 раза.

Зимой рассматриваемая территория находится под преобладающим влиянием сибирского антициклона, обуславливающая устойчивую морозную погоду, многоснежная зима в Предуралье и на склонах гор, малоснежная – на юге Зауралья. Часто наблюдаются вторжения холодных воздушных масс с

севера, а так же прорывы южных циклонов, с которыми связаны резкие изменения погоды.

Летом территория находится в зоне низкого давления. Часто происходит вторжение воздушных масс с Карского и Барцева морей и с Азорских островов. Н, а также засушливая погода, а юге в последнее время рассматриваемой территории наблюдается жаркая.

Самый холодный месяц – январь, средняя температура воздуха повышается с севера на юг, составляя в бассейне р. Тобола -17,-18С. Абсолютный минимум температуры воздуха на декабрь - февраль -48,-51 С. Самый теплый месяц –июль, температура воздуха на севере в среднем составляет 16-17 С, а на юге превышает 19 С.

В бассейне реки Тобола сумма зимних осадков значительно меньше. По восточному склону Уральских гор, проходит изогизета св 175 мм, восточнее осадки убывают с севера на юг от 150 до 125 мм. В теплый период осадки уменьшаются с севера на юг от 400 до 300 мм, а в горных районах и на возвышенных западных склонах Уральских гор они достигают по примерным расчетам 750-950 мм.

3.2 Расчеты максимального стока

По СП 33-101-2003 «Свод правил по проектированию и строительству» выполнены расчеты дождевых паводков и весеннего половодья при отсутствии данных, результаты приведены ниже.

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета дождевых паводков.

Параметры	р. Исток	р. Мостовка	р. Исеть
q_{200}	0,3	0,3	0,3
A, км ²	26,4	97	532
n	0,5	0,5	0,5
δ	0,76	0,87	0,68

Параметры	р. Исток	р. Мостовка	р. Исеть
δ_2	0,92	0,98	0,99
δ_3	1,0	1,0	1,0
λ	15	15	15
C	0,2	0,2	0,2
$f_{\text{оз, \%}}$	1,6	0,7	2,4
$A_{\text{б, \%}}$	4,22	1,22	0,51
Площадь озер, км ²	0,43	0,73	12,7
Площадь болот, км ²	1,11	1,18	2,71

Таблица 3.2 – Расчёт максимальных расходов дождевых паводков различной обеспеченности для р. Исток, р.Исеть, р. Мостовка

Исток							
Характеристика стока	Обеспеченность P%						
	0,1	1	2	3	5	10	25
Расход воды Qв, м ³ /с	24,4	15,3	12,2	11,0	9,2	6,1	3,4
Мостовка							
Характеристика стока	0,1	1	2	3	5	10	25
	Расход воды Qв, м ³ /с	56,7	35,4	28,3	25,5	21,3	14,2
Исеть							
Характеристика стока	0,1	1	2	3	5	10	25
	Расход воды Qв, м ³ /с	104,8	65,5	52,4	47,2	39,3	26,2

Определены статистические характеристики кривых распределения максимальных расходов воды весеннего половодья для принятых рек-аналогов: р. Исеть - пос. Мельзавод, р. Сысерть – с. Кашино, р. Синара – с. Верхнее-Ключевское р. Синара – с. Слободчиково и р. Миасс – с. Новоандреевка.

Таблица 3.3 – Статистические параметры кривых распределения максимальных расходов воды

№ п/п	Река-пункт	Код поста	A, км ²	Период наблюдений	Q ₀ , м ³ /с.	C _v	C _s /C _v	Q _{1%} , м ³ /с	Q _{1%} , м ³ /с км ²
1	р.Исеть- пос. Мельзавод	12113	1430	1966-1991	52,5	0,48	0,75	118	0,083
2	р.Сысерть – с. Кашино	12144	1060	1939-1949	22,0	0,41	1,0	71,3	0,067
3	р.Синара- с. Верхнее-Ключевское	12155	218	1936-1980	22,8	0,81	1,42	121	0,072
4	р.Синара-с. Слободчиково	12293	930	1932-1997	34,6	0,43	1,8	78,3	0,078
5	р.Миасс – с. Новоандреевка	12189	1830	1951-2010	67,9	0,61	3,22	215	0,118
6	р.Теча– с.Мюслюмово	12308	3690	1934-1992	34,9	0,74	1,13	104	0,028
7	р. Караболка – с.Усть-Караболка	12299	1170	1955-2010	21,6	0,67	1,68	68,2	0,058

Таблица 3.4 – Коэффициенты $\mu P\%$

Природная зона	Обеспеченность, P%								
	0,1	1	3	5	10	25	50	75	95
Тундра и лесная зона	1,02	1	0,97	0,96	0,93	0,9	0,86	0,82	0,82
Лесостепная	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,8	0,72	0,64	0,58
Степная	1,04	1	0,97	0,96	0,93	0,88	0,79	0,64	0,42
Зона засушливых степей и полупустынь	1,02	1	0,98	0,97	0,96	0,92	-0,8	-0,7	-0,5

Среднее значение слоя весеннего половодья, равное 130 мм, коэффициент вариации слоя стока половодья $C_v=0,35$ определены. Соотношение C_s/C_v для рек данного района равным 2.

Таблица 3.5 – Значения коэффициента K_0 для реки-аналога

№ п/п	Река-пункт	Код поста	δ	δ_1	δ_2	$Q_{1\%},$ $м^3/с$	$h_0, мм$	C_v	C_s/C_v	$h_{1\%} мм$	K_0
1	р.Исеть-пос. Мельзавод	12113	0,61	0,41	0,42	118	45,2	0,46	0,85	99,3	0,015
2	р.Сысерть-с. Кашино	12144	1	0,39	0,63	71,3	21,2	0,71	2,0	70,4	0,014
3	р.Синара-с. Верхнее- Ключевское	12155	0,70	0,43	0,88	358	24,0	0,6	1,45	62,1	0,015
4	р.Синара-с. Слободчиково	72239	1	0,38	0,73	72,7	14,4	0,69	2,08	46,6	0,002
5	р.Миасс-с. Новоандреевк а	12189	0,63	0,37	0,82	215	73,0	0,44	1,89	-	0,012
6	р.Теча-с. Мюслиумово	12308	0,63	0,37	0,82	104	10,2	0,74	1,84	35,1	0,002
7	р.Караболка -с.Усть- Караболка	12299	0,61	0,49	0,86	68,2	17,4	0,67	1,88	55,0	0,002

Таблица 3.6 – Переходные коэффициенты $\lambda_{P\%}$

Площадь водосбора, $F км^2$	Переходные коэффициенты $\lambda_{P\%}$ при вероятности превышения $P\%$						
	0,1	1	2	3	5	10	25
$F < 1000$	1,6	1	0,8	0,72	0,6	0,4	0,22

Таблица 3.7 – Расчет ординат редуцированной зависимости и расчет элементарного модуля стока

№	№ поста	Река - Створ	$F, км^2$	$q_{1\%},$ $л/с \cdot км$	$Q_{1\%},$ $м^3/с$	$lg(F+1)$	$lg(q_{1\%})$	$Ам^3/с \cdot км$
1	12113	р.Исеть-	1430	118	0,083	3,16	2,07	158

№	№ поста	Река - Створ	F, км ²	q _{1%} , л/с·км	Q _{1%} , м ³ /с	lg(F+1)	lg(q _{1%})	Ам ³ /с·км
		пос.Мельзавод						
2	12144	р.Сысерть–с. Кашино	1060	71,3	0,067	3,03	1,85	94
3	12155	р.Синара-с.Верхнее-Ключевское	218	121	0,555	2,34	2,08	150
4	12293	р.Синара-с.Слободчиково	930	78,3	0,084	2,97	1,89	103
5	12189	р.Миасс–с.Новоандреевка	1830	215	0,117	3,26	2,33	290
6	12308	р.Теча–с.Мюслюмово	3690	104	0,028	3,57	2,02	144
7	12299	р.Караболка–с.Усть-Караболка	1170	68,2	0,058	3,07	1,83	90

По данным таблицы 3.7 построено график зависимости $lg(q_{1\%})=f(lg(F+1))$.

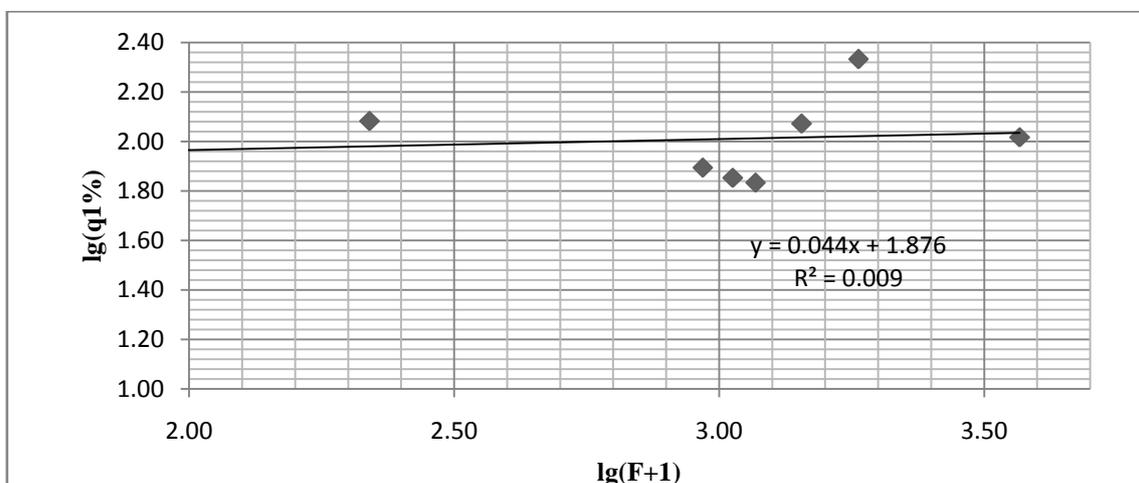


Рисунок 3.1 – График $lg(q_{1\%})=f(lg(F+1))$

Таблица 3.8 – Расчёт максимальных расходов весеннего половодья различной обеспеченности для р. Исток, р.Исеть, р. Мостовка

р. Исток									
Характеристика стока	Обеспеченность P%								
	0,1	1	3	5	10	25	50	75	95
Расход воды $Q_{в, м^3/с}$	3,44	3,37	3,27	3,23	3,13	3,03	2,90	2,76	2,76
р. Мостовка									
Характеристика стока	Обеспеченность P%								
	0,1	1	3	5	10	25	50	75	95
Расход воды $Q_{в, м^3/с}$	12,0	11,8	11,4	11,3	10,9	10,6	10,1	9,65	9,65
р.Исеть									
Характеристика стока	Обеспеченность P%								
	0,1	1	3	5	10	25	50	75	95
Расход воды $Q_{в, м^3/с}$	48,3	47,4	46,0	45,5	44,1	42,6	40,7	38,9	38,9

Воспользовавшись «Методика расчета максимальных расходов речных вод в таёжной зоне Западной Сибири» выполнили расчеты дождевых паводков.

Таблица 3.9 – Исходные данные для расчета дождевых паводков

Параметры	р. Исток	р. Мостовка	р. Исеть
λ	15	15	15
B, км	6,61	13,0	25,8
a	0,081	0,081	0,081
$R_{T1\%}$	101	101	101
b	20,71	20,71	20,71
I, ‰	0,0019	0,0010	0,0009
$n_{ср}$	0,420	0,420	0,420

Таблица 3.10 – Расчёт максимальных расходов дождевых паводков различной обеспеченности для р. Исток, р.Исеть, р. Мостовка

р. Исток							
Характеристика стока	Обеспеченность P%						
	0,1	1	2	3	5	10	25
Расход воды $Q_{в, м^3/с}$	13,1	8,20	6,56	5,90	4,92	3,28	1,80
р. Мостовка							
Характеристика стока	Обеспеченность P%						
	0,1	1	2	3	5	10	25
Расход воды $Q_{в, м^3/с}$	14,0	8,78	7,02	6,32	5,27	3,51	1,93

р. Исеть							
Характеристика стока	0,1	1	2	3	5	10	25
Расход воды Q_B , м ³ /с	23,4	14,6	11,7	10,5	8,77	5,84	3,21

По СН-435-72 «Указания по определению расчетных гидрологических характеристик» выполнили следующие расчеты весеннего половодья.

Таблица 3.11 – Исходные данные для расчета весеннего половодья

Параметры	р. Исток	р. Мостовка	р. Исеть
K_0	0,015	0,015	0,015
h , мм	70	60	40
F , км ²	26,4	97	532
n	0,5	0,5	0,5
δ	0,76	0,87	0,68
δ_2	0,92	0,98	0,99

Таблица 3.12 – Расчёт максимальных расходов весеннего половодья различной обеспеченности для р. Исток, р.Исеть, р. Мостовка

р. Исток									
Характеристика стока	Обеспеченность Р%								
	0,1	1	3	5	10	25	50	75	95
Расход воды Q_B , м ³ /с	16,6	13,7	12,0	11,1	9,69	7,36	4,92	2,81	0,85
р. Мостовка									
Характеристика стока	0,1	1	3	5	10	25	50	75	95
Расход воды Q_B , м ³ /с	39,0	32,3	28,3	26,2	22,8	17,3	11,6	6,60	1,99
р. Исеть									
Характеристика стока	0,1	1	3	5	10	25	50	75	95
Расход воды Q_B , м ³ /с	72,4	59,9	52,5	48,6	42,3	32,2	21,5	12,3	3,70

По действующему документу «Указания по расчету дождевых расходов» выполнены расчеты расходов дождевых паводков.

Таблица 3.13 – Исходные данные для расчета дождевых паводков

Параметры	р. Исток	р. Мостовка	р. Исеть
a_p	0,97	0,88	0,83
α_p	0,23	0,63	0,64
$F, \text{ км}^2$	26,4	97	532
φ	0,27	0,19	0,14
K_j	0,75	0,75	0,75
K_ϕ	1,04	2,52	2,42

Таблица 3.14 – Интенсивность дождей часовой продолжительности

№ района	Часовая интенсивность дождя (мм/мин) ВП в %							
	10	5	4	3	2	1	0,3	0,1
1	0,22	0,27	0,29	0,32	0,34	0,4	0,49	0,57
2	0,29	0,36	0,39	0,42	0,45	0,5	0,61	0,75
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	1,7	0,95	1,15
4	0,45	0,59	0,64	0,69	0,74	0,9	1,14	1,82
5	0,46	0,6	0,69	0,75	0,82	0,97	1,26	1,48
6	0,49	0,65	0,73	0,81	0,89	1,01	1,46	1,73
7	0,54	0,74	0,82	0,89	0,97	1,15	1,5	1,77
8	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,41	1,78	2,07
9	0,81	1,02	1,11	1,2	1,28	1,48	1,83	2,14
10	0,82	1,11	1,23	1,35	1,46	1,74	2,25	2,65

Для расчетов дождевых паводков, выбран район №5 по карте – схеме ливневых районов.

Таблица 3.15 – Дополнительные параметры дождевых паводков. р. Исток

K_T	α_0	δe	γ_d	β	Π	ϕ	c	$L, \text{ км}$
1,0	0,40	0,58	0,35	1,20	1,0	0,70	0,20	3,50

Таблица 3.16 – Расчёт максимальных расходов дождевых паводков различной обеспеченности для р. Исток

Характеристики стока	Часовая интенсивность дождя (мм/мин) ВП в %							
	10	5	4	3	2	1	0,3	0,1
Интенсивность осадков $a_p\%$	0,45	0,59	0,64	0,69	0,74	0,90	1,14	1,82
Расход воды $Q_b, \text{м}^3/\text{с}$	9,5	12,5	13,6	14,6	15,7	19,1	24,2	38,6

Выполнив расчеты по 4 нормативным документам: СП-33-101-2003; СН-435-72; Указания по расчету дождевых расходов; Методика расчета максимальных расходов речных вод в таёжной зоне Западной Сибири, получили результаты различной обеспеченности. Сравним максимальные расходы воды 1% обеспеченности $Q_{1\%}$.

Таблица 3.17 – Сравнительная таблица

Река	Весеннее половодье $Q_{1\%}$		Дождевые паводки		
	СП 33-101-2003	СН-435-72	СП33-101-2003	М.З. Сибири	Указания
Исток	3,37	13,7	15,3	8,20	19,1
Мостовка	11,8	32,3	35,4	8,78	-
Исеть	47,4	59,9	66,5	14,6	-

Сравнивая нормативные документы по весеннему половодью и дождевым паводкам, в СП 33-101-2003 $Q_{1\%}$ значения больше, чем в СН-435-72 и в «Методики расчета максимальных расходов речных вод в таёжной зоне Западной Сибири».

Свод Правил 33-101-2003 является основным документом, однако использование его для определения расходов при отсутствии данных требует больших временных затрат, необходимы карты с различными параметрами. Для расчета расходов весеннего половодья сложно подобрать реки-аналоги для малых водосборов, так как не выполняются необходимые условия. Поскольку документ действующий, результаты считаем оптимальными.

СН-435-72, документ не действующий, для расчетов требуется реки-аналоги и карты, которые предоставлены в приложении данного документа.

По сравнению со Сводом Правил результаты получились завышенные значения, причем при увеличении площади водосбора разница в расходах уменьшается с 300% до 30%.

Также сделаны расчеты по «Методике расчета максимальных расходов речных вод в таёжной зоне Западной Сибири» и видно, что расходы занижены. Это говорит о том, что, возможно, необходимы дополнительные исследования для более точного построения региональных зависимостей. Данная методика позволяет уменьшить трудоемкость гидрологических расчетов при анализе вариантов размещения объектов строительства и правильно оценить изменение максимального стока при варьировании атмосферного увлажнения, озёрность, лесистость, заболоченность в результате антропогенных факторов и природных процессов.

По «Указаниям по расчету дождевых расходов» выполнены расчеты только для одного створа, так как площадь водосбора для нахождения некоторых параметров имеет ограничение до 80 и 100 км². Использовать данные указания по расчету дождевых паводков очень просто, все необходимые таблицы и графики собраны под расчетной формулой, никакие другие документы дополнительно не нужны. К отрицательным моментам относится то, что результат отличается от СП 33-101-2003 на 25%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Требования к расчетным нормам и методам определяются нормативными документами на проектирование транспортных сооружений, природными условиями и изученностью района строительства, сроками и стадиями проектно-изыскательских работ и необходимостью обеспечения проектных решений независимо от сложности природных и других условий проектирования.

Инженерные изыскания дают возможность сбора и последующего использования натуральных данных о расходах. Величины расходов, полученные в результате полевых обследований, расширяют возможности оценки результатов расчета максимальных расходов воды по различным методам и определяют необходимость разработки расчетного метода, который позволил бы обобщить эти данные для расчета в любом районе изысканий. [15]

Это обстоятельство требует установления целесообразного состава, объема и метода полевых обследований для сбора наиболее полноценных сведений о расходах.

Для определения строительных затрат и объемов проектно-изыскательских работ на предпроектной стадии крайне необходима приближенная оценка максимальных расходов. К методам приближенных расчетов предъявляют требования по определению паводочных расходов в любом заданном районе без каких-либо дополнительных исследований или проработок.

Среди множества работ, посвященных методам расчета максимального стока при отсутствии данных наблюдений, наибольший практический интерес представляют методы, получившие применение в нормативных документах либо при региональных обобщениях. Этим объясняется выбор нормативных и методических материалов, использованных в работе.

Формула в «Указаниях по расчету дождевых расходов» является редуцированной формулой Д.Л. Соколовского с уточнениями Б.Ф. Перевозникова

и ее преимуществом перед формулой предельной интенсивности (СП 33-101-2003) можно считать простоту использования, большую определенность ее параметров и возможность их уточнения на основе учета полевых или стационарных материалов наблюдений.

В выпускной квалификационной работе рассмотрены различные нормативные и методические документы, посвященные расчетам максимальных расходов при отсутствии данных гидрометрических наблюдений: «СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик», «Указания по расчету дождевых расходов», «СН-435-72 Указания по определению расчетных гидрологических характеристик», «Методика расчета максимальных расходов речных вод в таёжной зоне Западной Сибири».

Выполнены расчеты максимального стока различной обеспеченности для трех водосборов, пересекаемых проектируемой трассой Уральской скоростной магистрали «Екатеринбург – Челябинск». Произведено сравнение результатов расчета и сделан анализ полученных значений.

Таким образом, цель выпускной квалификационной работы достигнута полностью, выполнены поставленные задачи, учтены требования нормативной и методической документации к расчету максимального стока рек при отсутствии данных наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свод Правил 33–101–2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» [Текст] – М: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 73 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 11. Средний Урал и Приуралье [Текст] – Л: Гидрометеиздат, 1972. – 849 с.
3. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации [Текст] – СПб: РГГМУ, 2007. – 278 с.
4. Сикан А.В., Малышева Н.Г., Винокуров И.О. Лабораторный практикум. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации [Текст] – СПб: РГГМУ, 2014. – 75 с.
5. Слабожанин Г.Д. Определение расчетного максимального расхода [Текст]. – Томск: Изд-во Томского архит.- строит. ун-та. – 2014. – 28 с.
6. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. [Текст] – СПб: ГГИ, 2009 – 193 с.
7. Савичев О.Г. Методика расчета максимальных расходов речных вод в таежной зоне Западной Сибири [Текст] – Томск: ТПУ, – 2011. –144 с.
8. Указания по расчету дождевых расходов [Текст] – Москва: ГПИ Союздорпроект, 1973. – 39 с.
9. СН-435-72 Указанию по определению расчетных характеристик [Текст] – Л: Гидрометеиздат 1972 –34 с.
10. Опубликована схема скоростной железной дороги Екатеринбург-Челябинск: [Электронный ресурс]. URL: <https://ura.news/news/1052325891>. (Дата обращения: 18.05.2018).
11. СНиП 2.01.14-83. «Определение расчетных гидрологических характеристик» Госстрой СССР . — М: Стройиздат, 1985. — 36 с.

12. «Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений» СПб, изд. «Нестор-История», 2009. – 193 с.
13. Владимиров А.М. «Гидрологические расчеты» Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 364 с.
14. Горошков И.Ф. «Гидрологические расчеты» Л.: Гидрометеиздат 1979. – 431 с.
15. Перевозников Б.Ф. Расчеты максимального стока при проектировании дорожных сооружений. – М.: Транспорт, 1975. – 304 с.

