



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

**Регулирование поверхностного стока  
при водоотводе с автомобильных дорог**

Исполнитель

Захаров Дмитрий Витальевич

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

кандидат физ.-мат.наук

(ученая степень, ученое звание)

Саноцкая Надежда Александровна

(фамилия, имя, отчество)

«Защите допускаю»

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  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
(РГГМУ)

*Кафедра гидрометрии*

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА  
на тему  
“Регулирование поверхностного стока при водоотводе  
с автомобильных дорог”

Выполнил: Захаров Д.В.  
гр.ПГ-Б14-1-4

Руководитель: Саноцкая Н.А.

Санкт-Петербург 2018

## Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Водоотвод с автомобильных дорог.....	5
1.1. Общие правила проектирования водоотводных устройств.....	5
1.2. Особенности стекания и факторы формирования максимального стока.....	8
1.3. Расчет притока дождевых вод к водоотводным сооружениям.....	16
1.4. Регулирование поверхностного стока.....	19
Глава 2. Регулирование поверхностного стока при водоотводе с автодороги “Москва-Минск”.....	26
2.1. Физико-Географическая характеристика района.....	26
2.2. Расчеты максимального стока.....	28
Заключение.....	36
Список литературы.....	37

\

## ВВЕДЕНИЕ

Для современных дорог России, в особенности сейчас, характерным является повышение роста интенсивности движения в транспортном потоке легковых автомобилей, этим обуславливается необходимость возрастания требований к качеству проектирования и строительства дороги, а так же необходимости доведения уровня строительства до мировых стандартов.

Однако, не всем вопросам уделяется достаточное количество внимания. Например, факторам, определяющим показатели транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, в частности, функционированию системы водоотвода. Такое отношение к столь важному вопросу, касающегося водоотвода с автомобильных дорог, приводит к снижению прочности дорог, нарушению устойчивости покрова земли, сокращению ремонтных сроков дорог, снижению уровня безопасности и удобства передвижения транспорта, загрязнению окружающей среды.

Влияние на автомобильную дорогу оказывают не только факторы природы, но и результаты строительства дороги и искусственных сооружений на ней, которые находятся в тесной связи между собой. Поэтому в начале проектирования автомобильной дороги при оценке климатических, гидрологических и геологических условий района строительства и выборе схемы сбора и отвода поверхностных вод следует прогнозировать работу водоотводной конструкции в процессе эксплуатации, тем самым, уменьшая возможность изменения природных условий под влиянием производственной деятельности человека.

В данный момент при строительстве сооружений водоотвода применяются новые конструктивные элементы, но из-за недостатка рекомендательной литературы по установке, процесс работы часто идет с грубым нарушением технологического регламента, в следствие чего это приводит к раннему разрушению водоотводных сооружений.

На основании вышеизложенного, а так же в связи с актуальностью проблемы повышения качества выполнения работ при установке систем водоотвода целесообразным является проведение ряда исследований, с дальнейшим обобщением их уже имеющимся опытом строительства в России и за рубежом.

Задачи развития современного дорожного строительства связаны с решением ряда научных проблем, к числу которых относится разработка технолого-методологического комплекса вопросов по обоснованию и устройству поверхностного водоотвода с автомагистралей и прилегающих склонов.

Автомобильные дороги требуют сложных водоотводных сооружений. Плохо обеспеченный водоотвод приводит не только к нарушению нормальной эксплуатации дороги, но и к развитию эрозионной и оползневой деятельности в прилегающей местности и к загрязнению окружающей среды.

Особая проблема по очистке поверхностных вод, стекающих с дорожных конструкций, возникла в 1978 году, в связи со строительством ряда мостовых переходов через реки и водохранилища, используемые для забора питьевых вод. Потребовалось решение многих новых задач: оценки степени загрязнения сточных вод и отверстий ливнепусков, расчета закрытой ливневой канализации, выбора типа и назначения конструкции очистных сооружений, разработки общей схемы организации сбора, отвода, очистки и сброса очищенной воды в естественный водоем.

К настоящему периоду в Союздорпроекте эти и другие проблемы дорожного водоотвода решены и получили практическую реализацию по ряду построенных автомобильных дорог, мостовых переходов, транспортных развязок движения, автополигонов и других дорожных сооружений.

# 1. ВОДООТВОД С АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

## 1.1. Общие правила проектирования водоотводных устройств

При проектировании водоотводных устройств независимо от схемы организации поверхностного водоотвода выполняются следующие работы: разработка общей схемы организации поверхностного водоотвода; выбор и назначение основных элементов и конструкций водоотводных устройств, рациональных для данного объекта проектирования; размещение водоотводных устройств в плане, продольном и поперечном сечениях; определение границ водосборов и их основных характеристик; определение притока поверхностных вод с водосборных поверхностей, а также водопропускной способности водоотводных сооружений и их гидравлических характеристик; определение расстояний между водосборными или водоприемными сооружениями; выбор и назначение типов укреплений водоотводных сооружений, подводящих и отводящих русел; разработка плана организации строительных работ и водоотвода в период строительства и определение объемов работ.

Расчетная схема организации поверхностного водоотвода разрабатывается для каждого объекта применительно к одной из общих схем водоотвода или к другим индивидуального проектирования.

Применительно к любому объекту дорожного строительства, а также и для каждой из рассмотренных общих схем организации водоотвода необходимо разрабатывать и обосновывать расчетами две системы водоотводных устройств; с проезжей части, разделительных полос и обочин; от земляного полотна в насыпи или выемке. Основа для разработки этих двух систем и общей схемы водоотводных устройств на каждом объекте – предварительные варианты конструктивных решений поперечных и продольных профилей дорог, а также параметры расположения дорожных сооружений на местности, устанавливаемые в соответствии с расчетными

транспортно-эксплуатационными показателями и нормативами устойчивости земляного полотна. В результате анализа этих вариантов с учетом требований по обеспечению водоотвода разрабатываются окончательные варианты решения всего комплекса земляного полотна и выбирается рекомендуемый к строительству.

Для принятия окончательного конструктивного решения системы водоотводных устройств земляного полотна необходимы изыскательные работы по выбору и укладке на местности водоотводных канав различного назначения. Такие работы, как правильно, выполняются в процессе рабочего проектирования. Для обоснования проектируемой конструкции водоотвода с поверхности автомобильных дорог изысканий не требуется, за исключением полевого обследования водоотводных устройств реконструируемых объектов дорожного строительства. Выбирать и назначать основные элементы и конструкцию водоотводных устройств, применяемых в общей схеме организации поверхностного водоотвода, нужно в соответствии с действующими типовыми решениями Трансстроя.

В отдельных случаях возникает необходимость обоснования типовых конструкций водоотводных устройств применительно к измененным нормативным или иным транспортно-эксплуатационным показателям и параметрам земляного полотна. С этой целью производят корректирующие расчеты по определению водопропускной способности водопропускных лотков, максимальных расходов поверхностной воды и расстояний между типовыми или индивидуальными водосбросами.

Условия формирования максимального поверхностного стока на искусственных склонах дорожных покрытий, разделительных полосах, откосах и его регулирование водоотводными устройствами многообразны и имеют характерные особенности, главными из которых являются наличие узких односкатных и двускатных поверхностей стекания с продольными и поперечными уклонами. На основе проведенных научных исследований

разработана методика расчета максимального поверхностного стока, которая применена при разработке конструкций водоотводных устройств, типовых, а также индивидуальных на построенных и строящихся автомобильных дорогах.

В целях обеспечения безопасности и наиболее благоприятных условий для движения автотранспорта не допускается искусственная аккумуляция и задержание дождевого стока конструктивными элементами на поверхности дороги.

Границы водосборов прилегающих склонов и их основные характеристики определяются по планам в горизонталях, а при проектировании водоотвода с поверхности дорог – по расчетным поперечным и продольным профилям дороги. С этой целью разработаны типы поперечных профилей дорог I-II категорий на основе требований нормативных транспортно-эксплуатационных показателей. По этим профилям для типовых конструкций водоотводных устройств определены площади, границы и уклоны водосборов поверхностных вод.

На основе анализа этих профилей с расположением водоотводных устройств заданного сечения устанавливаются исходные данные гидрологического обоснования типовых и индивидуальных конструктивных решений по схеме водоотвода.



## 1.2. Особенности стекания и факторы формирования максимального стока.

Поверхности стекания дорожного водоотвода характеризуются наличием малых односкатных и безруслowych склонов, а также двускатных с русловой системой.

Односкатные и безруслowych склоны – это наклонные искусственные поверхности дорожного полотна, а также прилегающие к дороге естественные склоны местности.

Водопроницаемость и потери стока на этих склонах зависят от типа конструкций дорожных покрытий асфальтобетонных и цементобетонных, черных щебеночных и гравийных, грунтовых и щебечно-гравийных и другие, а также от вида почво-грунтов и растительного покрова естественных склонов. Поверхности стекания с земляного полотна обычно бывают прямоугольной формы, а с естественных склонов, кроме того, веерообразной, удлиненной и в виде двух вытянутых прямоугольников, примыкающих с обеих сторон к водоотводному сооружению. Искусственные поверхности стекания могут иметь как продольный, так и поперечный уклон одновременно. Продольные уклоны поверхностей стекания могут изменяться от 0,001 до 0,7 и более. На протяжении всего склона или участка вдоль дороги на нем может наблюдаться переменная крутизна.

Площадь поверхностей стекания определяется условиями строительства и конструктивными особенностями дорожных сооружений и составляет от 0,0001 до 0,5 км<sup>2</sup> и более.

К основным факторам формирования максимального поверхностного стока относятся условия выпадения и изменения во времени дождевых осадков. Воздействие этих факторов должно рассматриваться с учетом метеорологических особенностей района строительства дороги, требуемой

ВП расчетных дождевых максимумов и времени формирования максимального поверхностного стока на водосборах различных величин, конфигурации, уклонов и типов поверхностей стекания.

Фактические условия формирования поверхностного стока на дорожных поверхностях стекания и малых склонов изучены слабо в требуемом диапазоне ВП от 1 до 10%. Нет еще натуральных данных дождевых максимумов поверхностного стока, достаточных для обобщения и разработки на их основе методов расчета максимального стока. Как показал многолетний опыт строительства, нормативные документы по расчету максимальных расходов не учитывают особенностей стока с микробассейнов. Поэтому вот уже на протяжении ряда лет исходным служит метод расчета, теоретическое обоснование которого дано Б.Ф. Перевозниковым в Союздорпроекте в 1969 году. Этот метод подвергался экспериментальной проверке на ряде объектов, был использован при разработке типовых проектов дорожных сооружений и нормативных документов, рекомендованных Союздопроектom и Главтранспроектom.

В соответствии с этим методом расчетную продолжительность дождя  $t_p$  принимают равной суммарному времени  $t_n$  поверхностной концентрации и стекания по поверхности дороги в продольной водоотводный лоток и времени  $t_l$  добегаания по продольному водоотводному лотку до расчетного створа, то есть:

$$t_p = t_n + t_l \quad (1)$$

Время поверхностной концентрации и стекания воды по поверхности дороги определяют, исходя из условий смоченной поверхности водосбора предыдущими дождями, по формулам:

$$t_n = \frac{0,0167B}{ucos\phi} ; \quad (2)$$

$$B = B_n + 0,5B_l + b_y + b_0 ; \quad (3)$$

$$(4) \quad U = h^{2/3} J^{1/2} : n ,$$

Где  $B$  – минимальное расстояние сброса воды  
 $u$  – скорость стекания  
 $\cos\phi$  - коэффициент учета изменения средней скорости стекания  
 $B_{\text{п}}$  – ширина проезжей части  
 $B_{\text{л}}$  – ширина продольного прикромочного водоотводного лотка  
 $b_{\text{y}}$  – дополнительное уширение проезжей части  
 $b_0$  – ширина укрепленной обочины в случае устройства продольного водоотводного лотка

Расстояния сброса воды в поперечном сечении автомобильной дороги от водораздельных точек до водоотводного лотка могут быть определены по данным типового или индивидуального конструктивного решения.

Расчетами установлено, что для дорог I-III категорий время поверхностной концентрации при максимальном слое одновременного стекания в прикромочный лоток составляет 0,18-0,93 минут для участка стекания длиной от 3,25 до 18 метров и его расчетного уклона 0,15. При уклоне 0,02 для той же длины стекания время поверхностной концентрации составляет 0,17-0,87 минут.

При одинаковом расчетном слое склонового стока скорости стекания постоянны для любого заданного уклона (0,003-0,07) независимо от длины склона.

Теоретический анализ возможных очертаний свободной поверхности воды при заполнении ею прикромочного лотка показал целесообразность принятия криволинейной схематизации этой поверхности, занимающей среднее значение между линейными очертаниями при  $h_1=h_2=h_3=0,04$  метра и

треугольным очертанием, ограниченным начальной глубиной 0,01 и конечной 0,04 метра.

При такой схематизации кривой свободной поверхности, рассчитываемой по трем одинаковой длины участкам, и конструктивно обусловливаемом расчетном заполнении живого сечения лотка в замыкающем створе, равном 0,04 метра, среднего – 0,029 метра и низового – 0,037 метра. Расчетами установлено, что время добегаания воды по продольному лотку длиной от 30 до 200 метров при минимальном нормативном уклоне стекания по дорожным водоотводным сооружениям, равным 0,003, изменяется от 1,53 до 10,21 минут.

Анализ вычисленных величин времени добегаания для живого сечения лотка, заполняемого водой по трем формам свободной поверхности паводочной волны, показал, что величина наполнения русла значительно влияет на расчетное время руслового добегаания. Так, при сравнении паводочной волны треугольного очертания с прямоугольным выявлено, что время руслового добегаания по лотку независимо от уклонов стекания уменьшается примерно в 2 раза. Поскольку форма кривой свободной поверхности паводочной волны при заданных конструктивных размерах лотка характеризует условия наполнения его живого сечения по всей длине сброса, нетрудно убедиться в том, что чем равномернее и интенсивнее поступает вода в русло примочного лотка по всей его длине, тем меньше время руслового добегаания.

На малых водосборах наибольшая равномерность и интенсивность поступления воды в русло достигается при симметричных и равновеликих по площади и уклонам двускатных боковых склонах, для которых и можно принять прямоугольную схематизацию кривой свободной поверхности паводочной волны.

Двускатные склоны были приняты профессором Протодяконовым в качестве расчетных для разработки теории стока с малых водосборов. Однако такие искусственные склоны, за исключением разделительных полос на поверхности автомобильных дорог, встречаются в дорожных конструкциях весьма редко.

На естественных склонах и водосборах с русловой системой форма кривой свободной поверхности паводочной волны индивидуальна и отличается от трех рассмотренных выше – прямоугольной, треугольной и промежуточной. Она будет криволинейной, зависящей от размеров водосбора, крутизны и изрезанности рельефа, потерь стока на склонах и в русле, условий искусственного и естественного регулирования поверхностного и руслового стекания, симметричности склонов и всего водосбора. Поэтому для водосборов с аналогичными другими факторами формирования поверхностного стока наполнение русла и форма кривой свободной поверхности паводочной волны будут определяться формой водосбора.

Анализируя водосборы в различных регионах, можно выделить три наиболее характерные формы, обобщающие все остальные: а) прямоугольная вдоль русла; б) то же, поперек русла; в) веерообразная. Влияние этих форм на время руслового и склонового добегающих можно учесть специальным коэффициентом. На необходимость учета этого фактора как самостоятельного при приближенных расчетах поверхностного стока на водотоках указано профессором Соколовским, давшим первоначальные рекомендации по определению коэффициента формы. Эти рекомендации в дальнейшем были развиты Перезвониковым.

Ввиду того что наполнение прикромочного лотка принимается по принятой форме кривой свободной поверхности паводочной волны с конструктивно ограниченной средней глубиной воды в замыкающем створе, не требуется учета коэффициента формы при определении максимального

расхода с искусственных и естественных водосборов с аналогичными длинами склонового и руслового стеканий время добегаания по лотку, очевидно, нужно определять с учетом прямоугольного очертания кривой свободной поверхности паводочной волны.

Особо следует отметить влияние коэффициентов шероховатости поверхностей стекания на время стока по склонам проезжей части, обочин, разделительной полосы, а также по руслу прикромочного лотка. На естественных склонах, как и на искусственных, эти коэффициенты могут отличаться от типовых из-за сравнительно небольшого слоя стекания. Только натурные измерения скоростей и слоев поверхностного склонового стока могут дать истинные величины этих коэффициентов шероховатости. Однако таких измерений на изучаемых искусственных склонах пока не имеется. Анализом зависимости времени добегаания от коэффициента шероховатости при стоке воды по бетонному лотку установлено, что с изменением шероховатости от 0,016 до 0,018 увеличивается время поверхностной концентрации в 1,12 раза, то есть примерно на 11%.

При наличии натуральных измерений скоростей склонового стока можно предположить, что схематизация расчета скоростей стекания по Шези-Маннингу потребует некоторой корректировки.

Анализ результатов вычислений по формуле (1) показал, что продолжительность расчетного дождя уменьшается как с уменьшением размеров водосбора, так и с увеличением продольных уклонов прикромочных лотков.

Возникла необходимость исследования методов учета влияния продольного уклона стекания на изменение расчетного времени добегаания. В 1968 ГОДУ Перевозников предложил учитывать влияние продольного уклона склонового стекания через коэффициент крутизны водосборного бассейна, равный отношению времени добегаания для водосборов с

различными уклонами ко времени добегаия при регламентирующем уклоне 3% для склонового стока.

Расчетное время добегаия для водосборов различной величины и крутизны стекания по времени добегаия для регламентирующего уклона 3% может быть оценено по формуле:

$$t_{py} = t_p \delta_J \quad (5)$$

Расчетное время добегаия в формуле (5) при регламентирующем уклоне стекания может быть получено путем построения и анализа зависимости  $t_p=f(F)$  для различных исследуемых водосборов.

Один из основных факторов поверхностного стока – дождевые осадки. Расчетные интенсивности дождевых осадков можно определить по формуле (5) для каждого ливневого района СССР в соответствии с расчетной продолжительностью дождя, принимаемой равной времени добегаия.

Однако не во всех районах имеются данных многолетних наблюдений за дождевыми осадками, по которым можно было бы определить расчетные интенсивности осадков, соответствующие требуемым продолжительностям их выпадения и формирования паводочных расходов. Поэтому для расчетов в неизученных районах при отсутствии или недостатке многолетних наблюдений можно построить модель зависимости интенсивности осадков от требуемого диапазона их продолжительности  $a=f(t)$ . В 1969 году Перевозниковым был предложен метод построения такой модели по исходному интервалу продолжительности, равному 1 час. Использование часового дождя при расчетах максимального дождевого стока впервые было применено Соколовским. Однако часовая интенсивность дождя характерна не для всех водосборов, что и потребовало обосновать метод редукции часовой интенсивности дождя для расчетов максимального стока с малых водосборов.

Выбор исходного часового дождя для построения расчетной модели зависимости интенсивности осадков от их продолжительности обосновывается: а) центральным положением часового дождя на устойчивости части кривой  $a=f(t)$ ; б) соответствием этого интервала для наиболее часто встречающихся водосборов с площадями от 10 до 100 км<sup>2</sup>; в) возможностью определения часовой интенсивности осадков по данным многолетних наблюдений в интервале продолжительностей 24, 48 и 72 часа; г) возможностью натурной оценки по данным полевого обследования паводков прошлых лет по их следам и меткам, а также гидрометрическим наблюдениям паводков в периоды изысканий на водотоках с водосборными бассейнами от 10 до 100 км<sup>2</sup>; д) многолетним положительным опытом расчетов по редуцированной формуле максимального стока с использованием часового слоя осадков для теоретической оценки предельной и натурной интенсивностей водоотдачи, рекомендованной результатами предшествующих исследований.

### 1.3 Расчет притока дождевых вод к водоотводным сооружениям.

В автодорожном строительстве, начиная с 1968 года, применяются типовые конструкции водоотводных устройств для отвода воды с проезжей части, в основу которых положен метод оценки дождевых максимумов расходов, разработанный Союздорпроектом.

По данным многолетних наблюдений за дождевыми осадками, определены величины часового слоя дождя для различных вероятностей превышения в ливневых районах СССР. Анализ этих данных позволил провести ливневое районирование территории СССР и других стран применительно к осадкам часовой продолжительности. Редуцицию часового слоя дождя предложено производить с помощью коэффициента  $K_t$ , равного



отношению интенсивности дождя любой расчетной продолжительности дождя, равной 0, 2, 5, 10, 20, 30, 45 и 60 минут, по каждому ливневому району вычислены  $K_t$  и построены зависимости  $K_t=f(T)$ . Имея соотношения  $F$  и  $t_p$ , можно по зависимости получить  $K_{tj}$  для любого времени формирования максимальных расходов по каждому из 10 ливневых районов СССР.

Максимальный приток дождевых вод расчетной ВП рекомендуется определять по формулам:

$$Q_p = 16,7 a_p \alpha_p F_\phi K_\phi ; \quad (6)$$

$$a_p = a_{\text{час}} K_{Tj} ; \quad (7)$$

$$\alpha_p = \alpha_0 \delta_e ; \quad (8)$$

$$\delta_e = 1 - y \beta \Pi , \quad (9)$$

Где  $a_p$  – расчетная интенсивность осадков  
 $\alpha_p$  – расчетный коэффициент склонового стока  
 $F$  – водосборная площадь, км<sup>2</sup>  
 $\phi$  - коэффициент редукции максимального дождевого стока  
 $K_\phi$  – коэффициент, учитывающий форму водосбора  
 $a_{\text{час}}$  – максимальная часовая интенсивность  
 $K_{Tj}$  – коэффициент редукции часовой интенсивности осадков  
 $\delta_e$  – коэффициент, учитывающий естественную аккумуляцию  
 $y$  – коэффициент, учитывающий различную проницаемость  
 $\beta$  – коэффициент, учитывающий состояние почво-грунтов  
 $\Pi$  – поправочный коэффициент на редукцию проницаемости

При проложении автомобильной дороги в нескольких ливневых районах или в непосредственной близости от их границ расчетная ливневая характеристика на каждом участке территории, примыкающих к границе или иного района:

$$a_{\text{час}} = 0,5(a_N + a_{N+1}) \quad (10)$$

Для водосборов, площади которых находятся в нескольких ливневых районах, расчетную часовую интенсивность дождя определяют как средневзвешенную по площади.

Коэффициенты стока для грунтовых спланированных с травяной растительностью поверхностей стекания определяют как для естественных склонов согласно формуле (9)

В равнинной местности расчетный уклон главного лога на малых водосборах может быть принят равным уклону лога у сооружения. На водосборах площадью до 1 км<sup>2</sup>, а также на односкатных водосборах при неизменном и однозначном наклоне поверхности стекания в качестве расчетного можно принимать уклон между водоразделом и пониженной точкой живого сечения в створе сооружения. При резкой смене уклонов поверхности стекания на различных частях склонов расчетный продольный уклон определяют как средневзвешенный от водораздела до расчетного створа. Коэффициент формы в формуле (6) применяют для определения максимального стока на водосборах с естественными склонами; для максимальных расходов с поверхности автомобильных дорог коэффициент формы равен единице. Он может быть определен на естественных склонах и водосборах путем натурной оценки и взаимного сопоставления паводочного наполнения русловой системы в замыкающем створе нескольких бассейнов, одинаковых по площади и разных по конфигурации и развитию русловой сети. Наполнение русловой системы в замыкающем створе наиболее целесообразно при инженерных изысканиях определять на месте по меткам уровней высокой воды и опросам очевидцев паводков прошлых лет.

При расчете водоотвода с использованием типовых конструкций водоотводных и сбросных сооружений искусственно ограничивают наполнение русла в замыкающем створе. Иногда такое ограничение диктуется условиями обеспечения безопасности движения, эксплуатацией дорог или сбросом части стока в смежные сооружения. В естественных

условиях на некоторых водосборах тоже наблюдается ограничение наполнения русла, например при переливах части стока из одного бассейна в другой при пониженных водоразделах и бифуркации и развития блуждающих молодых русел.

#### 1.4 Регулирование поверхностного стока

В различных районах проложения внегородских автомобильных дорог может возникнуть необходимость учета специфических факторов, регулирующих максимальный сток и присущих только одному району или отдельным водосборам и значительно влияющих на величину максимального расхода.

По опыту гидрологического обоснования ряда дорожных объектов к этим факторам могут быть отнесены: 1) меженный сток, бессточный емкости, пахотные земли на склонах, искусственное орошение, террасированное земледелие, заторность горных русел, влияние карстовых явлений; 2) регулирование стока искусственными сооружениями; 3) переливы паводковых вод из одного бассейна в другой; 4) неустойчивое перераспределение стока между водотоками на выходе с горе; 5) озерность и заболоченность; 6) забор воды на хозяйственные нужды; 7) многократность повторения расчетных паводков в муссонных районах; 8) регулирование стока на широких поймах; 9) транзитные участки русел, наледные явления и

заледенелость русла, регулирование стока мелиоративными сооружениями; 10) подпорные явления; 11) наличие в бассейне населенных пунктов, дорог. Эти факторы нужно учитывать в каждом конкретном случае, путем введения в формулу (6) дополнительных коэффициентов, установленных по данным исследований, а при их отсутствии на основе материалов полевых гидрометеорологических обследований водосборов. В особо сложных случаях и при недостаточности материалов полевого обследования для обоснования методов учета влияния этих факторов необходимо проводить гидрологические изыскания и исследования по специальным программам.

При учете региональных факторов надо устанавливать их влияние на расход исходя из особенностей внутригодового режима дождевого стока в районе изысканий. Необходимо также давать вероятностную оценку возможного совпадения паводочного периода со временем действия этих факторов, как регулирующих.

Для учета некоторых особенностей регулирования максимального стока обобщены рекомендуемые расчетные методики, разработанные различными авторами.

Предел аккумуляции паводочного стока регламентируется СНиП II-Д.7-62, согласно которому уменьшение максимальных расходов притока вследствие учета аккумуляции допускается не более чем в 3 раза. Дополнительные ограничения при создании временного пруда аккумуляции перед дорогой возникают в: 1) горной и предгорной местностях при значительных уклонах главного лога; 2) районах муссонного климата при возможности прохода расчетного паводка по частично или полностью заполненному пруду аккумуляции предыдущими дождями; 3) местах затопления ценных угодий, населенных пунктов; 4) районах вечной мерзлоты с возможными условиями образования наледей. Эти ограничения оценивают в каждом конкретном случае для отдельных или целой группы сооружений.

Расчетный расход воды в сооружении с учетом создания пруда аккумуляции рекомендуется определять по формулам:

$$Q_c = Q_p (1 - W_{\text{пр}}/W_p) K_r; \quad (11)$$

$$W_p = 1000 a_p \alpha_p F t_{\text{оп}}; \quad (12)$$

$$W_{\text{пр}} = K_0 \omega \left( \frac{H_{\text{пр}}}{J_0} \right) \sin \alpha, \quad (13)$$

Где  $Q_p$  – максимальный расход дождевых вод, м<sup>3</sup>/с;

$W_{\text{пр}}$  – объем дождевого стока, м<sup>3</sup>;

$K_r$  – коэффициент формы расчетного гидрографа паводка;

1000 – коэффициент, учитывающий размерность параметров;

$a_p$  – расчетная интенсивность осадков;

$\alpha_p$  – расчетный коэффициент склонового стока;

$F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;

$K_0$  – коэффициент, учитывающий очертание продольного профиля дна пруда и равный 0,33;

$\omega$  – площадь живого сечения водостока в створе сооружения при расчетном уровне подпертой воды, м<sup>2</sup>;

$H_{\text{пр}}$  – максимальная глубина воды в пониженной точке живого сечения;

$J_0$  – расчетный уклон лога на участке образования пруда аккумуляции;

При конфигурации живого сечения водотока с четко выраженными руслом и пойменными частями или участками с резким различием формы поперечного сечения, объем пруда определяют по рекомендации Союздорпроекта.

Для уменьшения отверстий труб ливневой, канализационной сети в населенных пунктах рекомендуется предусматривать искусственное регулирование поверхностного дождевого стока. С этой целью разрешается использовать укрепленные овраги с плотинами, закрытые резервуары, а

также пруды, если они не служат источниками питьевого водоснабжения, не предназначены для купания и спортивных мероприятий. В случае расположения регулирующего пруда в населенном пункте поступающую воду из коллектора дождевой канализации пропускают предварительно через специальную камеру с водосливом, рассчитанным на пропуск в обход пруда всех талых вод, а также вод, образующихся при дождях, наиболее частых в данном районе.

Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя устанавливаются с учетом местных условий и возможного ущерба от последствий в случае выпадения дождей с интенсивностью выше расчетной.

Регулирующую емкость пруда определяют путем построения графиков притока и вытекания воды из пруда с учетом нормального и максимального уровней в нем или по формуле:

$$W_{\text{пр}} = Q_p K t_p \quad (14)$$

Где  $Q_p$  – расчетный расход дождевых вод, определяемый гидравлическим расчетом дождевой канализационной сети в месте присоединения к пруду, м<sup>3</sup>/с

$K$  – коэффициент, зависящий от  $\alpha$ , то есть от отношения расхода воды, пропускаемого в сеть в обход пруда или через пруд, к расчетному расходу до пруда

$t_p$  – расчетное время стока со всего водосбора до места присоединения к пруду, определяемое гидравлическим расчетом дождевой сети, с.

Опорожнение регулируемой части пруда после прекращения дождя допускается, как правильно, за период не более 24 часов. Исходя из санитарных соображений и результатов технико-экономических расчетов, продолжительность такого опорожнения может быть в отдельных случаях увеличена.

Отверстие коллектора, расположенного ниже регулирующего пруда, рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$Q = \alpha Q_p + Q_0 + Q_k, \quad (15)$$

Где  $\alpha Q_p$  – расход воды, сбрасываемый в обход регулирующего пруда;

$Q_0$  – расход воды при опорожнении пруда;

$Q_k$  – расход дождевых вод с части водосбора, расположенной ниже пруда.

Дождевые воды нельзя выпускать в: 1) поверхностные водотоки, протекающие в пределах населенных пунктов, при скоростях течения в них менее 5 см/с и расходах до 1 м<sup>3</sup>/с; 2) непроточные пруды и емкости; 3) водоемы в местах, отведенных для пляжей; 4) рыбные пруды; 5) замкнутые лощины и низины, подверженные заболачиванию; 6) размываемые овраги, если не предусмотрены мероприятия по укреплению их русла и берегов; 7) заболоченные поймы рек.

При проложении автомобильных дорог через пруды регуляторы в населенных пунктах необходимо предусматривать достаточное возвышение проезжей части над расчетным уровнем воды, обеспечивающее безопасность движения автомобильного и городского транспорта при локальном туманообразовании над прудами.

## 2. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ПРИ ВОДООТВОДЕ С АВТОДОРОГИ “МОСКВА – МИНСК”

### 2.1 Физико-Географическая характеристика района

Участок изысканий расположен в Гагаринском и Вяземском районах Смоленской области. Столица Смоленской области – город Смоленск. Область протянулась на 255 км с севера на юг и приблизительно на 300 км с запада на восток. Она занимает площадь 49 778 км<sup>2</sup>. Область граничит с севера с Псковской и Тверской областями, с востока – с Московской, с юго-востока – с Калужской и Брянской, с юга - с Брянской областями России, с юга и юго-запада – с Могилевской, а с запада и северо-запада – с Витебской областями Белоруссии.

Регион входит в состав Центрального федерального округа и принадлежит к территории Центрального экономического района. В состав административно-территориальных единиц входят 25 административных районов, 2 города областного подчинения: Десногорск и областной центр Смоленск. Наиболее крупные города Смоленской области, помимо Смоленска – Вязьма, Гагарин, Рославль, Сафоново, Ярцево, Дорогобуж. В число городских поселений входят 15 рабочих поселков.

Большая часть Смоленской области находится в пределах Смоленско-Московской, Духовщинской и Вяземской возвышенностей (с отметками до 320 м). Максимальная отметка региона – 321 м у деревни Марьино Вяземского района. На северо-западе расположены моренные гряды (например, Слободская до 241 м), образованные краями покровного ледника в послеледниковый период из-за постепенного потепления климата. Там же находятся участки Витебской и Валдайской возвышенностей.

На северо-западе области прослеживается частое чередование моренных холмов и ледниковых равнин, наличие озовых гряд и озерных котловин делают рельеф контрастным, мелкоконтурным, пересеченным. По



характеру поверхности рельеф представляет собой холмисто-волнистую равнину ледникового происхождения, повышающуюся с запада на восток со сравнительно глубоко врезынными речными долинами и оврагами. Низины, занимающие незначительные площади, приурочены к бассейнам рек Вазузы, Касни и Гжати.

Климат в области умеренно-континентальный. Он характеризуется умеренно теплым летом (средняя температура июля +17 градусов) и умеренно холодной зимой (средняя температура января -9 градусов). Для большей части региона различия в температуре невелики, лишь южные районы имеют более высокую температуру (приблизительно на 1°). Область относится к избыточно увлажняемым территориям, осадков от 630 до 730 мм в год, больше в северо-западной части — где чаще проходят циклоны, максимум осадков приходится на лето (приблизительно 225-250 мм). Среднегодовое количество дней с осадками от 170 до 190. Вегетационный период 129—143 дня. Период с положительной среднесуточной температурой воздуха продолжается 213—224 дня. Средняя продолжительность безморозного периода 125—148 дней. Для области характерна значительная изменчивость циркуляции атмосферы в течение года, что приводит к весьма заметным отклонениям температуры и осадков от средних многолетних. За год в целом преобладают ветры западного, юго-западного и южного направлений. Также Смоленская область характеризуется высокой облачностью. Максимум ясных дней приходится на весенние месяцы — до 10 %.

Преобладающим типом почв являются дерново-подзолистые (78% площади области) в южной части области в основном супесчаного, в остальной части суглинистого типов. Для них характерны повышенная кислотность, низкое содержание гумуса, малая мощность гумусового горизонта, бедность обменным кальцием, слабая оструктуренность, склонность к заплыванию и образованию корки. Реже встречаются типичные

подзолистые (6,5%) и дерновые (0,6%), а также различные виды болотных и пойменных (0,2%) почв. Отмечается низкое содержание гумуса и деградация плодородия. В результате прекращения мелиорации местами развивается водная эрозия почв.

Гидрографию области определяют 1149 больших, средних и малых рек общей протяженностью 16,7 тыс. км, из них 2 крупных и 4 средних реки: Днепр (504 км), Западная Двина, Остер, Сож, Межа, Угра, и 448 малых - протяженностью более 10 км. Основная река области — Днепр (60%) с притоками Сож, Десна, Вопь, Вязьма. К бассейну Волги (25%) относятся реки Вазуза и её приток Гжать, а также приток Оки река Угра. На водотоках построено 586 водохранилищ и прудов. Из них: емкостью свыше 1 млн. м<sup>3</sup>-16 шт., емкостью от 500 тыс. м<sup>3</sup>. до 1 млн. м<sup>3</sup>-20 шт., емкостью от 100 до 500 тыс. м<sup>3</sup> - 171 шт., емкостью менее 100 тыс. м<sup>3</sup> - 379 шт. Общая площадь зеркала воды искусственных водоемов составляет 26,2 тыс. га, аккумулируемый объем воды в них – 1313,31 млн. м<sup>3</sup>. Среди крупных водохранилищ можно выделить снабжающие водой Москву Вазузское и Яузское водохранилища на северо-востоке.

Растительность Смоленской области представлена лесами, лугами, болотами, водной растительностью, посевами культурных растений. Область расположена в подзоне смешанных елово-широколиственных лесов. Леса, состоящие из различных сочетаний хвойных и лиственных пород (ели, сосны, березы, осины, дуба, липы, клена, вяза и других), всегда были и остаются одним из главных богатств Смоленщины.

На территории области преобладают мелколиственные и хвойные породы, среди которых наиболее многочисленны берёза и ель (приблизительно по 35 % от общего количества деревьев), также большую долю составляют сосна и осина (около 12 % по отдельности). Леса (осина, береза, ель) в 2000-е годы занимали около 38,2 % территории. Расположение лесов на территории области неравномерно. Высокая лесистость в

Угранском, Демидовском, Духовщинском и Холм-Жирковском районах (более 50 % территории районов покрыто лесами). Юго-западный и центральный районы бедны лесами (20% территории). Здесь ведётся активное сельскохозяйственное освоение территории. В наземном покрове преобладают полукустарники – черника, брусника, малина. Основные виды трав представлены зверобоем, щучкой дернистой, овсяницей красной, хвощем лесным, снытью обыкновенной, папоротником, местами зелеными мхами.

Во флоре лугов преобладают: тимофеевка луговая, овсяница луговая, мятлик луговой, полевица красная, душистый колосок, зверобой, нивяник, щавель, лютик едкий, тысячелистник, короставник, манжетка, лапчатка серебристая, ежа сборная, костер безостый, пырей ползучий, и другие; и вместе с бобовыми культурами (чина луговая, мышиный горошек, клевер красный и белый, лядвенец рогатый) составляют основу растительного покрова. Широко распространены на лугах однолетние полупаразиты: погребок малый, очанки, мытники. Избыточно увлажненные луга занимают пониженные участки поймы. Болота занимают на территории области значительные площади с преобладанием низинных болот. На них произрастают различные виды осок (острая, пузырчатая, лисья), тростник обыкновенный, хвощ болотный, хвощ приречный, таволга вязолистная, гравилат речной, сабельник, камыш, рогоз, крапива и другие; на почве – зеленые блестящие гипновые мхи. Из древесных растений на болотах можно встретить сосну обыкновенную, березу пушистую, ольху черную и некоторые виды ив.

## 2.2 Расчеты максимального стока

Весеннее половодье на водотоках исследуемого района является основной фазой водного режима. В этот период проходит в среднем от 60 до 70 % суммарного стока за год. При этом большая часть объема весеннего половодья (75-80 %) формируется за счет поверхностного стока талых вод.

По величине максимальных расходов и слою стока дождевые паводки меньше весенних снеговых.

Продолжительность наблюдений по водотокам не достаточна для определения гидрологических характеристик различной обеспеченности. Площадь водосборов расчетных водотоков на 1-2 порядка меньше площадей рассматриваемых малых водотоков сети. Это затрудняет использование данных наблюдений р.Сежа и другим водотокам в качестве прямых аналогов при определении вероятностных гидрологических характеристик. Поэтому наблюдения за половодьем по перечисленным створам использовались для оценки отдельных расчетных параметров половодья, входящих в расчетную редуцированную формулу.

Максимальные расходы воды весеннего половодья рассчитаны согласно СП 33-101-2003, так как систематических гидрометрических измерений на водотоках в расчетных створах не проводилось.

Расчетный максимальный расход воды весеннего половодья  $Q_{p\%}$ , заданной вероятностью превышения  $P\%$  определялся по редуцированной формуле:

$$Q_{p\%} = K_o h_{p\%} \delta \delta_1 \delta_2 A / (A + A_1)n, \quad (16)$$

где  $K_o$  – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья;  $n$  – показатель степени редукиции.

Значения  $K_o$  и  $n$  находятся в зависимости от природной зоны района и категории рельефа. Для данного района  $n$  принимается равным 0,25,  $K_o$  – 0,0063 (как среднее по району, таблица 2.2.1).

Таблица 2.2.1 Коэффициент дружности половодья по ближайшим гидрологическим постам

№ п/п	Река	Пост	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	K <sub>o</sub>
1	Гжать	г. Гжатск	418	0,0059
2	Гжать	д. Кормино	484	0,0063
3	Сежа	д. Новое Село	375	0,0068

$h_p\%$  – расчетный слой стока весеннего половодья вероятностью превышения  $P\%$ ; определяется в зависимости от коэффициента вариации слоя весеннего стока  $C_v$ , среднего многолетнего слоя стока -  $h_0$  и соотношения  $C_s/C_v$ . Для рек с площадями водосборов менее  $200 \text{ км}^2$  значение коэффициента вариации  $C_v$  вводится коэффициент 1,25.  $h_0$  принимается равным для данного района 125 мм,  $C_v = 0,35$ . Соотношение  $C_s/C_v$  принимается равным 2.

$\eta$  – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоев стока и максимальных расходов талых вод, определяется в зависимости от природной зоны и расчетной обеспеченности;

$\delta$  – коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды весеннего половодья на реках, зарегулированных проточными озерами, следует определять по формуле:

$$\delta = 1/(1 + C A_{оз}), \quad (17)$$

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  $\delta$  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  $10\%$ .

$\delta_1$  – коэффициент учитывающий влияние залесённости бассейна водотока определяется по формуле:

$$\delta_1 = \alpha / (A_{л} + 1)^{n'}, \quad (18)$$

где  $n'$  – коэффициент редукции; устанавливают по зависимости  $q_{\max} = f(A_{л})$  с учетом преобладающих на водосборе почвогрунтов;  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий расположение леса на водосборе (в верхней или нижней части водосбора), а также природную зону (лесная или лесостепная).

$\delta_2$  – коэффициент учитывающий снижение максимального расхода воды в заболоченных бассейнах, определяют по формуле:

$$\delta_2 = 1 - \beta \lg(0,1A_б + 1), \quad (19)$$

где  $\beta$  – коэффициент, определяемый в зависимости от типа болот и механического состава почвогрунтов вокруг болот и заболоченных земель (со слоем торфа не менее 30 см).

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  $\delta_2$  принимают равным единице.

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

$A$  – площадь водосбора исследуемого водотока,  $\text{км}^2$ .

$A_1$  – дополнительная площадь водосбора, учитывающая снижение редукции, принимаемая для данного района равной 2 км<sup>2</sup>.

В таблице 2.2.2 приводятся исходные коэффициенты для расчета максимальных расходов воды весеннего половодья.

Таблица 2.2.2 – Исходные коэффициенты для расчета максимальных расходов воды весеннего половодья

Параметр	$\delta$	$\delta_1$	$\delta_2$	$K_0$	$\mu_1$ %	$\mu_{2\%}$	$\mu_{3\%}$	$\mu_{10\%}$	$h_{1\%},$ мм	$h_{2\%},$ мм	$h_{3\%},$ мм	$h_{10\%},$ мм
Значение	1	1	1	0,006 3	1	0,9 8	0,96	0,89	249	234	219	184

Результаты вычисления обеспеченных расходов воды весеннего половодья для расчетных створов представлены в таблице 2.2.3

Таблица 2.2.3 – Максимальные расходы воды весеннего половодья, м<sup>3</sup>/с

ПК	Название водотока	Максимальный расход обеспеченностью			
		1 %	2 %	3 %	10 %
291+09	лог	2,83	2,61	2,39	1,86

Согласно СП 33-101-2003 расчетная формула для определения максимального расхода воды дождевых паводков для рек площадью более 50 км<sup>2</sup> при отсутствии рек-аналогов имеет вид:

$$Q_{p\%} = q_{200} (200/A)^n \delta \delta_1 \delta_2 \delta_3 \lambda_{p\%} A, \quad (20)$$

где  $q_{200}$  - модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$ , приведенный к условной площади водосбора, равной  $200 \text{ км}^2$  при  $\delta = \delta_2 = \delta_3 = 1,0$ ; определен для исследуемых рек по карте,  $q_{200} = 0,2 \text{ л/с км}^2$ ;

$A$  - площадь водосбора,  $\text{км}^2$ ;

$\delta$  и  $\delta_2$  - поправочные коэффициенты, учитывающие для исследуемой реки регулирующее влияние соответственно озер (прудов, водохранилищ), а также болот и заболоченных земель.;

$\delta_3$  - поправочный коэффициент, учитывающий изменение параметра  $q'_{200}$  с увеличением средней высоты водосбора, 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  $P < 25\%$ ;

Расчетная формула типа для определения максимального расхода воды дождевых паводков на водосборах площадью менее  $200 \text{ км}^2$  имеет вид:

$$Q_{p\%} = q'_{1\%} \varphi H_{1\%} \delta \lambda_{p\%} A \quad (21)$$

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

$$q'_{1\%} = q_{1\%} / \varphi H_{1\%} ; \quad (22)$$

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

$\varphi$  - сборный коэффициент стока;



$H_{1\%}$  - максимальный суточный слой осадков вероятности превышения  $P = 1\%$ , мм; определяют по данным ближайших метеорологических станций;  
 $\delta, \lambda_{p\%}, A$  - то же, что и в формуле (21).

Гидроморфометрическую характеристику русла исследуемой реки  $\Phi_p$  определяют по формуле

$$\Phi_p = 1000L / \left[ m_p I_p^m A^{0,25} (\varphi H_{1\%})^{0,25} \right] \quad (23)$$

При отсутствии 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  $\rho_p$ , км/км<sup>2</sup>;

2) определяют сборный коэффициент стока  $\varphi$  для равнинных рек по формуле

$$\varphi = \frac{c_2}{(A+1)^{n_3}} \varphi_0 \left( \frac{I_{ск}}{50} \right)^{n_2}, \quad (24)$$

где  $c_2$  - эмпирический коэффициент, который для лесостепи принимают равным 1,3;

$\varphi_0$  - сборный коэффициент стока для условного водосбора с площадью  $A$ , равной 10 км<sup>2</sup>, и средним уклоном  $I_{ск}$ , равным 50 ‰;

$n_2$  - степенной коэффициент, определяемый в зависимости от механического состава почв и природной зоны;

$n_3$  - степенной коэффициент; принимают для лесостепи равным 0,11.

Результаты расчетов максимальных расходов воды дождевых паводков сведены в таблицы 2.2.4 и 2.2.5

Таблица 2.2.4 – Максимальные расходы воды дождевых паводков для рек площадью водосбора менее 50 км<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>/с

ПК	Название водотока	Максимальный расход обеспеченностью			
		1 %	2 %	3 %	10 %
291+09	лог	3,98	3,30	2,95	1,83

Уровни воды, соответствующие полученным значениям обеспеченных максимальных годовых расходов воды, определены по кривым  $Q=f(H)$ .

Кривые  $Q=f(H)$  построены с использованием формулы 7.49 СП 33-101-2003:

$$Q = \frac{\omega}{n} h^{2/3} I^{1/2}$$

где  $\omega$  – площадь поперечного сечения русла или поймы при отметке уровня  $H$ , м<sup>2</sup>;

$n$  – коэффициент шероховатости, с/м<sup>0,33</sup>;

$h$  – средняя глубина воды в русле или пойме, м;

$I$  – уклон водной поверхности.

Расчетные уровни воды в исследуемых створах приведены в таблице 2.2.5

Таблица 2.2.5– Обеспеченные уровни воды в исследуемых створах

ПК	Название	Обеспеченность, %							
		1		2		3		10	
		Q, м <sup>3</sup> /с	H, м	Q, м <sup>3</sup> /с	H, м	Q, м <sup>3</sup> /с	H, м	Q, м <sup>3</sup> /с	H, м
291+09	лог	2,83	210,93	2,61	210,87	2,39	210,82	1,86	210,70

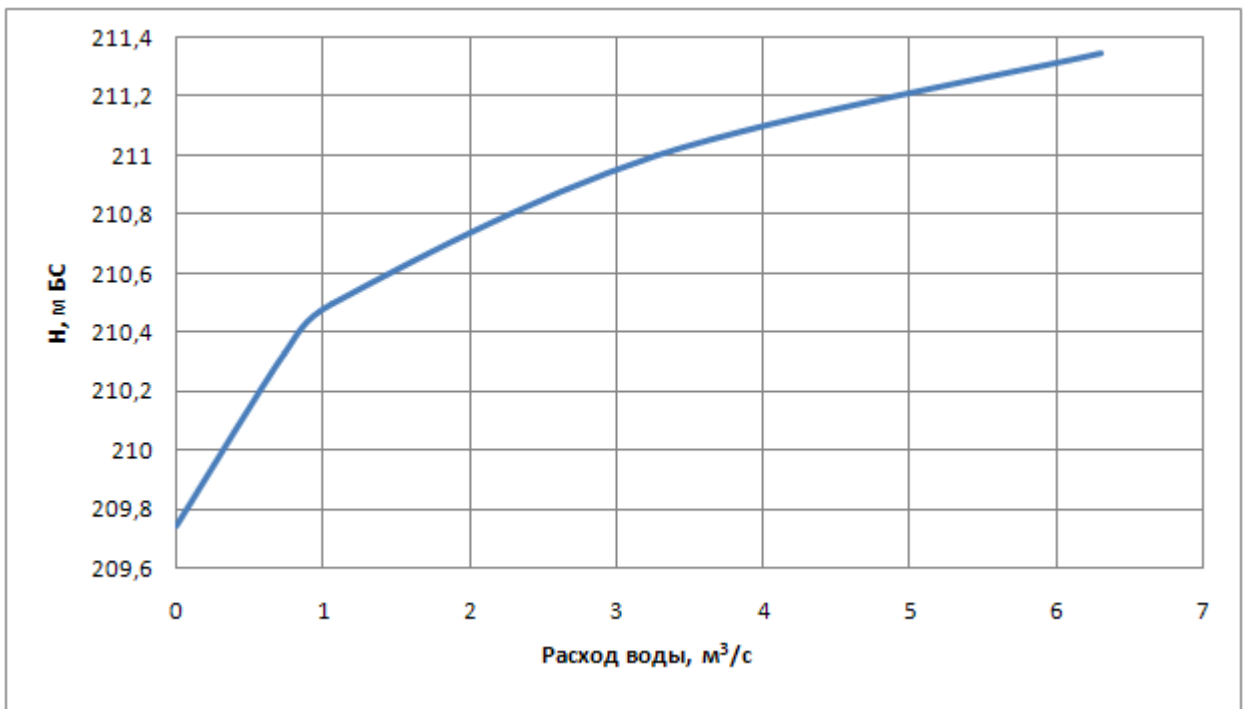


Рисунок 1 – Кривая связи Q(H)

## Заключение

Расчеты по регулированию поверхностного стока выполнены для одного из водопропускных отверстий в рамках капитального ремонта автомобильной дороги М-1 «Беларусь» - от Москвы до границы с Республикой Беларусь (на Минск, Брест).

Гидрографическая сеть участка изысканий принадлежит к бассейну Каспийского моря.

Дана климатическая характеристика участка изысканий по опорной метеостанции Вязьма.

Рассчитаны максимальные расходы воды весеннего половодья и дождевых паводков 1, 2, 3 и 10% обеспеченности для исследуемого водотока, пересекаемого реконструируемой автомобильной дорогой. Построена кривая расходов  $Q(H)$  и рассчитаны максимальные уровни воды 1, 2, 3 и 10% обеспеченности.

## Список литературы

1. СП 47.13330.2012 СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства.
2. СП 11-103-97 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства.
3. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик.
4. РСН 76-90 Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству гидрометеорологических работ.
5. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.
6. ВСН 163-83 Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов)
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Гидрометеоиздат, 1984.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 10. Книга 1. 1973.
9. Разработка Проекта СКИОВО, включая НДВ, бассейна реки Волга (С-11-01). Книга 1. Общая характеристика бассейна реки Волга. М., 2011.
10. Методические рекомендации по определению расходов воды при проектировании переходов через водотоки в зоне воздействия некапитальных плотин. - М., 1981.