

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСИЛЕНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

Приказ Председателя Комитета автомобильных дорог Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 21 декабря 2018 года № 120

**Предисловие**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1** | **РАЗРАБОТАНЫ И ВНЕСЕНЫ** | Акционерным обществом "Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт" (АО "КаздорНИИ") |
| **2** | **УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ** | Приказом Председателя Комитета автомобильных дорог Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан № 120 от 21.12.2018 г. |
| **3** | **СОГЛАСОВАНЫ** | Акционерным обществом "НК "ҚазАвтоЖол" № 03-14-1-2699-И от 21.11.2018 г. |
| **4** | **СРОК ПЕРВОЙ ПРОВЕРКИ** | 2023 год |
|  | **ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕРКИ** | 5 лет |
|  |  |  |
| **5** | **ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ** |  |

      Содержание

**1 Область применения**

      1.1 Настоящие Рекомендации распространяются на сеть автомобильных дорог общего пользования Республики Казахстан и предназначены для решения вопросов, связанных с проектированием водопропускных систем и водопропускных сооружений.

      1.2 Рекомендации устанавливают нормы расчета максимального расхода и объема стока ливневых вод, основу которых составляет принцип формирования паводковой волны.

      1.3 Рекомендациями следует руководствоваться при назначении параметров водопропускных сооружений для обоснования средств необходимых для введения комплекса водоотводных систем и водопропускных сооружений автомобильных дорог на стадиях проектирования и эксплуатации, а также при решении инженерно-экономических задач применительно к автомобильным дорогам.

**2 Нормативные ссылки**

      В настоящих Рекомендациях даны ссылки на следующие нормативные документы:

      ВСН 63-76 Инструкция по расчету ливневого стока воды с малых бассейнов.

      СН РК 3.03-12-2013 Мосты и трубы

      СП РК 3.03-112-2013 Мосты и трубы

      СН РК 3.04-01-2013 Гидротехнические сооружения.

      Пособие к СНиП 2.05.03-84 "Мосты и трубы" по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки.

      СТ РК 1053-2011 Автомобильные дороги. Термины и определения

      СТ РК 1684-2007 Мостовые сооружения и водопропускные трубы на автомобильных дорогах. Общие требования по проектированию.

      СТ РК 1858-2008 Сооружения мостовые и водопропускные трубы на автомобильных дорогах. Требования при проектировании бетонных и железобетонных конструкций.

      Примечание - при пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных нормативных документов по соответствующему указателю, составленному по состоянию на 1 января текущего года. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

**3 Термины и определения**

      В настоящих рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями:

      3.1 **Паводковая волна**: Медленно нарастающая глубина паводка, перемещающегося по протяженности русла во время хода ливня.

      3.2 **Время добегания паводковой волны**: Время, за которое створ с максимальным расходом достигнет створа проектируемого сооружения – створа лога водосборного бассейна, в котором пересекается трасса водосборного бассейна.

      3.3 **Водосборный бассейн**: Площадь рельефа, с которого поверхностный сток концентрируется по гидрологической сети в створ водопропускного сооружения.

      3.4 **Границы водосборного бассейна**: Условная линия (линия водораздела) от которой поверхностный сток распределяется между смежными водосборами.

      3.5 **Площадь водосборного бассейна**: Площадь рельефа земной поверхности, которая находится в границах водосборного бассейна.

      3.6 **Длина водосборного бассейна**: Расстояние от створа водопропускного сооружения до самой удаленной точки водосбора по тальвегу на линии водораздела.

      3.7 **Максимальный расход стока ливневых вод**: (м3/с): Значение максимального количества объема стока (м3) ливневых вод, прошедшего через живое сечение лога в створе водопропускного сооружения за единицу времени (сек).

**4 Основные требования к водопропускным трубам**

      4.1 Трубы должны соответствовать требованиям по обеспечению механической прочности и устойчивости, чтобы в период их эксплуатации не возникали риски обрушения и повреждения строительных конструкций, бесперебойности и безопасности движения транспортных средств, экономичности содержания объектов, а также требованиям по защите здоровья людей и по созданию безопасных условий труда обслуживающего персонала и охраны окружающей среды.

      4.2 Для обеспечения выполнения требований механической прочности и устойчивости, трубы должны быть спроектированы и построены таким образом, чтобы нагрузки, приложенные в период его строительства и эксплуатации, не приводили к следующим последствиям:

      1) обрушению трубы или их элементов;

      2) образованию деформации, превышающей предельно допустимую величину;

      3) повреждению строительной конструкции, использованной в строительстве труб в результате значительной деформации несущих элементов;

      4) повреждение в результате нагрузки, по степени воздействия не превышающей первоначальную нагрузку, ставшую источником повреждения [1].

**5 Требования по обеспечению безопасности водопропускных труб**

      5.1 Водопропускные трубы применяются на периодически действующих и постоянных водотоках при отсутствии на них ледохода, карчехода и селей.

      В местах возможного образования наледей допускается применение прямоугольных железобетонных труб в комплексе с постоянными противоналедными сооружениями. При этом боковые стенки трубы должны быть массивными бетонными.

      5.2 Расчет отверстий труб следует производить по средним скоростям течения воды, допускаемым для грунта русла и типов укрепления русла и откосов насыпи.

      Расчетными следует считать паводки того происхождения, при которых создаются наиболее неблагоприятные условия работы трубы.

      5.3 Швы между звеньями труб и между телом трубы и блоками оголовков должны заделываться с применением материалов, обеспечивающих герметичность заделки при допустимых значениях деформации трубы в процессе эксплуатации, а также требуемую долговечность.

      5.4 Откосы насыпи у оголовков труб должны быть укреплены.

      5.5 В случае необходимости, установленной на основании гидравлических расчетов при устройстве труб следует предусматривать: углубление, планировку и укрепление русел сооружения, препятствующие накоплению наносов, гасители скоростей протекающей воды на входе и выходе [1].

**6 Требования по обеспечению безопасности конструкций труб**

      6.1 Конструкции мостов и труб должны удовлетворять требованиям:

      - по безопасности;

      - по эксплуатационной пригодности;

      - по долговечности, а также дополнительным требованиям, указанным в задании на проектирование.

      6.2 Для удовлетворения требования безопасности конструкции должны иметь такие исходные характеристики, чтобы с надлежащей степенью надежности и различными расчетными воздействиями в процессе строительства и эксплуатации мостов и труб были исключены разрушения любого характера или нарушения эксплуатационной пригодности, связанные с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу и окружающей среде.

      6.3 Безопасность конструкций труб и другие устанавливаемые требования осуществляются в соответствии с заданием на проектирование и нормативной документацией и должна быть обеспечена выполнением:

      1) требований к материалу и его составляющим;

      2) требований к расчетам конструкций;

      3) конструктивных требований;

      4) технологических требований;

      5) требований по использованию;

      6) требований по хранению, транспортированию, монтажу и эксплуатации.

      6.4 Для удовлетворения требования долговечности конструкции должны иметь такие исходные характеристики, чтобы в течение установленного длительного времени они удовлетворяли бы требованиям по безопасности и эксплуатационной пригодности с учетом влияния на геометрические характеристики конструкций и механические характеристики материалов различных расчетных воздействий (длительное действие нагрузки, неблагоприятные климатические, температурные и влажностные воздействия, попеременное замораживание и оттаивание, агрессивные воздействия и др.) [1].

**7 Основные требования к конструкциям**

      7.1 Основные размеры труб следует назначать с соблюдением принципов модульности и унификации в строительстве.

      7.2 Для труб на основании гидравлических расчетов следует предусматривать углубление, планировку и укрепление русел, устройства, препятствующие накоплению наносов, а также устройства для гашения скоростей протекающей воды на входе и выходе.

      7.3 Отверстие (и высоту в свету) труб следует назначать, как правило, не менее (м):

      1,0 - при длине трубы до 20 м;

      1,25 - при длине трубы 20 м и более.

      7.4 Отверстия труб на автомобильных дорогах ниже II категории допускается принимать равными, м:

      1,0 - при длине трубы до 30 м; 0,75 - при длине трубы до 15 м;

      0,5 - на съездах при устройстве в пределах трубы быстротока (уклон 10 ‰ и более) и ограждений на входе.

      7.5 Допускается использовать трубы в качестве пешеходных переходов, скотопрогонов, а в случае технико - экономической целесообразности - для пропуска автомобильного транспорта (низких, узкозахватных сельскохозяйственных машин) с обеспечением соответствующих габаритов.

      7.6 Водопропускные трубы, следует проектировать с входными и выходными оголовками, форма и размеры которых обеспечивают принятые в расчетах условия протекания воды и устойчивость насыпи, окружающей трубу.

      7.7 Применять трубы не допускается при наличии ледохода и карчехода, а также, как правило, в местах возможного возникновения селей и образования наледи.

      7.8 Толщину засыпки над звеньями труб следует принимать не менее 0,5 м считая от верха звена трубы до низа монолитных слоев дорожной одежды. Но не менее 0,8 м от верха звена трубы до поверхности дорожного покрытия.[3]

      Возвышение бровки земляного полотна на трубах при напорном или полунапорном режиме работы - не менее 1,0 м. Кроме того, на автомобильных дорогах при назначении возвышения бровки земляного полотна на подходах к указанным сооружениям следует соблюдать требования по возвышению низа дорожной одежды над уровнем грунтовых и поверхностных вод, установленные СП РК 3.03-101 [2].

**8 Проектирование водопропускных труб**

**8.1 Гидравлический расчет водопропускных труб**

      8.1.1 Искусственные сооружения на автомобильных дорогах проектируются под расчетный расход воды заданной вероятности превышения.

      8.1.2 Искусственные сооружения проектируются на продолжительный срок службы, поэтому вероятность превышения расчетного паводка в зависимости от технической категории дороги принимается от 1 до 3 % (таблица 1), т.е. максимальные расходы рассчитываются на повторяемость 1 раз в 100 лет (ВП - 1%), 50 лет (ВП - 2%) и 33 года (ВП -3%).

      8.1.3 Выбираем на плане трассы место для проектируемого малого искусственного сооружения и карандашом намечаем границы водосборного бассейна. Границами являются водоразделы, существующие и проектируемые дороги.

      8.1.4 Затем определяют параметры бассейна:

      - площадь водосборного бассейна *F* (км2) площадь водосборного бассейна определяется по топографической карте с помощью палетки или планиметра.

      - длину бассейна *L* (м); длина главного лога как сумма прямых отрезков, или курвиметром;

      - *i* средний уклон бассейна (‰) определяется по формуле (1):

      (1)

      где *H*з*, H*0 – отметки дна в вершине (м) *i*c- уклон бассейна в створе сооружения (‰):

      (2)

      где *H*в*,H*н – отметки дна бассейна на расстоянии 50 м от оси дороги вверх и вниз по течению соответственно (м);

      Далее необходимо вычислить максимальные расходы воды, образующиеся в результате ливня и таяния снегов. Расходы определяются по нормам стока.

**8.2 Определение максимального расхода ливневых вод**

      8.2.1 Максимальный расход воды от ливневых осадков с водосборного бассейна площадью до 100 км2 рассчитывается по методике МАДИ

      1) Значение расхода ливневых вод вычисляют по формуле:

      (м3сек) (3)

      2) Объем ливневого стока следует определять по формуле:

      (м3), (4)

      где *а*ч– интенсивность ливня часовой продолжительности, (мм/мин) таблица 2;

*К*t – коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности;

      a – коэффициент потерь стока таблица 3;

      f – коэффициент редукции, учитывающий неполноту стока и зависящий от площади водосборного бассейна, определяется по 4 таблице или по формуле 10.

**Таблица 1 – Вероятность превышения паводка**

|  |  |
| --- | --- |
| Трубы автомобильных дорогах | Вероятность превышения, % |
| Трубы на дорогах I категории  Трубы на дорогах II и III категорий  Трубы на дорогах IV и V категорий | 1  2  3 |

      8.2.2 Определение границ ливневого района

      В зависимости от вероятности превышения паводка определяем интенсивность ливня часовой продолжительности *а*ч. и назначаем ливневый район (таблица 2) [5].

      На основе данных таблицы 2 была разработана карта ливневых районов Республики Казахстан участков дорог республиканского значения подверженных паводковым водам в весенний период (рисунок 1).

**Таблица 2 – интенсивность ливня часовой продолжительности ач.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Район | *а,* мм/мин при ВП, % | | | | | | | |
| 10 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0,3 | 0,1 |
| 1 | 0,29 | 0,36 | 0,39 | 0,42 | 0,45 | 0,50 | 0,61 | 0,75 |
| 2 | 0,29 | 0,41 | 047 | 0,52 | 0,58 | 0,70 | 0,95 | 1,15 |
| 3 | 0,45 | 0,59 | 0,64 | 0,69 | 0,74 | 0,90 | 1,14 | 1,32 |
| 4 | 0,46 | 0,62 | 0,69 | 0,75 | 0,82 | 0,97 | 1,26 | 1,48 |
| 5 | 0,54 | 0,74 | 0,82 | 0,89 | 0,97 | 1,15 | 1,50 | 1,99 |
| 6 | 0,81 | 1,02 | 1,11 | 1,20 | 1,28 | 1,48 | 1,83 | 2,14 |
| 7 | 0,82 | 1,11 | 1,23 | 1,35 | 1,46 | 1,74 | 2,25 | 2,65 |



**Рисунок 1– Карта ливневых районов** **республики Казахстан участков дорог республиканского значения подверженных паводковым водам в весенний период**

      8.2.3 Находим коэффициент перехода Кt.

      (5)

      Vп.волны - скорость паводковой волны, движущейся по главному логу водосбора во время прохождения ливневого фронта над водосборным бассейном в направлении по стоку (км/мин).

      Lлога протяженность главного лога водосборного бассейна, считая от самой удаленной точки на водоразделе до створа проектируемого водопропускного сооружения на автомобильной дороге, (км);

      8.2.4 Определяем скорость формирования паводковой волны по формуле:

      (км/мин), (6)

      , (7)

      Определяем коэффициенты, соответствующие относительным величинам:

      (8)

      , (9)

      Vтучи min (км/час) - минимально возможная скорость прохождения ливневых фронтов, которые оказывают влияние на формирование паводковой волны в регионе.

      Vтучи (км/час) - доминирующая скорость прохождения ливневых фронтов для региона.

      Vл.min= 250 км/час - минимально возможная длина лога водосборного бассейна, при которой возможно формирование паводковой волны из условия минимальной возможной скорости прохождения ливневого фронта.

      8.2.5 Коэффициент потерь стока a определяем по таблице 3 в зависимости от вида и характера поверхности дна бассейна.

**Таблица 3 – Коэффициент потерь стока a**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид и характер поверхности | Коэффициент a при площади (F км2) | | |
| 0-1 | 1-10 | 10-100 |
| Асфальт, бетон, скала без трещин | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Жирная глина, такыры (плоские глинистые поверхности, почти лишенные растительности в пустынях субтропической зоны) | 0,7 – 0,95 | 0,65 – 0,95 | 0,65 – 0,9 |
| Суглинки, подзолистые, тундровые и болотные почвы | 0,6 – 0,9 | 0,55 – 0,8 | 0,5 – 0,75 |
| Чернозем, лҰсс, каштановые и карбонатные почвы | 0,55 – 0,75 | 0,45 – 0,7 | 0,35 – 0,65 |
| Супеси, степные почвы | 0,3 – 0,55 | 0,2 – 0,5 | 0,2 – 0,45 |
| Песчаные, гравелистые, рыхлые и каменистые почвы | 0,2 | 0,15 | 0,10 |

      8.2.6 Вычисляем коэффициент редукции f по формуле или по таблице 4.



**Таблица 4 – Коэффициент редукции f**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| F ,  км2 | ϕ | F ,  км2 | ϕ | F ,  км2 | ϕ | F ,  км2 | ϕ | F ,  км2 | ϕ |
| 0,10 | 1,0 | 0,60 | 0,64 | 1,5 | 0,51 | 2 | 0,47 | 50 | 0,21 |
| 0,20 | 0,84 | 0,70 | 0,61 | 2,00 | 0,47 | 5 | 0,38 | 100 | 0,18 |
| 0,30 | 0,76 | 0,80 | 0,59 | 2,5 | 0,45 | 10 | 0,32 | 300 | 0,16 |
| 0,40 | 0,71 | 0,90 | 0,58 | 3,0 | 0,43 | 20 | 0,27 | 500 | 0,14 |
| 0,50 | 0,67 | 1,0 | 0,56 | 4,0 | 0,40 | - | - | 1000 | 0,12 |

**8.3 Расчет отверстия трубы**

      8.3.1 Определяем коэффициен формы лога:

      , (11)

      8.3.2 Устанавливаем соотношение для 1-го отрезка прямой аккумуляции:

      по оси абсцисс

      (м3/сек), (12)

      по оси ординат

      (м3), (13)

      8.3.3 Устанавливаем соотношение для 2-го отрезка прямой аккумуляции:

      по оси абсцисс

      , (м3/сек) (14)

      по оси ординат

      (м3), (15)

      8.3.4 На графике пропускной способности труб проводим 1-ый и 2-ой отрезки прямой аккумуляции, определяем расход с учетом аккумуляции и подбор воды перед трубами.

      8.3.5 Величина отверстия искусственного сооружения зависит от расчетного расхода, глубины воды перед сооружением и режима протекания воды через сооружение.

      8.3.6 В качестве расчетного расхода назначается максимальный по величине из трех приведенных ниже расходов:

      - расход ливневого стока;

      - расход ливневого стока с учетом аккумуляции воды перед трубой;

      - расход талых вод.

      8.3.7 Подбор отверстия водопропускной трубы производится путем сопоставления расчетного расхода и гидравлических характеристик труб, приведенных в таблице 5 и таблице 6.

**Таблица 5 – Гидравлические характеристики типовых круглых труб**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип оголовка | Диаметр отверстия, м | Расход, м3/с | Глубина воды перед трубой,  м | Скорость на выходе из  трубы |
| Безнапорный режим | | | | |
| Портальный | 0,75 | 0,25 | 0,41 | 1,40 |
| 0,40 | 0,62 | 1,70 |
| 0,60 | 0,79 | 2,00 |
| 0,74 | 0,90 | 2,20 |
| Раструбный   с нормальным входным  звеном | 1,00 | 1,00 | 0,94 | 2,40 |
| 1,40 | 1,15 | 2,70 |
| 1,70 | 1,27 | 2,70 |
| Раструбный   с коническим входным звеном | 1,00 | 0,60 | 0,57 | 1,40 |
| 1,00 | 0,84 | 2,40 |
| 0,40 | 1,03 | 2,70 |
| 1,70 | 0,08 | 2,70 |
| 2,00 | 0,31 | 3,30 |
| 2,20 | 1,39 | 3,40 |
| 1,25 | 1,00 | 0,77 | 2,20 |
| 1,50 | 0,95 | 2,50 |
| 2,00 | 1,13 | 2,70 |
| 2,50 | 1,29 | 3,00 |
| 2,70 | 1,37 | 3,20 |
| 3,00 | 1,46 | 3,30 |
| 3,50 | 1,61 | 3,50 |
| 3,90 | 1,74 | 3,80 |
| 1,50 | 2,50 | 1,19 | 2,90 |
| 2,80 | 2,27 | 3,00 |
| 3,00 | 2,32 | 3,00 |
| 3,50 | 1,45 | 3,20 |

*Продолжение таблицы 5*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1,50 | 3,90 | 1,54 | 3,30 |
| 4,30 | 1,63 | 3,50 |
| 4,70 | 1,75 | 3,70 |
| 5,00 | 1,81 | 3,70 |
| 6,00 | 2,08 | 4,10 |
|  | 2,00 | 3,50 | 1,26 | 2,90 |
| 4,00 | 1,36 | 3,00 |
| 5,00 | 1,55 | 3,30 |
| 4,50 | 1,47 | 3,20 |
| 5,50 | 1,65 | 3,40 |
| 6,00 | 1,73 | 3,50 |
| 6,50 | 1,81 | 3,60 |
| 7,00 | 1,90 | 3,70 |
| 7,50 | 1,98 | 3,80 |
| 8,00 | 2,06 | 3,90 |
| 8,50 | 2,14 | 4,00 |
| 9,00 | 2,22 | 4,10 |
| 9,70 | 2,32 | 4,20 |
| 10,00 | 2,38 | 4,30 |
| 10,50 | 2,46 | 4,30 |
| 11,00 | 2,54 | 4,50 |
| 12,50 | 2,78 | 4,80 |
| Полунапорный режим | | | | |
| Раструб с нормальным входным звеном | 1,00 | 1,70 | 1,27 | 3,60 |
| 2,30 | 1,89 | 4,90 |
| 2,50 | 2,12 | 5,30 |
| 2,80 | 2,54 | 6,00 |
| 1,25 | 3,00 | 1,59 | 4,10 |
| 3,50 | 1,00 | 4,80 |

*Окончание* *таблицы 5*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1,25 | 4,00 | 2,38 | 5,50 |
| 4,40 | 2,73 | 6,00 |
| 1,50 | 4,70 | 1,91 | 4,40 |
| 5,20 | 2,21 | 4,90 |
| 5,60 | 2,42 | 5,30 |
| 6,00 | 2,64 | 5,70 |
| 6,36 | 2,85 | 6,00 |
| Напорный режим | | | | |
| Раструбный   с коническим выходным звеном | 1,00 | 3,00 | 1,66 | 4,20 |
| 3,50 | 2,00 | 5,00 |
| 1,25 | 5,00 | 1,96 | 4,50 |
| 6,00 | 2,45 | 5,40 |
| 1,50 | 7,00 | 2,24 | 4,40 |
| 8,00 | 2,40 | 5,00 |
| 8,50 | 2,58 | 5,30 |
| 2,00 | 13,50 | 2,86 | 4,90 |
| 14,50 | 3,01 | 5,10 |
| 16,00 | 3,11 | 5,70 |
| 16,50 | 3,22 | 5,90 |

**Таблица 6 – Гидравлические характеристики прямоугольных труб с нормальным входным звеном**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Отверстие трубы | Безнапорный режим | | | | | | | | Полунапорный режим | | |
| Qp,  м3/с | Qн,  м3/с | Н, м | hВХ, м | hК, м | hCЖ, м | iK | VВЫХ,  м/с | Qн,  м3/с | Н, м | VВЫХ,  м/с |
|  | 6,75 | - | 1,97 | 166 | 1,31 | 1,11 | 0,007 | 4,1 | 8,25 | 2,30 | 4,3 |
| 1,5х2,0 | - | 7,5 | 2,12 | - | 1,41 | 1,19 | 0,007 | 4,2 | 13,50 | 3,99 | 7,1 |
|  | 9,00 | - | 1,97 | 166 | 1,31 | 1,11 | 0,007 | 4,1 | 11,00 | 2,30 | 4,3 |
| 2,0х2,0 | - | 10,00 | 2,12 | - | 1,41 | 1,19 | 0,007 | 4,2 | 18,00 | 3,99 | 7,1 |
|  | 13,50 | - | 1,97 | 166 | 1,31 | 1,11 | 0,007 | 4,1 | 16,50 | 2,30 | 4,3 |
| 3,0х2,0 | - | 15,00 | 2,12 | - | 1,41 | 1,19 | 0,007 | 4,2 | 27,00 | 3,99 | 7,1 |
|  | 17,00 | - | 3,01 | 2,50 | 2,01 | 1,11 | 0,008 | 5,0 | 21,00 | 3,47 | 5,5 |
| 2,0х3,0 | - | 19,00 | 3,27 | - | 2,17 | 1,82 | 0,008 | 5,2 | 23,60 | 3,99 | 6,2 |
|  | 25,50 | - | 3,01 | 2,50 | 2,01 | 1,70 | 0,008 | 5,0 | 31,50 | 3,47 | 5,5 |
| 3,0х3,0 | - | 28,50 | 2,27 | - | 2,17 | 1,82 | 0,008 | 5,2 | 35,40 | 3,99 | 6,2 |
|  | 34,00 | - | 3,01 | 2,50 | 2,01 | 1,70 | 0,008 | 5,0 | 42,00 | 3,47 | 5,5 |
| 4,0х3,0 | - | 38,00 | 3,27 | - | 2,17 | 1,82 | 0,008 | 5,2 | 47,00 | 3,99 | 6,2 |
|  | 42,50 | - | 3,01 | 2,50 | 2,01 | 1,70 | 0,008 | 5,0 | 52,50 | 3,47 | 5,5 |
| 5,0х3,0 | - | 48,00 | 3,27 | - | 2,17 | 1,82 | 0,008 | 5,2 | 59,00 | 3,99 | 6,2 |
|  | 51,00 | - | 3,01 | 2,50 | 2,01 | 1,70 | 0,008 | 5,0 | 63,00 | 3,47 | 5,5 |
| 6,0х3,0 | - | 57,00 | 3,27 | - | 2,17 | 1,82 | 0,008 | 5,2 | 70,80 | 3,99 | 6,2 |

**Приложение А**  
**(информационное)**

**Методика расчета стока ливневых вод при проектировании водопропускных сооружений на дороге**

      А.1 Исходные данные

      1 Расположение: а/д Акчатау-Агадырь 166+750 км.

      2 Вероятность превышения паводка для водопропускных труб на автомобильной дороге III технической категории равна 3%.

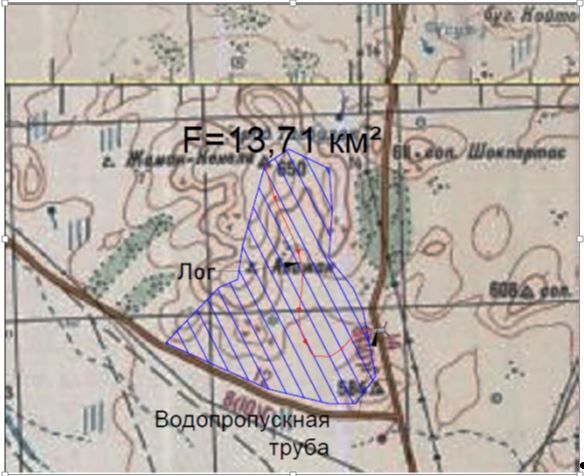
      3 Интенсивность ливня часовой продолжительности:

      ливневой район -7, а час равна 1,35 (мм/мин).

      4 Площадь водосборного бассейна (рисунок А.1) F равна 13,71 (км2).

      5 Средний уклон лога бассейна iл равен 0,008 ‰.

      6 Длина лога бассейна L равна 5,54 (км).



**Рисунок А.1** **– Площадь водосбора бассейна на а/д Акчатау-Агадырь 166+750 км на топографической карте масштабом 1:200 000**

**А.2 Определение расхода стока ливневых вод:**

      1) mлога – показатель гладкости лога, mлога =30;

      2) Определить коэффициент скорости достижения паводковой волной створа проектируемого водопропускного сооружения на автомобильной дороге при показателе гладкости лога mлога =30:

      Vтучи min (км/час) - минимально возможная скорость прохождения ливневых фронтов, которое оказывает влияние на формирование паводковой волны в регионе, для которого выполняется расчет - Vтучи min = 3,0 км/час; доминирующая скорость прохождения ливневых фронтов.

      Vтучи =15,0 км/час - минимально возможная длина лога водосборного бассейна, при которой возможно формирование паводковой волны из условия минимальной возможной скорости прохождения ливневого фронта Vл.min= 250 км/час.

      3) Определяем коэффициенты, соответствующие относительным величинам:

      ;

      Тогда:

      4) Определяем скорость формирования паводковой волны по формуле:

      , (км/мин);

      , (км/мин);

      5) Коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой интенсивности к расчетной интенсивности, заданной вероятности превышения определяется по формуле:

      ;

      ;

      6) Максимальны ливневой расход:

      (м3/сек)

      - интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин;

      а) по данным ВСН 63-76: ачас=0,52 (мм/мин) [4];

      б) по расчетам МАДИ: ачас=1,35 (мм/мин).

      Кt- коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности;

      - коэффициент стока; а=0,5;

      - коэффициент редукции, определяется по формуле:

      (м3/сек)

      Максимальный расход ливневых вод составляет

      .

      7) Объем ливневого стока определяется по формуле:

**А.3** **Расчет отверстия трубы**

      Так как условия рельефа перед водопропускным сооружением позволяют создать пруд, то с целью возможного уменьшения отверствия водопропусной трубы, расчет необходимо выполнить с учетом возможной аккумуляции ливневого стока перед водопропускной трубой. По следующей последовательности расчета:

      1) Определяем коэффициен формы лога:

      уклон левого склона *i*ск.лев = 0,0035 ‰;

      уклон правого склона *i*ск.лев = 0,0023 ‰;

      ;

      2) Устанавливаем соотношение для 1-го отрезка прямой аккумуляции: по оси абсцисс.

      (м3/сек)

      по оси ординат

      (м3)

      3) Устанавливаем соотношение для 2-го отрезка прямой аккумуляции:

      по оси абсцисс

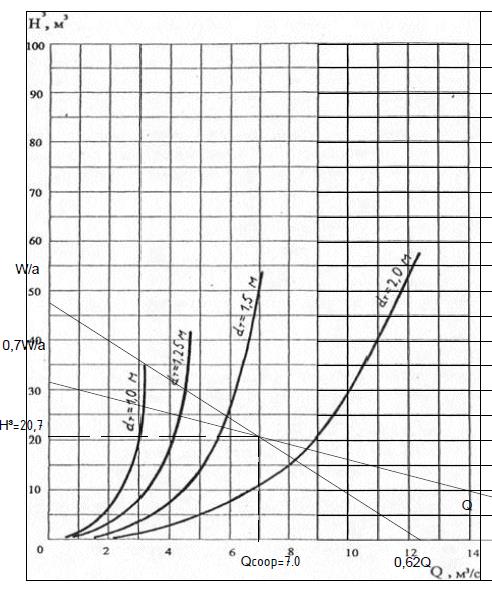
      (м3/сек)

      по оси ординат

      (м3)

      4) На графике пропускной способности труб (рисунок А.2) проводим 1-ый и 2-ой отрезки прямой аккумуляции, определяем расход с учетом аккумуляции и подбор воды перед трубами:

      d=2,0 м ;Qc=7,0(м3/сек); H3=20,7 (м); H=2,0 (м);



**Рисунок А.2 – Назначение отверстия круглой трубы**

      5) Необходимо сравнить снижение расхода стока в сооружении с максимально допустимой степенью аккумуляции, не более, чем в 3 раза. Степень аккумуляции по условиям формирования максимального расхода стока позволяет снизить расход в сооружении, т.к. фактическая степень аккумуляции меньше расчетной, т.е. Сфак <Сак

      6) Устанавливаем режим работы водопропускной трубы d = 2,0 м;

      - безнапорный режим, где hвх- высота входного звена трубы [1].

      7) Устанавливаем скорость на выходе из трубы

      , (м/сек)

      (м/сек)

**А.4 Определение минимальной высоты насыпи**

      Минимальная высота насыпи определяется по зависимости

      (м)

      Тогда:

      (м)

      где минимальная толщина засыпки труб принимается (м),

      d = толщина стенки звена трубы, (м).

      Толщина засыпки водопропускной трубы обычно назначается из условий положения линии продольного профиля автомобильной дороги.

**Библиография**

      [1] СН РК 3.03-12-2013 Мосты и трубы.

      [2] СП РК 3.03-112-2013 Мосты и трубы.

      [3] СНиП 2.05.03-84\* "Мосты и трубы".

      [4] ВСН 63-76 Инструкция по расчету ливневого стока воды с малых бассейнов.

      [5] Чистякова И.В. Разработка научных и технологических основ гидрологического обоснования проектных решений автомобильных дорог: автореф. дисc. доктора. техн. наук: 05.23.11; 05.23.16 / Абрамов Василий Викторович. – М., 2012. – 123 с.

**Ключевые слова:** дороги автомобильные, водопропускные сооружения, максимальный расход стока ливневых вод, водопропускная труба, водосборный бассейн, ливневой район

**Исполнители:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Президент, АО "КаздорНИИ"  д.т.н., профессор |  | Б.Б Телтаев |
| Вице-президент  АО "КаздорНИИ" к.т.н |  | Е.Е. Айтбаев |
| Вице-президент  АО "КаздорНИИ" к.т.н |  | А.С. Жайсанбаев |
| д.т.н., профессор МАДИ |  | И.В. Чистяков |
|  |  | Б.З.Садыков |
|  |  | А.В. Кострыкина |

© 2012. РГП на ПХВ «Институт законодательства и правовой информации Республики Казахстан» Министерства юстиции Республики Казахстан