

ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОДООТВОДНЫХ ТРУБОК НА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Инженер, старший преподаватель **Н.А. Новиков**
(Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ))
Контактная информация: kaman_job@inbox.ru

Описываются особенности устройства и работы дождеприемников в виде водоотводных трубок, используемых на мостовых сооружениях. Приведены существующие исследования по определению пропускной способности различных дождеприемников. Представлен анализ энергетического состояния потока ливневых вод, движущегося в водоотборном прикромочном лотке проезжей части, и его влияния на работу водоотводных трубок. Предложен ряд способов для повышения пропускной способности водоотводной трубки, расположенной на участке с продольным уклоном. Рассмотрено и обосновано сравнительным расчетом конструктивное решение, являющееся одним из наиболее удобных для применения в практике строительства и эксплуатации мостовых сооружений.

Ключевые слова: водоотводная трубка, дождеприемник, работа дождеприемников в пониженных местах, работа дождеприемников на участке с уклоном, энергетическое состояние потока, пропускная способность, мостовое сооружение.

ВВЕДЕНИЕ

Удаление поверхностного стока с покрытия проезжей части мостового сооружения, согласно [1], осуществляется с помощью водоотводных трубок при определенных длинах и уклонах сооружения. Трубки имеют горизонтальное приемное отверстие в плоскости мостового полотна, которое может быть перекрыто дождеприемной решеткой аналогично дождеприемникам на проезжей части автомобильных дорог или городских улиц. Кроме того, рекомендации по устройству элементов поверхностного водоотвода мостового сооружения представлены в

[2], где для удаления поверхностной воды с проезжей части также предлагается использование водоотводных трубок.

Схема работы дождеприемников в виде водоотводных трубок зависит от места положения мостового сооружения на продольном профиле автомобильной дороги. Методика определения пропускной способности различна для условий расположения дождеприемников на участках с продольным уклоном постоянного знака и в пониженных местах профиля [3].

Исследования по вопросу пропускной способности дождеприемников в системах водоотвода достаточно обширны, однако большинство из них не касается мостовых сооружений. Зависимость для определения пропускной способности «горизонтальных» дождеприемных решеток, расположенных в пониженном месте продольного профиля, предложена ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева в середине прошлого века [4-6]. Работы, выполненные Поляковым А.В., результаты которых опубликованы в [7, 8], посвящены поверхностному водоотводу с покрытий на аэродромах. Структура полученных им формул аналогична зависимостям ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева с уточненными коэффициентами расхода для условий поверхности аэродромов. Соответственно, зависимости справедливы только для определения пропускной способности дождеприемников, расположенных в пониженных местах лотков.

Кафедрой «Гидравлика» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) проводились обследования ряда мостовых сооружений с целью выявления типов используемых дождеприемников [3]. Было установлено, что на большинстве мостов и путепроводов используются водоотводные трубки, причем в ряде случаев трубки не были перекрыты входной решеткой.

Методика определения пропускной способности водоотводной трубки, расположенной в пониженном месте, в том числе трубки, перекрытой решеткой, приведена в [9]. Далее в статье будет рассмотрена работа водоотводных трубок, расположенных в лотках с продольным уклоном, а также даны предложения по повышению величины их пропускной способности.

Основные характеристики устройства водоотводных трубок

Отличиями водоотводных трубок от иных дождеприемников, применяемых на транспортных сооружениях, являются небольшое поперечное сечение трубки диаметром $d = 0,15$ м и размеры перекрываю-

щей ее отверстие водоприемной решетки при ее наличии на входе в трубку. Плановые размеры решеток варьируются в диапазоне от 0,2 до 0,3 м в зависимости от фирмы производителя. Размер длины прорезей при таких размерах составляет от 0,15 до 0,2 м, что соответствует диаметру отверстия водоотводной трубки.

Пропускная способность решеток с различной формой прорезей входных отверстий, расположенных на участке с уклоном, различается на 6-9 % [10]. Изменение формы прорезей отверстий решетки может служить одним из способов повышения эффективности работы водоотводной трубки. Согласно исследованиям [9], наличие решетки на входе трубки не оказывает существенного влияния на пропускную способность при ее расположении в пониженном месте продольного профиля дороги.

Водоотводные трубки устанавливаются в месте перелома поперечного профиля мостового полотна, образующего водосборный прикромочный лоток, который может иметь треугольную односкатную или двускатную форму поперечного сечения (рис. 1). Двускатный лоток может быть симметричной или несимметричной формы сечения в зависимости от величин i_{n1} и i_{n2} сопрягающихся поперечных уклонов.

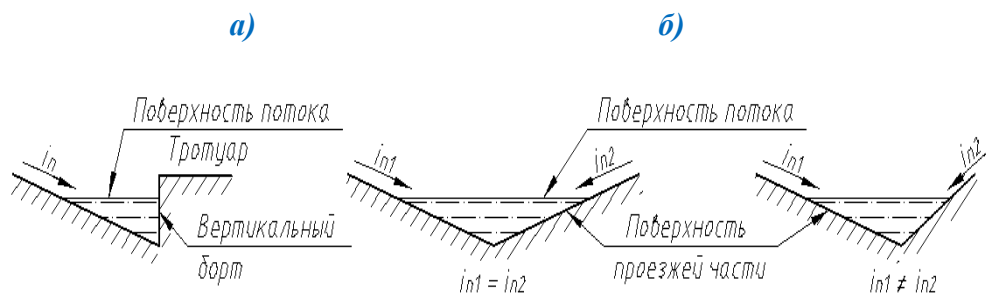


Рис. 1. Поток в прикромочном водосборном лотке:

- а) односкатного поперечного сечения;
- б) двускатного поперечного сечения

Далее рассматриваются лотки, исключая лотки с двускатным несимметричным сечением, как промежуточный вариант между треугольной односкатной и двускатной симметричной формами сечений лотка.

Особенности энергетического состояния потока и его взаимодействие с входным отверстием трубы

Вследствие небольших габаритных размеров в водоотводную трубку в основном попадает только та часть потока из лотка, которая находится в пределах внутреннего диаметра трубы или ширины прорезей дождеприемной решетки над ней.

Подтверждением этого может служить оценка вида преобладающих сил, за счет которых поток движется в прикромочном лотке. Если в потоке преобладает потенциальная энергия, то наибольшее влияние на его движение оказывает сила тяжести, т.е. поток больше стремится «упасть вниз» в отверстие трубы, чем продвинуться по длине. Если преобладает кинетическая энергия, то наибольшее влияние на движение оказывает скорость потока, которая направлена вдоль прикромочного лотка, что ведет к проскоку потока мимо отверстия трубы при отсутствии дополнительных воздействий на него.

Вследствие наличия параметра скорости у потока в лотке, попадание его в горизонтальное отверстие трубы происходит на определенной длине – дальности отлета струи $l_{omл}$, которую следует соотносить с диаметром трубы или, тем более, с шириной отверстий дождеприемной решетки. Дальность отлета струи можно вычислить по следующей зависимости (1):

$$l_{omл} = v_l \left(\frac{2 \cdot h_l}{g} \right)^{0,5}, \quad (1)$$

где

v_l – скорость потока в прикромочном лотке, м/с;

h_l – глубина потока в лотке, м;

g – ускорение свободного падения (9,81 м/с²).

Энергетическое состояние потока [3, 11] характеризуется показателем кинетичности $П_k$, который представляет собой удвоенное отно-

шение удельной кинетической энергии к удельной потенциальной энергии при средней глубине потока в данном живом сечении и представляющий собой число Фруда. Показатель (параметр) кинетичности $П_k$ находится по формуле:

$$П_k = \frac{\alpha \cdot Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}, \quad (2)$$

где

α – коэффициент Кориолиса;

ω – площадь живого сечения потока, м²;

Q – расход в выбранном живом сечении, м³/с;

B – ширина потока по верху, м.

При $П_k < 1$ преобладает потенциальная энергия, такой поток называется спокойным; при $П_k > 1$ – кинетическая – бурный поток. При $П_k = 1$ поток находится в критическом состоянии и имеет минимальную удельную энергию.

Чем больше дальность отлета струи $l_{отл}$ и выше параметр кинетичности $П_k$ потока, тем, соответственно, меньше объем стока, который может попасть в отверстие трубки с боковой стороны.

Энергетическое состояние потока в водосборном прикромочном лотке мостового полотна односкатного треугольного профиля при $i_n = 0,02$ перед дождеприемником принято согласно данным, представленным в [11]. Приводятся значения параметра кинетичности в зависимости от величины продольного уклона лотка $i_0 > 0$ и типа поперечного сечения лотка (табл. 1). Глубина потока h принималась предельной для таких форм сечения лотка, согласно [1, 12], где глубина определяется шириной потока, которая не должна превышать величину 2 м, либо ширину полосы безопасности.

Данные, приведенные в табл. 1, получены при поперечном уклоне проезжей части $i_n = 0,02$, коэффициенте шероховатости покрытия $\eta = 0,015$, глубинах потока при односкатном поперечном сечении $h_n = 0,04$ м и двускатном – $h_n = 0,02$ м.

Таблица 1

Параметр кинетичности P_k и дальность отлета струи потока $l_{отл}$ при различных продольных уклонах i_0 лотка

186

<i>i</i>	<i>Односкатное сечение</i>		<i>Двускатное сечение</i>	
	<i>Параметр кинетичности P_k</i>	<i>Дальность отлета струи $l_{отл}$, мм</i>	<i>Параметр кинетичности P_k</i>	<i>Дальность отлета струи $l_{отл}$, мм</i>
<i>0,005</i>	0,66 (спокойный)	31	0,54 (спокойный)	14
<i>0,01</i>	1,32 (бурный)	44	1,07 (бурный)	20
<i>0,02</i>	2,63 (бурный)	62	2,15 (бурный)	28
<i>0,04</i>	5,27 (бурный)	88	4,29 (бурный)	40

Мостовые сооружения могут располагаться на участке с продольным уклоном до 40‰ [1] со стандартным, наиболее часто используемым типом покрытия проезжей части. Согласно данным табл. 1, при большинстве значений продольных уклонов поток в прикромочном лотке находится в бурном энергетическом состоянии. Дальность отлета струи оказывается меньше размера входного отверстия трубки, однако, может превысить ширину отверстия решетки на ее входе. Следует отметить, что вопрос энергии потока в прикромочном лотке на мостовом сооружении ранее нигде не рассматривался.

В отличие от потоков со спокойным энергетическим состоянием, направление движения бурных потоков можно корректировать. Согласно теории бурных потоков [13], для управления таким движением требуется создание некоторого объекта, с которым бы поток взаимодействовал, и в зависимости от которого менял в ту или иную сторону направление своего движения. Воздействие на бурный поток также может осуществляться за счет изменения формы и характеристик русла (в рассматриваемом случае – прикромочного водосборного лотка).

Определение пропускной способности водоотводной трубки, расположенной на участке с продольным уклоном

Общий расход стока Q_0 в прикромочном водосборном лотке можно разделить на две части: часть, принимаемая дождеприемником Q_d , т.е. его пропускная способность, и часть, не попадающая в отверстие дождеприемника, так называемый расход «проскока» [3]. Расход стока Q_d , принимаемый дождеприемником в виде водоотводной трубки, определяется суммой расходов с площади живого сечения потока ω_1 на ширине перед ее входным отверстием Q_1 и бокового расхода Q_2 (рис. 2).

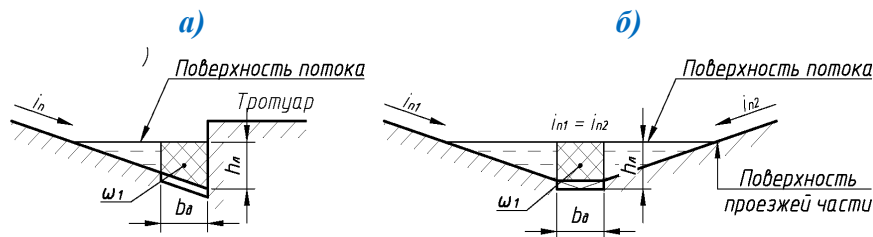


Рис. 2. Живое сечение потока перед водоотводной трубкой в прикромочном водосборном лотке:
 а) односкатного поперечного сечения;
 б) двускатного поперечного сечения

Площадь ω_l зависит от параметров проезжей части мостового полотна (формы прикромочного лотка, поперечного уклона i_n), размеров трубки (ширина входного отверстия b_0) и характеристик потока (глубины потока в лотке h_l) и может быть определена по формулам, приведенным в **табл. 2**.

Таблица 2

Площадь поперечного сечения ω_l на ширине водоотводной трубки

<i>Вид сечения</i>	<i>ω_l</i>	
<i>Односкатный треугольный с бортом</i>	$h_l \cdot b_0 - \frac{i_n \cdot b_0^2}{2}$	(3а)
<i>Двускатный треугольный симметричный</i>	$h_l \cdot b_0 - \frac{i_n \cdot b_0^2}{4}$	(3б)

Расход Q_l водоотводной трубки в таком случае будет равен:

$$Q_l = \omega_l \cdot v_l, \quad (4)$$

где

v_l – средняя скорость потока в лотке, м/с.

Определение средней скорости потока можно выполнить исходя из уравнений классической гидравлики при заданных сечениях и глубине h_l по формуле Шези:

$$v_l = C_l \cdot \sqrt{(R_l \cdot i_0)}, \quad (5)$$

где

$C_l = R_l^{1/6} / \eta$ – коэффициент Шези

$R_l = \frac{\omega_l}{\chi_l}$ – гидравлический радиус, м;

χ_l – смоченный периметр, м;

η – коэффициент шероховатости покрытия.

При определении величины скорости делается допущение, что поток в лотке имеет равномерное движение, и влияние поступления стока с проезжей части, например при дожде, не учитывается. Длина

прикромочного лотка, как правило, значительно превышает ширину мостового полотна, поэтому объем стока, поступающего на единицу длины лотка перед трубкой, более чем на порядок меньше объема с его общей водосборной площади. Только для трубок, ближайших к продольному водоразделу, поток в лотке может быть сопоставим со стоком с проезжей части, но при этом величина объема такого потока мала и может не превышать ширину отверстия водоотводной трубки.

Боковой расход Q_2 при односкатной форме поперечного сечения прикромочного лотка может поступать только с одной стороны трубки, а при двускатной – с двух. Дальность отлета струи $l_{отл}$ потока, попадающего в трубку с площади ω_1 , сокращает длину боковой стороны отверстия трубки, в которую может попасть расход, определяющий величину Q_2 . Кроме того, при бурном энергетическом состоянии движения потока делается допущение, что эта составляющая пропускной способности отверстия трубки отсутствует, т.е. при $П_k > 1$ боковой расход $Q_2 = 0$.

Общую пропускную способность можно найти по формулам:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 - \text{для односкатного сечения (рис. 1 а)} \quad (6 а)$$

$$Q_0 = Q_1 + 2 \cdot Q_2 - \text{для двускатного сечения (рис. 1 б)} \quad (6 б)$$

Результаты расчета пропускной способности водоотводной трубки диаметром $d = 0,15$ м при допущении, что расход принимается только части ω_1 с фронтальной грани живого сечения перед трубкой (рис. 2) при бурном состоянии потока, представлены в табл. 3.

Данные табл. 3 убедительно показывают, что пропускная способность Q_0 водоотводной трубки, расположенной на участке с продольным уклоном i_0 практически во всем диапазоне его изменения, составляет $\sim 15\%$ от общего расхода Q_0 потока в лотке. Это обстоятельство также подтверждается результатами исследований пропускной способности водоотводной трубки, выполненных кафедрой «Гидравлика» МАДИ, для величины продольного уклона лотка $i_0 = 0,015$.

Учет боковой приточности Q_2 в отверстие водоотводной трубки при бурном энергетическом состоянии потока позволяет увеличить степень эффективности пропускной способности трубки, например, в случае односкатного лотка – до $15 \div 19\%$.

Таблица 3

Пропускная способность Q_d водоотводной трубки при различных продольных уклонах i_0 лотка

i_0	Параметр кинетичности P_k	Расход в лотке Q_0 , л/с	Расход с площади ω_1 Q_1 , л/с	Боковой расход Q_2 , л/с	Пропускная способность Q_d , л/с	Q_d / Q_0 , %
<i>Односкатное сечение</i>						
0,005	0,66	13,7	2,0	1,20	3,2	23,2
0,01	1,32	19,4	2,8	– (0,90)	2,8	14,4
0,02	2,63	27,4	4,0	– (0,74)	4,0	14,4
0,04	5,27	38,8	5,6	– (0,53)	5,6	14,4
<i>Двускатное сечение</i>						
0,005	0,54	4,4	0,6	0,48	1,6	36,6
0,01	1,07	6,2	0,9	– (0,39)	0,9	14,4
0,02	2,15	8,8	1,3	– (0,37)	1,3	14,4
0,04	4,29	12,4	1,8	– (0,33)	1,8	14,4
<i>Примечание: значения, указанные в скобках, не учитываются при расчете Q_d.</i>						

Некоторые предпосылки для повышения эффективности работы водоотводной трубки

Повышение пропускной способности водоотводной трубки, расположенной на участке с продольным уклоном на проезжей части мостового сооружения, может быть осуществлено либо за счет изменения конструкции входного отверстия трубки (например, использование мостового трапа с большими габаритами дождеприемной решетки), либо за счет изменения параметров потока в лотке.

Одним из факторов, влияющих на поток в прикромочном водосборном лотке, является параметр сопротивления движению. Если в районе установки водоотводной трубки создать местное сопротивление, то произойдет потеря энергии потока на преодоление этого препятствия. При бурном энергетическом состоянии уменьшение удельной энергии потока приводит к уменьшению его средней скорости и росту глубины, что, соответственно, обуславливает увеличение площади ω_1 и перевод потока в область спокойного течения.

Создание сопротивления движению потока может быть выполнено способом повышения шероховатости покрытия в месте расположения водоотводной трубки (рис. 3).

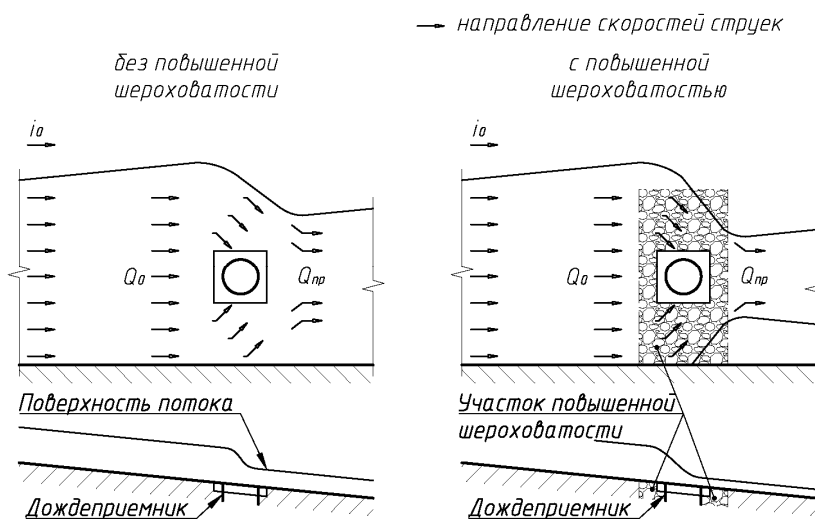


Рис. 3. План и профиль прикромочного потока в месте расположения водоотводной трубки при стандартных условиях (слева) и с участком повышенной шероховатости (справа)

Шероховатость покрытия прикромочного лотка характеризуется коэффициентом шероховатости η , величина которого, согласно гидравлическим справочникам, для асфальтобетонного покрытия составляет $\eta \approx 0,015$ [14]. Повышение этой величины до $\eta = 0,03$ при неизменном расходе приводит к изменению энергетического состояния потока в лотке и, соответственно, влияет на пропускную способность водоотводной трубки.

Результаты расчета пропускной способности водоотводной трубки для условий, при которых получены данные **табл. 3**, но с измененным коэффициентом шероховатости с $\eta = 0,015$ на $\eta = 0,03$ приведены в **табл. 4**.

Сопоставление эффективности работы водоотводных трубок, находящихся в обычных условиях (**табл. 3**) и на участке с повышенной шероховатостью (**табл. 4**), показывает повышение пропускной способности для односкатного лотка $\sim 10 \div 40$ %. Возможность принятия бокового расхода Q_2 по двум сторонам отверстия трубки при двускатной форме поперечного сечения лотка показывает еще большее повышение эффективности. Однако общий расход в лотке Q_0 при односкатной форме поперечного сечения более чем в 3 раза превышает расход в лотке двускатной формы, что влияет на абсолютные значения пропускной способности трубки.

Необходимо отметить, что участок повышенной шероховатости вокруг отверстия водоотводной трубки должен устраиваться на ширине расчетного потока, иначе, вместе с гашением энергии потока возможно направление его движения при бурном энергетическом состоянии мимо места расположения трубки. Используя методы управления бурными потоками также можно предложить достаточно разнообразные способы направления прикромочного потока в область отверстия водоотводной трубки, например, специальные направляющие прорези или выступы в поверхности покрытия, либо изменение характера поперечного уклона на подходе к решетке, но наиболее безопасными, конструктивно удобными и экономически эффективными, вероятно, являются описанные выше мероприятия.

Таблица 4

Пропускная способность Q_0 водоотводной трубки при повышенном коэффициенте шероховатости $\eta = 0,03$

i_0	Параметр кинетичности P_k	Расход в лотке Q_0 , л/с	Расход, с площади ω_1 Q_1 , л/с	Боковой расход Q_2 , л/с	Пропускная способность Q_0 , л/с	Q_0 / Q_0 , %
<i>Односкатное сечение</i>						
0,005	0,18	13,7	1,5	1,98	3,5	25,6
0,01	0,35	19,4	2,2	1,84	4,0	20,7
0,02	0,72	27,4	3,1	1,66	4,7	17,3
0,04	1,43	38,8	5,6	– (0,53)	5,6	14,4
<i>Двускатное сечение</i>						
0,005	0,14	4,4	0,5	0,76	2,0	46,0
0,01	0,29	6,2	0,7	0,74	2,2	35,1
0,02	0,58	8,8	1,0	0,71	2,4	27,5
0,04	1,17	12,4	1,8	– (0,33)	1,8	14,4

Кроме того, участок стыка грани трубки или решетки с покрытием наиболее подвержен разрушению от механического воздействия, например, колеса автомобиля. Хотя в границах полосы безопасности, где размещаются дождеприемники, не предусмотрено движение автотранспорта, силовое механическое воздействие может возникать в результате работ, связанных с эксплуатацией сооружения – очистка, уборка и мойка проезжей части. Устройство участка мостового полотна вокруг водоотводной трубки с повышенной шероховатостью может одновременно способствовать снижению последствий от разрушения покрытия по контуру при применении специальных более износостойких или прочных материалов.

ВЫВОДЫ

1. Выполнен анализ энергетического состояния потока ливневых вод, движущегося в водосборном прикромочном лотке проезжей части мостового полотна. Рассмотрен лоток с поперечным сечением двух видов: односкатным и двускатным симметричным. Преобладающее большинство значений продольного уклона сооружения $i_0 \geq 0,01$ показывает бурное состояние потока в лотке. Характер энергии потока в лотке двускатной формы поперечного сечения изучен впервые для условий проезжей части мостового полотна.
2. Показано, что повышение эффективности пропускной способности водоотводной трубки может происходить не только за счет изменения конструктивных особенностей различных частей, составляющих устройство трубки, в том числе решетки на входном отверстии. Изменение параметров потока ливневых стоков в водосборном прикромочном лотке также может привести к росту части расхода, принимаемого трубкой.
3. Представлен ряд конструктивных предложений по повышению концентрации прикромочного потока ливневых вод в створе отверстия водоотводной трубки. Одним из вариантов может быть устройство участка покрытия в створе отверстия трубки на ширине потока с повышенной шероховатостью. Выполненный расчет показывает увеличение общей пропускной способности трубки на $\sim 10 \div 40$ % и более.
4. Использование методов регулирования параметров потока в прикромочном водосборном лотке может осуществляться не только

в момент проектирования и строительства объекта, но и во время выполнения работ по плановому ремонту покрытия проезжей части мостового полотна.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* / ЦНИИС: введен в действие 20.05.2011. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 339 с.
2. Методические указания. Проектирование водоотвода с пролетных строений. – М.: Минстрой РФ, 2018. – 62 с.
3. Константинов Н.М. Гидравлика, гидрология, гидрометрия: учебник для трансп. спец. строит. профиля вузов: в 2 ч. Ч. II. Специальные вопросы / Н.М. Константинов, Н.А. Петров, Л.И. Высоцкий. – М.: Высшая школа, 1987. – 430 с.
4. Петров Н.А. Особенности работы и методика расчета дождеприемников поверхностного водоотвода / Н.А. Петров, А. Уйма. // Течение жидкости при различной степени нестационарности и их практическое применение на транспорте и в строительстве: сборник научных трудов. – М.: МАДИ, 1983. – С. 99-107.
5. Давидяц Н.М. Городские водостоки. Проектирование и строительство / Н.М. Давидяц. – М.: МКХ РСФСР, 1961. – 183 с.
6. Карагодин В.Л. Отвод поверхностных вод с городских территорий / В.Л. Карагодин, М.В. Молоков. – М.: Стройиздат, 1974. – 215 с.
7. Поляков А.В. Расчет водоотводных систем на аэродромах / А.В. Поляков. – Л.: ЛННИ, 1972. – 108 с.
8. ВСН-17-79 Минобороны. Инструкция по проектированию водоотвода на летных полях постоянных аэродромов / Министерство обороны СССР. – М., 1979. – 116 с.
9. Новиков Н.А. Пропускная способность дождеприемников в пониженных местах водосборных лотков мостовых сооружений // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2018. – №4 (86). – С. 21-25.
10. Ханов Н.В. Гидравлические исследования малых дождеприемных решеток с продольным расположением стержней / Н.В. Ханов, М.В. Беспрозванный / Московский государственный университет природообустройства. – М., 2008. – С. 107-111.

11. Новиков Н.А. Энергетическое состояние открытых потоков ливневых вод в сооружениях поверхностного водоотвода мостового полотна / Проектирование автомобильных дорог: сборник докладов Международной конференции и 79-й Международной научно-исследовательской конференции; под научной редакцией П.И. Поспелова. – М.: МАДИ, 2021. – С. 75-81.
12. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85 (с Изменением N 1) – М.: Стандартинформ, 2019. – 86 с.
13. Высоцкий Л.И. Основы теории управления бурными потоками / Л.И. Высоцкий. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 1968. – 175 с.
14. Примеры гидравлических расчетов / Н.М. Константинов, Н.А. Петров, В.А. Александров и др.; под ред. Н.М. Константинова. – изд. 3-е., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 440 с.

L I T E R A T U R A

1. SP 35.13330.2011. Mosty i truby. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.05.03-84* / CNIIS: vveden v dejstvie 20.05.2011. – М.: ОАО «СРР», 2011. – 339 с.
2. Metodicheskie ukazaniya. Proektirovanie vodootvoda s proletnyh stroenij. – М.: Минстрой РФ, 2018. – 62 с.
3. Konstantinov N.M. Gidravlika, gidrologiya, gidrometriya: uchebnik dlya transp. spec. stroit. profilya vuzov: v 2 ch. CH. II. Special'nye voprosy / N.M. Konstantinov, N.A. Petrov, L.I. Vysockij. – М.: Vysshaya shkola, 1987. – 430 с.
4. Petrov N.A. Osobennosti raboty i metodika rascheta dozhdopriemnikov poverhnostnogo vodootvoda / N.A. Petrov, A. Ujma. // Techenie zhidkosti pri razlichnoj stepeni nestacionarnosti i ih prakticheskoe primenenie na transporte i v stroitel'stve: sbornik nauchnyh trudov. – М.: МАДИ, 1983. – С. 99-107.
5. Davidyanc N.M. Gorodskie vodostoki. Proektirovanie i stroitel'stvo / N.M. Davidyanc. – М.: МККХ РСФСР, 1961. – 183 с.
6. Karagodin V.L. Otvod poverhnostnyh vod s gorodskih territorij / V.L. Karagodin, M.V. Molokov. – М.: Strojizdat, 1974. – 215 с.
7. Polyakov A.V. Raschet vodootvodnyh sistem na aerodromah / A.V. Polyakov. – L.: LNNI, 1972. – 108 с.

8. VSN-17-79 Minoborony. Instrukciya po proektirovaniyu vodo-otvoda na letnyh polyah postoyannyh aerodromov / Ministerstvo oborony SSSR. – M., 1979. – 116 s.
9. Novikov N.A. Propusknaya sposobnost' dozhdepriemnikov v ponzhennyh mestah vodosbornykh lotkov mostovykh sooruzhenij // Nauka i tekhnika v dorozhnoj otrasli. – 2018. – №4 (86). – S. 21-25.
10. Hanov N.V. Gidravlicheskie issledovaniya malyh dozhdepriemnykh reshetok s prodol'nym raspolozheniem sterzhnej / N.V. Hanov, M.V. Besprozvannyj / Moskovskij gosudarstvennyj universitet prirodobustrojstva. – M., 2008. – S. 107-111.
11. Novikov N.A. Energeticheskoe sostoyanie otkrytyh potokov livnevykh vod v sooruzheniyah poverhnostnogo vodootvoda mostovogo polotna / Proektirovanie avtomobil'nyh dorog: sbornik dokladov Mezhdunarodnoj konferencii i 79-j Mezhdunarodnoj nauchno-issledovatel'skoj konferencii; pod nauchnoj redakciej P.I. Pospelova. – M.: MADI, 2021. – S. 75-81.
12. SP 32.13330.2018. Kanalizaciya. Naruzhnye seti i sooruzheniya. SNIp 2.04.03-85 (s Izmeneniem N 1) – M.: Standartinform, 2019. – 86 s.
13. Vysockij L.I. Osnovy teorii upravleniya burnymi potokami / L.I. Vysockij. – Saratov: Saratovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni Gagarina YU.A., 1968. – 175 s.
14. Primery gidravlicheskih raschetov / N.M. Konstantinov, N.A. Petrov, V.A. Aleksandrov i dr.; pod red. N.M. Konstantinova. – izd. 3-e., pererab. i dop. – M.: Transport, 1987. – 440 s.

.....

**PREREQUISITES FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE
DRAINAGE PIPES CAPACITY ON BRIDGE STRUCTURES**

*Engineer, Senior Lecturer N.A. Novikov
(Moscow Automobile and Road State
Technical University (MADI))
Contact information: kaman_job@inbox.ru*

The peculiarities of the installation and operation of stormwater inlets in the form of drainage pipes used on bridge structures are described. The existing researches on determining the capacity of various stormwater inlets are considered. The analysis of the energy state of the stormwater flow mov-

ing in the drainage near-edge roadway gutter and its effect on the drainage pipes operation is presented. A number of methods have been proposed to increase the capacity of a drainage pipe located on a section with a longitudinal slope. The constructive solution, which is one of the most convenient for use in the practice of construction and operation of bridge structures, is highlighted and justified by comparative calculation.

Key words: *drainage pipe, stormwater inlet, operation of stormwater inlets in low sites, operation of rainwater basins on a section with a slope, flow energy state, capacity, bridge structure.*

Рецензент: канд. техн. наук **Б.П. Кутько** (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 15.03.2022 г.