

УДК: 625.72

DOI: 10.48612/NewsKSUAE/75.29

EDN: TGZBFT



Совершенствование метода расчета расстояний между откосными лотками

Ю.В. Кузнецов¹, И.А.Пуркина¹

¹Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет
(МАДИ), г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. *Постановка задачи.* При расчете и проектировании продольных и откосных лотков системы дорожного водоотвода в настоящее время используются зависимости, основанные на равномерном режиме протекания воды. В действительности, движение воды в них является неравномерным с возрастающей по длине лотков массой. Кроме того, не учитывается, что часть расхода из продольного лотка не попадает в откосный лоток и поступает на следующий участок продольного лотка. Для повышения точности расчетов необходимо устранение перечисленных выше недостатков. *Целью исследования* является комплексная оценка работы продольных и откосных лотков. *Задачами исследования* являются развитие существующей методики определения расстояний между откосными водосбросными лотками и разработка метода расчета расстояний между откосными лотками, учитывающего неравномерное движение потока.

Результаты. Разработан метод расчета расстояний между откосными лотками, в основу которого положено совместное решение в конечных разностях уравнения неравномерного движения жидкости с возрастающей массой и уравнения неразрывности, определены расчетные расстояния между откосными лотками для автомобильных дорог I и II технических категорий.

Выводы. Применение предлагаемого метода расчета позволит уменьшить опасность подтопления водой укрепленной части обочины и даже проезжей части.

Ключевые слова: откосные лотки, продольные лотки, прикромочные лотки, «прибордюрные» лотки, отвод воды с поверхности проезжей части

Для цитирования: Кузнецов Ю.В., Пуркина И.А. Совершенствование метода расчета расстояний между откосными лотками // Известия КГАСУ, 2026, № 1 (75), с. 356-366, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/75.29, EDN: TGZBFT

Improving the method for calculating distances between ditch trays

Yu. V. Kuznetsov¹, I. A. Purkina¹

¹Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)
Moscow, Russian Federation

Abstract. *Problem Statement.* When calculating and designing the longitudinal and ditch trays of the road drainage system, dependencies based on a uniform water flow regime are currently used. In fact, the movement of water in them is non-uniform with increasing mass along the length of the trays. In addition, it is not taken into account that part of the flow from the longitudinal tray does not enter the ditch tray and enters the next section of the longitudinal tray. To improve the accuracy of calculations, it is necessary to eliminate the disadvantages listed above. *The purpose of the study* is a comprehensive assessment of the work of longitudinal and ditch trays. *The tasks of the study* are to develop an existing methodology for determining the distances between water ditch trays and to develop a method for calculating the distances between the ditch trays, taking into account the non-uniform flow movement. *Results.* A method

has been developed for calculating the distances between ditch trays, which is based on a joint solution in finite differences of the equation of non-uniform motion of a liquid with increasing mass and the equation of continuity. The calculated distances between ditch trays for roads of technical categories I and II have been determined.

Conclusions. The use of the proposed calculation method will reduce the risk of flooding of the reinforced section of the road shoulder and even the roadway.

Keywords: ditch trays, longitudinal trays, edge trays, curb channels, drainage of water from the road surface.

For citation: Kuznetsov Yu. V., Purkina I. A. Improving the method for calculating distances between ditch trays // News of KSUAE, 2026, № 1 (75), p. 356-366, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/75.29, EDN: TGZBFT

1. Введение

В настоящее время для сброса по откосам насыпей воды, стекающей с поверхности проезжей части, остановочных или укрепленных полос обочин, применяются системы продольных (прикромочных или «прибордюрных») и откосных лотков. Согласно ГОСТ Р 59611-2021¹ лотки следует устраивать в следующих случаях: при высоте насыпи более 4,5 м; при продольных уклонах более 3%; на вогнутых вертикальных кривых.

В работах [1-3] подробно излагаются основные принципы и методы расчета систем дорожного водоотвода. Авторы систематизируют подходы к определению пропускной способности лотков в зависимости от интенсивности осадков и геометрии водоотводного лотка. а также рассматривают конструктивные особенности их установки для минимизации рисков подтопления основания автомобильной дороги.

Технические решения в области проектирования систем поверхностного водоотвода подробно рассматриваются авторами [4, 5]. Исследование охватывает анализ различных типов водоотводных схем — от открытых лотков до закрытых дренажных систем. Особое внимание уделено эффективному отводу воды с поверхности проезжей части автомобильных дорог и мостовых сооружений.

Источники [6, 7] сосредоточены на практических аспектах сбора и отвода воды с проезжей части автомобильной дороги. Исследователи анализируют формирование потоков воды малой глубины на покрытиях. Работы носят прикладной характер и направлены на обеспечение надежного функционирования дренажных систем в реальных условиях эксплуатации.

Теоретическая и нормативная база для проектирования дорожного водоотвода сформирована в работах [8-10]. Исследователи анализируют современные нормативные требования и стандарты, регламентирующие организацию отвода воды с автомобильных дорог. В источниках рассматривается влияние геометрических параметров дороги (продольные и поперечные уклоны) на эффективность работы дренажной системы в целом. Результаты этих исследований служат основой для выбора оптимальных схем водоотвода на стадии проектирования.

Ряд исследований [11-13] посвящен изучению фундаментальных процессов взаимодействия воды и дорожного покрытия, где проведен анализ механизмов образования скопления воды (луж), процессов формирования водяной пленки на поверхности и факторов, влияющих на ее толщину. Особое внимание уделяется критическим последствиям наличия воды на дороге, таким как аквапланирование и разрушение покрытия. Работы носят обзорный и аналитический характер, обобщая существующие знания о физике дождевого стока и его влиянии на безопасность движения.

Для повышения эффективности существующих водоотводных систем в работах [14-16] предложены конкретные усовершенствования разработки водоотвода,

¹ГОСТ Р 59611-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Система водоотвода. Общие требования. (утв. и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 августа 2021 г. №689-ст). М.: Российский институт стандартизации, 2021. 31 С.

адаптированные для различных условий, включая городские дороги. Важной особенностью этих работ является комплексный подход, где водоотведение рассматривается как неотъемлемая часть общей работоспособности улично-дорожной сети. Такой анализ позволяет учитывать взаимное влияние водоотводных систем и других элементов дорожной инфраструктуры на безопасность и долговечность.

Действующие рекомендации по назначению расстояний между откосными лотками (ГОСТ Р 59611-2021¹), учитывающие размеры элементов поперечного профиля дороги, значения продольного и поперечного уклонов, пропускную способность откосных лотков, а также климатические условия региона требуют уточнения по двум причинам.

Первая причина – предположение, что весь расход из продольного лотка попадает в откосный лоток. В действительности, из-за высоких скоростей течения этого не происходит, и в начало следующего участка продольного лотка поступает расход «проскока», к которому добавляются погонные расходы по длине лотка [17]. Это приводит к возрастанию скоростей течения и уменьшению времени протекания воды в лотке, от которого зависит величина расчетной интенсивности ливня.

Вторая причина – использование при расчетах формул для равномерного движения жидкости, в то время как в лотке наблюдается неравномерное движение воды с возрастающей массой. На каждый погонный метр лотка поступает с проезжей части дополнительные расходы, поэтому по длине продольного лотка расходы увеличиваются [3].

Повышение точности расчетов параметров дорожного водоотвода обеспечивает совершенствование проектных решений, что, в свою очередь, способствует повышению уровня безопасности дорожного движения [10].

Поэтому целью данной работы является комплексная оценка работы продольных и откосных лотков.

В рамках установленной цели необходимо решить следующие задачи:

- развить существующую методику определения расстояний между откосными водосбросными лотками;
- составить корректный алгоритм расчета расстояний между откосными водосбросными лотками;
- разработать методику с возможностью её реализации в программном обеспечении;
- учесть расход проскоков;
- использовать при расчетах зависимости для неравномерного движения с возрастающей массой.

2. Материалы и методы

Для определения расстояний между откосными лотками предлагается методика, основанная на схеме, приведенной на рис. 1.

На начальный участок продольного лотка поступает расход $Q_{прн}$, возникший в результате «проскока» воды мимо входного участка откосного лотка. По длине лотка расход увеличивается за счет поступления воды, стекающей с поверхности проезжей части, остановочной полосы или укрепленной полосы обочины, и в конце участка составит:

$$Q_k = Q_{прн} + 0,0000167LBa_p \quad (1)$$

где L – расстояние между откосными лотками, м;

B – кратчайшее расстояние от водораздельной линии до продольного лотка, м;

a_p – расчетная интенсивность ливня, мм/мин, при его продолжительности t , мин.

$$a_p = a_{час} \left(\frac{60}{t} \right)^{2/3} = a_{час} \frac{15,33}{t^{2/3}} \quad (2)$$

$$t = t_n + t_n \quad (3)$$

t_n – время протекания воды по лотку, мин;

t_n – время добегания по поверхности покрытия, мин;

$a_{час}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин.

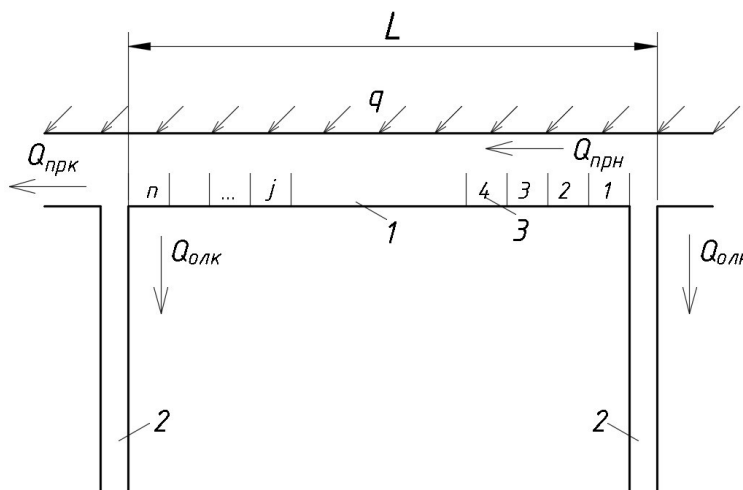


Рис. 1. Схема поступления воды на участок продольного лотка: 1 – продольный лоток; 2 – откосный лоток; 3 – номер элементарного участка; q – погонный приток воды с поверхности дорожного покрытия, $\text{м}^2/\text{с}$; $Q_{\text{прн}}$ и $Q_{\text{прк}}$ – расходы «проскока» в начальном и конечном створах продольного лотка; $Q_{\text{олн}}$ и $Q_{\text{олк}}$ – расходы воды в откосных лотках в начале и в конце продольного лотка. (иллюстрация автора)

Fig. 1. Water inflow diagram for a longitudinal channel section: 1 – longitudinal channel; 2 – ditch tray; 3 – elementary section number; q – linear water inflow from the road surface, m^2/s ; $Q_{\text{прн}}$ and $Q_{\text{прк}}$ – breakthrough flow rates at the initial and final sections of the longitudinal channel; $Q_{\text{олн}}$ and $Q_{\text{олк}}$ – water flow rates in the ditch trays at the beginning and end of the longitudinal channel. (illustration by the author)

Максимально допустимое значение расхода в конце продольного лотка Q_k не должно превышать пропускную способность входного участка откосного лотка Q_n , увеличенную на величину расхода «проскока» $Q_{\text{прк}}$:

$$Q_k = Q_n + Q_{\text{прк}} \quad (4)$$

Представив расход «проскока» как долю пропускной способности в процентах p , получаем $Q_{\text{прк}} = \frac{pQ_n}{100}$ и преобразуем формулу (4):

$$Q_k = Q_n \left(1 + \frac{p}{100} \right) \quad (5)$$

Приравняв правые части уравнений (1) и (5), получим формулу для определения расстояния между откосными лотками:

$$L = \frac{3860 \left[Q_n \left(1 + \frac{p}{100} \right) - Q_{\text{прн}} \right] t^{2/3}}{a_{\text{час}} B} \quad (6)$$

где Q_n – пропускная способность откосного лотка, $\text{м}^3/\text{с}$;

p – процент расхода «проскока»;

$Q_{\text{прн}}$ – расход проскока, поступающий в начальный створ продольного лотка, $\text{м}^3/\text{с}$.

В формуле (6) неизвестными являются расстояние L между соседними откосными лотками и время протекания воды по лотку t .

Их определение возможно путем решения системы уравнений динамического равновесия (7) и неразрывности (8) в конечных разностях для j -го элементарного участка, представленных в виде:

$$I_{nj} = \frac{R_{(j+1)} - R_j}{l_j} + \frac{\alpha}{2gl_j} (V_{(j+1)}^2 - V_j^2) + \frac{\alpha_0 V_{jcp} (Q_{(j+1)} - Q_j)(1 - \cos \varphi)}{l_j g \omega_{jcp}} + \frac{V_{jcp}^2}{C_{jcp}^2 R_{jcp}} \quad (7)$$

$$Q_{j+1} = Q_j + \frac{0,000288 a_{\text{час}} B l_j}{t^{2/3}} \quad (8)$$

где $R_j, R_{(j+1)}$ – гидравлические радиусы в j -м и $(j+1)$ -м створах, м;

$V_j, V_{(j+1)}$ – соответственно скорости течения в j -м и $(j+1)$ -м створах, м/с;

V_{jcp} – средняя скорость течения на j -м расчетном участке, м/с;

l_j – длина j -го участка, м;

I_{nj} – уклон поверхности дороги;

C_{jcp}, R_{jcp} – соответственно коэффициент Шези и гидравлический радиус, средние на j -м участке, м;

ω_{jcp} – средняя на j -м участке площадь живого сечения, м²;

$Q_j, Q_{(j+1)}$ – соответственно расходы в j -м и $(j + 1)$ -м створах, м³/с;

Протяжение продольного лотка между соседними откосными лотками делится на элементарные участки: $j, (j + 1), (j + 2), \dots, (j + n)$.

В качестве исходных данных при проектировании продольного лотка используются:

B – кратчайшее расстояние от водораздельной линии до продольного лотка, м;

$a_{час}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин;

$Q_{п}$ – пропускная способность откосного лотка, м³/с;

p – процент расхода «проскока»;

$Q_{прп}$ – расход «проскока», поступающий в начальный створ продольного лотка, м³/с;

I_l – продольный уклон лотка;

I_c – поперечный уклон покрытия у бортового камня;

φ – угол между направлением поперечного уклона и направлением линии стока.

Последовательность расчетов:

1. Назначается суммарное время протекания воды по лотку и по дорожному покрытию $t = t_l + t_n$, и по формуле (6) рассчитывается расстояние между откосными лотками L .

2. Путем решения в конечных разностях системы уравнений динамического равновесия (7) и неразрывности (8) в конечных разностях определяется суммарное время протекания воды T .

3. Если полученное значение T не совпадает с назначенным согласно п.1, его корректируют в сторону увеличения или уменьшения и по формуле (6) получают уточненное значение расстояния L .

4. Расчеты, указанные в п. 2 и 3, выполняют до тех пор, пока полученное значение T не совпадает с назначенным. Оно и соответствующие ему значения расстояния, расходов, глубин и скоростей течения используются для разработки проектных решений.

Последовательность расчетов при решении системы уравнений в конечных разностях согласно п. 2. Сначала длину L разбивают на элементарные участки $j = 0 \dots n$ длиной 0,5 – 1 м (рис. 1). Затем расчет идет последовательно сверху – вниз для каждого элементарного участка.

Так как в уравнении (7) значения гидравлического радиуса, скоростей течения и других параметров с индексом $(j + 1)$ неизвестны, его решают методом последовательных приближений, варьируя значениями $h_{(j+1)}$ до тех пор, пока правая часть уравнения не станет равной известному продольному уклону дна (поверхности покрытия или укрепления) I_d .

Блок-схема расчетов представлена на рис. 2.

Для j -го элементарного участка известны для верхнего створа значения расхода, глубины, площади поперечного сечения и скорости.

Для нижнего $(j + 1)$ -го створа по уравнению неразрывности (8) рассчитывается расход $Q_{(j+1)}$.

Назначается предварительная глубина в $(j + 1)$ створе: $h_{(j+1)} = h_j + z$, где z – шаг изменения глубины, принимаемый равным 0,0001 м.

Для расчета скорости используют формулу:

$$V_{j+1} = C_{j+1} \sqrt{R_{j+1} I_j} \quad (9)$$

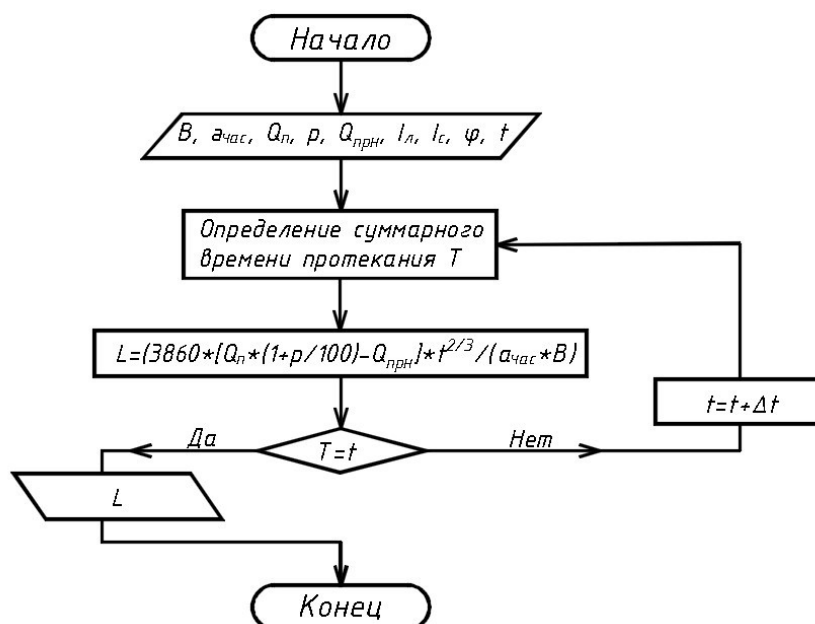


Рис. 2. Блок-схема расчета расстояния между откосными лотками. (иллюстрация автора)
Fig. 2. Block diagram for calculating the distance between ditch trays (illustration by the author)

При определении коэффициента Шези используется формула, полученная автором в результате лабораторных исследований влияния показателя шероховатости дорожного покрытия на скорости воды [2]:

$$C_{(j+1)} = 24 \log_{10} \left(\frac{3R_{(j+1)}}{\Delta_j} \right) \quad (10)$$

Выполняются расчеты:

- среднего расхода:

$$Q_{jcp} = 0,5(Q_{(j+1)} + Q_j) \quad (11)$$

- средней глубины:

$$h_{jcp} = 0,5(h_{(j+1)} + h_j) \quad (12)$$

- среднего гидравлического радиуса R_{jcp}

$$R_{jcp} = 0,5(R_{(j+1)} + R_j) \quad (13)$$

- средней ширины:

$$b_{jcp} = 0,5(b_{(j+1)} + h_j) \quad (14)$$

- площади:

$$\omega_{(j+1)} = (h_{(j+1)})(b_{(j+1)}) \quad (15)$$

- средней площади:

$$\omega_{jcp} = 0,5(\omega_{(j+1)} + \omega_j) \quad (16)$$

- средней скорости:

$$V_{jcp} = \frac{Q_{jcp}}{\omega_{jcp}} \quad (17)$$

- среднего коэффициента Шези:

$$C_j = 0,5(C_{(j+1)} + C_j) \quad (18)$$

Подставляя найденные значения в правую часть формулы (7), рассчитываем ее величину. Если она не совпадает со значением продольного уклона I_{nj} в левой части формулы, корректируется величина глубины $h_{(j+1)}$, и происходит повторение цикла (циклов) до достижения равенства.

После этого определяется время протекания воды по-му элементарному участку:

$$t_j = \frac{l_j}{V_{jcp}} \quad (19)$$

Результатами расчетов для j -го участка являются расход и глубина в $(j+1)$ -ом створе, скорости и время протекания воды.

Расчеты повторяются последовательно для расположенных ниже участков и заканчиваются в конце у откосного лотка.

В итоге получаем: расход Q_m , общую длину протекания воды L_m и время ее добегания до конечного створа T_m , скорость воды в конечном створе V_m , среднюю скорость и угол направления течения φ , определяемые по формулам:

$$L = \sum_{j=1}^n l_j \quad (20)$$

$$T = \sum_{j=1}^n t_j \quad (21)$$

$$V = \frac{L}{T} \quad (22)$$

где n - номер последнего элементарного участка полосы m .

3. Результаты и обсуждения

Для реализации предложенного алгоритма расчета разработана программа на языке PascalABC.

По предлагаемой методике с использованием программы были выполнены расчеты расстояний между откосными водосбросными лотками для дорог I и II технических категорий для интенсивности дождя вероятностью превышения 1 % в 1-ом ливневом районе (Московская область).

Значение шероховатости покрытия было принято — 1 мм.

Пропускная способность откосного лотка определялась пропускной способностью входного звена и составляла 0,04 куб. м/с.

Для дороги I технической категории была принята четырехполосная проезжая часть с разделительной полосой, имеющей уклоны в сторону проезжих частей, шириной 6 м.

Общая ширина от водораздела до бортового камня составляет 13,00 м.

Поперечный профиль автомобильной дороги I технической категории приведен на рис. 3.

Участок плана автомобильной дороги I технической категории приведен на рис. 4.

Поперечный уклон проезжей части был принят в размере 20 ‰, обочины - 40 ‰.

Продольные уклоны рассматривались от 10 ‰ до 50 ‰ с шагом 10 ‰.

Сравнение результатов настоящего расчета по предложенной методике, действующих нормативных значений и результатов исследований других авторов приведены в таблицах 1 и 2.

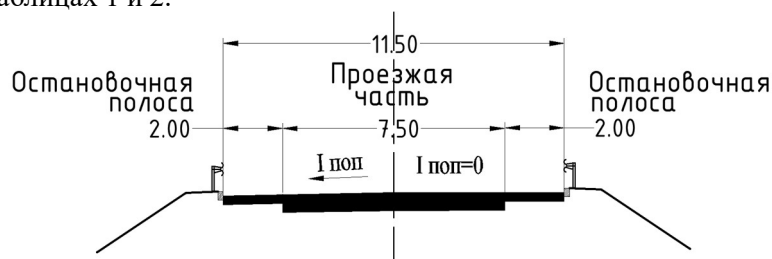


Рис. 3. Поперечный профиль автомобильной дороги I технической категории.
(иллюстрация автора)

Fig. 3. Cross-section profile of a road of technical category I. (illustration by the author)

Для дороги II технической категории была принята двухполосная проезжая часть шириной 7,5 м. Ширина обочины 3,5 м с укрепленной частью шириной 2 м. Расстояние от водораздела до бортового камня 5,75 м. Поперечный уклон проезжей части был принят в размере 20 ‰, укрепленной части обочины - 40 ‰. Продольные уклоны

рассматривались от 10 ‰ до 50 ‰ с шагом 10 ‰. Результаты расчета и рекомендуемые нормативные значения приведены в таблице 2.

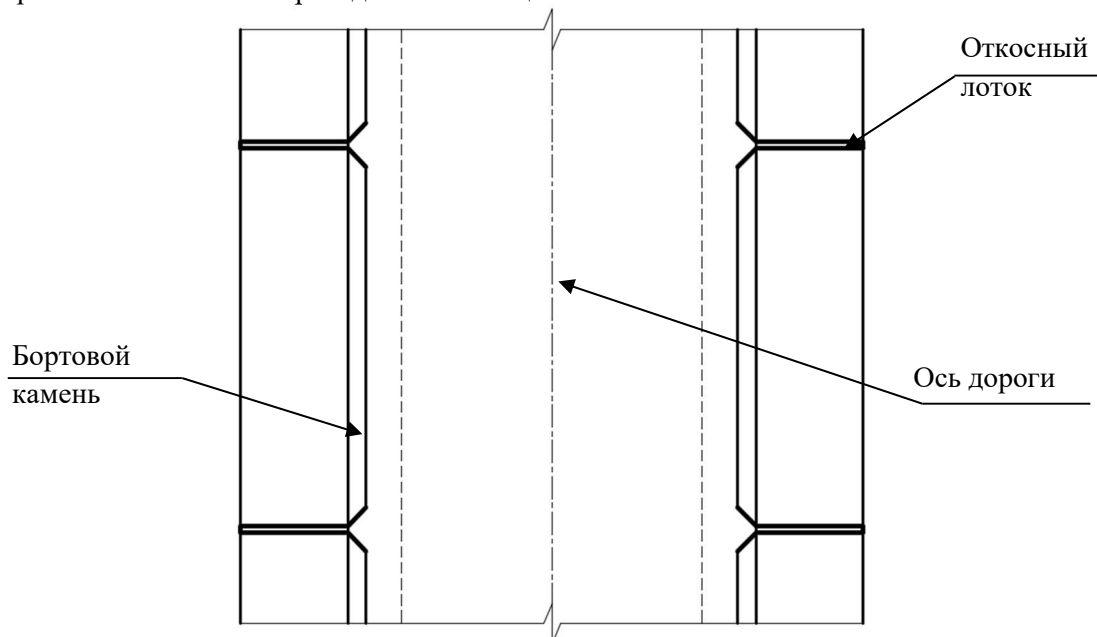


Рис. 4. Участок плана автомобильной дороги I технической категории. (иллюстрация автора)

Fig. 4. Section of the road plan of the I technical category. (illustration by the author)

Таблица 1

Сравнение рекомендуемых расстояний между откосными лотками для автомобильной дороги I технической категории, 4 полосы движения, выпуклая разделительная полоса шириной 6 м

Источник	Расстояние (м) между откосными водосбросами при продольном уклоне прикромочного лотка (‰):				
	10	20	30	40	50
ГОСТ Р 59611-2021 ¹	55	45	40	35	30
Расчетное значение по программе	29	28	27	26	25
Исследования автора Ильиной А.А. ²	46	44	42	40	37

Примечание: результаты исследований Ильиной А.А. учтены в работах [17, 18].

Таблица 2

Сравнение рекомендуемых расстояний между откосными лотками для автомобильной дороги II технической категории с остановочной полосой

Источник	Расстояние (м) между откосными водосбросами при продольном уклоне прикромочного лотка (‰):				
	10	20	30	40	50
ГОСТ Р 59611-2021 ¹	150	125	105	95	85
Расчетное значение по программе	77	67	56	53	51
Исследования автора Ильиной А.А. ²	120	117	115	114	112

Примечание: результаты исследований Ильиной А.А. учтены в работах [17, 18].

Как следует из таблиц, полученные расчетом расстояния между откосными лотками значительно меньше указанных в ГОСТ Р 59611-2021¹. Такое расхождение можно объяснить отсутствием учета в указанном нормативном документе «проскока» воды мимо откосного лотка и использование расчетных формул для равномерного движения жидкости, которое в действительности является неравномерным с переменной (возрастающей) массой.

² Ильина, А.А. Методика расчета и проектирования водоотвода с поверхности автомагистралей : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.11 / Ильина Анна Александровна. Москва, 1999. – 198 С.

4. Заключение

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Проведена актуализация и совершенствование существующей методики расчета расстояний между откосными лотками. Некоторые действующие положения были уточнены с учётом разработанных рекомендаций, а именно: скорректирована скорость и время течения потока воды по лотку, от которых зависит расчетная интенсивность дождя. Кроме того, предложено использовать при расчётах формулы для неравномерного движения жидкости с возрастающей массой.
2. Составлен алгоритм расчета расстояний между откосными водосбросными лотками с учётом вышеизложенных рекомендаций для актуализации методики расчета.
3. Разработана методика расчета расстояний между откосными водосбросными лотками.
4. Разработана программа расчета расстояний между откосными водосбросными лотками в программной среде PascalABC.
5. Установлено, что уменьшение расстояний между лотками уменьшает опасность подтопления водой укрепленной части обочины и даже проезжей части.
6. Сформулировано, что удорожание строительства из-за уменьшения расстояний между лотками будет компенсироваться за счет снижения вероятности размыва откосов и увеличения глубины слоя воды на поверхности обочины и проезжей части во время дождя.

Таким образом, усовершенствованная методика позволяет более точно определить расстояния между откосными лотками, являющимися одним из компонентов системы водоотвода, что благоприятно сказывается на технико-эксплуатационных качествах дорожных одежд.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках научно-исследовательской работы, реализуемой за счет средств федерального бюджета (источник финансирования - Министерство науки и высшего образования Российской Федерации) по теме: «Применение публичных нейросетей для автоматизированного генерирования элементов уличной и дорожно-транспортной инфраструктуры» (шифр научной темы FSFM-2025-0004).

Список литературы/References

1. Ильина А. А. Оценка состояния нормативно-методического обеспечения проектно-строительных решений по устройству водоотвода с поверхности автомагистралей. / Сборник научно-методических работ по повышению уровня обоснованности проектов автомобильных дорог и сооружений на них. Вып. 3 – М. : ГП «Союздорпроект», 1999. – С. 85-94.
Ilyina, A. A. Assessment of the State of Regulatory and Methodological Support for Design and Construction Solutions for the Installation of Water Drainage from the Surface of Highways. / Collection of Scientific and Methodological Works on Improving the Validity of Highway Projects and Structures on Them. Iss. 3 – M. : State Enterprise Soyuzdorproekt, 1999. – P. 85-94.
2. Кузнецов Ю.В., Пуркина И.А. Лабораторное исследование стока воды по дорожным покрытиям: сб. докладов. 82-й Международной научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ – Проектирование автомобильных дорог / МАДИ. Москва, 2024. С. 81-92.
Kuznetsov Yu.V., Purkina I.A. Laboratory study of water runoff on road surfaces: collection of reports. 82nd International Scientific, Methodological and Research Conference MADI - Design of Highways / MADI. Moscow, 2024. P. 81-92.
3. Перевозников, Б. Ф. Водоотвод с автомобильных дорог / Б. Ф. Перевозников. – М. : Транспорт, 1982. – 190 с.
Perevostnikov, B. F. Water drainage from highways / B. F. Perevostnikov. – M. : Transport, 1982. – 190 p.
4. Петровских О. К., Ибрагимова А. А., Садыков Р. Р. Совершенствование системы водоотвода с мостового полотна автодорожных мостов // Известия

- Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. № 1(59). С. 113-125. DOI 10.52409/20731523_2022_1_113.
- Petropavlovskikh O. K., Ibragimova A. A., Sadykov R. R. Improving the drainage system from the bridge deck of highway bridges // *News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2022. No. 1(59). P. 113-125. DOI 10.52409/20731523_2022_1_113.
5. Biancardo S. A., Intignano M., Abbondati F., Di Fonzo F., Gualtieri C., & Dell'Acqua G. Rainwater drainage systems solutions for safer transport infrastructures // *Transportation Research Procedia*. Vol. 90. P. 304-311. DOI: 10.1016/j.trpro.2025.06.072.
6. Дормидонтова Т. В., Прусаков В. П. Организация отвода сточных вод с проезжей части автомобильных дорог // *Тенденции развития науки и образования*. 2022. № 86-2. С. 73-77. DOI 10.18411/trnio-06-2022-68.
- Dormidontova T. V., Prusakov V. P. Organization of wastewater disposal from the roadway of highways // *Trends in the development of science and education*. 2022. No. 86-2. P. 73-77. DOI 10.18411/trnio-06-2022-68.
7. Ogborn S. Rainfall-induced shallow flow water depths on vehicular pavements // *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management*. 2025. Vol. 178, Iss. 1. P. 28-41. DOI: 10.1680/jwama.23.00060.
8. Виноградов И. А. Современные нормативные требования и технические решения по организации водоотведения с автомобильных дорог: материалы VII Всероссийской межвузовской конференции – Магистратура – автотранспортной отрасли / СПбГАСУ. Санкт-Петербург, 2022. С. 10-20.
- Vinogradov I. A. Modern regulatory requirements and technical solutions for organizing water drainage from highways: *Proceedings of the VII All-Russian Interuniversity Conference - Master's Degree - in the Motor Transport Industry / SPbGASU*. St. Petersburg, 2022. P. 10-20.
9. Примчук А. Г., Бушуев Д. В., Ильинский Ю. Ю. Схемы отвода воды с проезжей части и их особенности: материалы X Всероссийской научно-практической конференции «Инженерное дело на Дальнем Востоке России» / Дальневосточный федеральный университет. Владивосток, 2025. С. 244-249.
- Primchuk A. G., Bushuev D. V., Ilyinsky Yu. Yu. Schemes for water drainage from the roadway and their features: *Proceedings of the X All-Russian scientific and practical conference "Engineering in the Russian Far East" / Far Eastern Federal University*. Vladivostok, 2025. P. 244-249.
10. Awwad M. Studying the Effects of Roads Geometry and Design Parameters on the Pavement Drainage System // *Civil Engineering Journal*. 2021. Vol. 7. No. 01. P. 49-58 DOI: 10.28991/cej-2021-03091636.
11. Taufikurrahman K., I Wayan Y. Study of Road Surface Damage due to Rainwater Puddles using the Pavement Condition Index // *Trajectoriâ Nauki = Path of Science*. 2022. Vol. 8. No. 8. P. 3010-3018 DOI 10.22178/pos84-8.
12. Jianming L., Fan Y., Jake Z., Peilin L., MD Irfan U., Tie C. Water-film depth assessment for pavements of roads and airport runways: a review // *Construction and Building Materials*. 2023. Vol. 392. Art. 132054. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2023.132054.
13. Dehnad M. H., Yazdi A. A review of numerical and experimental studies on hydroplaning of vehicles in motion on road surfaces // *Results in Engineering*. 2024. Vol. 22. Art. 102148. DOI: 10.1016/j.rineng.2024.102148.
14. Касимов А. Т., Касымжанов А. М., Муханов Д. М. Совершенствование разработки системы водоотведения с проезжей части автомобильных дорог // *Инновации. Наука. Образование*. 2021. № 35. С. 162-167.
- Kasimov A. T., Kasimzhanov A. M., Mukhanov D. M. Improving the development of a water drainage system from the roadway of highways // *Innovations. Science. Education*. 2021. No. 35. P. 162-167.

15. Данилова А. В. Совершенствование системы водоотведения с проезжей части городских дорог // Научному прогрессу – творчество молодых. 2024. № 1. С. 660-662.
Danilova A. V. Improving the drainage system from the roadway of urban roads // Scientific progress – creativity of the young. 2024. No. 1. P. 660-662.
16. Комарова Т. К., Поспелов П. И., Мордвин С. С. Комплексный анализ работоспособности элементов улично-дорожной сети городов: вариантное проектирование нерегулируемых примыканий // Известия КГАСУ. 2025. №1(71). С. 6-16.
Komarova T.K., Pospelov P.I., Mordvin S.S. Comprehensive analysis of the performance of elements of the city street and road network: alternative design of unregulated junctions // News of KSUAE. 2025. No. 1 (71). P. 6-16.
17. Никоренко Ю. Л., Мордвин С. С., Хайретдинов М. Г. Индивидуальное проектирование водозаборных (направляющих) элементов для снижения эффекта «проскока» в ливневой канализации: сб. докладов. 81-й Международной научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ – Проектирование автомобильных дорог / МАДИ. Москва, 2023. С. 30-36.
Nikorenko Yu. L., Mordvin S. S., Khairutdinov M. G. Individual design of water intake (guide) elements to reduce the "slippage" effect in storm sewers: collection of reports. 81st International Scientific, Methodological and Research Conference MADI - Design of Highways / MADI. Moscow, 2023. P. 30-36.
18. Никоренко Ю. Л., Мордвин С. С., Хайретдинов М. Г. Необходимость уточнения расстояния между дождеприёмниками на основании опыта строительства и эксплуатации многополосных автомагистралей методом расчёта: сборник докладов 81-й Международной научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ – Проектирование автомобильных дорог / МАДИ. Москва, 2023. С. 37-45.
Nikorenko Yu. L., Mordvin S. S., Khairutdinov M. G. The need to clarify the distance between storm water inlets based on the experience of construction and operation of multi-lane highways using the calculation method: collection of reports of the 81st International Scientific, Methodological and Research Conference MADI - Design of Highways / MADI. Moscow, 2023. P. 37-45.

Информация об авторах

Кузнецов Юрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва, Российская Федерация
Email: dil_madi@mail.ru

Пуркина Ирина Александровна, аспирант, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва, Российская Федерация
Email: airina9093@gmail.com

Information about the authors

Yuri V. Kuznetsov, candidate of technical sciences, associate professor, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russian Federation
Email: dil_madi@mail.ru

Irina A. Purkina, post-graduate student, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russian Federation
Email: airina9093@gmail.com

Дата поступления: 16.02.2026

Дата принятия: 27.04.2026