



УДК 628.258:625.1/5

П.А. Горшкалев – аспирант

Самарский государственный архитектурно-строительный университет (СГАСУ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СТОКА И ВЫВОД ФОРМУЛЫ РАСХОДА ЛИВНЕВЫХ ВОД

АННОТАЦИЯ

В представленной работе разработана формула, позволяющая определить величину расхода ливневых сточных вод с железнодорожных путей, учитывающая степень загрязненности балластной призмы железнодорожного пути. Определен коэффициент стока ливневых сточных вод со склонов балластной призмы железнодорожных путей, зависящий от степени загрязненности балласта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Расход ливневых вод, формула расчета расхода, степень загрязненности балласта, коэффициент стока ливневых вод, ливневая вода с железнодорожного пути.

P.A. Gorshkalev – post-graduate student

Samara State Architecturally-Building University (SSABU)

DEFINITION OF DRAIN FACTOR AND FORMULA DERIVATION OF STORM WATERS FLOW

ABSTRACT

The formula determining the value of sewage storm water flow from railway tracks with consideration for pollution intensity of ballast prism of railway track is developed. The drain factor of sewage storm waters from the ballast prism's slopes of railway tracks is defined; it depends on pollution intensity of ballast.

KEYWORDS: Storm waters flow, calculation formula of flow, pollution intensity of a ballast, drain factor of sewage storm waters, storm water from railway track.

Расход ливневых сточных вод определяется по формуле, учитывающей коэффициент стока с площади водосбора. Общая формула для определения расхода дождевых вод (в л/с) представлена В.С. Дикаревским в работах [1, 2] в виде:

$$Q = q \cdot F \cdot \gamma \cdot h, \quad (1)$$

где q – расчетная интенсивность дождя, л/с на га;

F – площадь стока, с которой стекает дождевая вода, га;

γ – коэффициент стока с площади водосбора;

h – коэффициент, учитывающий неравномерность выпадения дождя на площади стока.

На кафедре водоснабжения и водоотведения СГАСУ выполнялись исследования, направленные на определение коэффициента стока с балластной призмы железнодорожных путей. Рассмотрим представленные в формуле составляющие.

γ – коэффициент стока с площади водосбора.

Известно, что дождевая вода, попадая на поверхность различных покрытий, стекает с них не полностью. Количество воды, стекающее с покрытия, определяется коэффициентом стока, приводимым в [3 и 4]. Коэффициент стока для щебенчатых покрытий

составляет 0,4 [3, 4]. Так как балластная призма состоит из щебня, устроенного на грунтовом основании, то коэффициент стока будет определяться в зависимости от коэффициента стока с щебня и коэффициента стока с грунта. Коэффициент стока для грунтовых покрытий составляет 0,2 [3, 4].

Балластная призма имеет склоны, по которым часть осадков стекает к ее подножью, но основная часть осадков, проходя через балласт, попадает на грунт. Для определения количества ливневых сточных вод, стекающих по склону балластной призмы, были проведены опыты на экспериментальной установке, схема которой приведена на рисунке.

Суть эксперимента заключается в том, что с помощью оросителя достигается равномерное распределение осадков. Создавая подобие дождя, видно, что основная часть равномерно распределенных осадков проходит в тело балластной призмы, но некоторая их часть стекает по склону к подножью устроенной балластной призмы. Таким образом, часть воды, попавшая в резервуар б, является частью осадков, стекающих по склону балластной призмы.

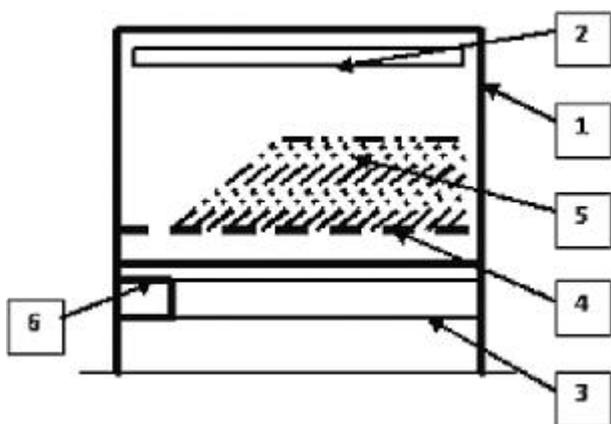


Рис. Схема экспериментальной установки

- 1 – корпус установки, 2 – ороситель,
 3 – поддон для сбора сточной воды, 4 – решетка,
 5 – щебень, имитирующий балластную призму,
 6 – резервуар для сбора части ливневой воды,
 стекающей по склону балластной призмы

Для правильного определения коэффициента стока с балластной призмы железной дороги вводится новый коэффициент, показывающий количество воды, стекающее по склонам балластной призмы. Данный коэффициент получил название коэффициента стекания. Он был определен практическим путем на экспериментальной установке: сравнил количество воды, поданное на ороситель, и количество воды, попавшее в резервуар 6, найдем коэффициент стекания воды по склону балластной призмы (K_c).

Первые опыты проводились на чистом щебне, то есть имитация балластной призмы на установке была создана из нового, не эксплуатируемого щебня. Был проверен ряд опытов, математическая обработка которых показала, что по склону балластной призмы стекает 13,5 % ливневой воды. Вторые опыты были проведены на загрязненном щебне. В этом случае количество стекающей воды составило 35,5 %. Таким образом, коэффициент стекания воды по склонам уже эксплуатируемой и загрязненной балластной призмы составляет: $K_c = 0,355$.

Также определим коэффициент инфильтрации в тело балластной призмы, он будет равен $K_{ин} = 1 - K_c$, для загрязненного балласта он будет составлять $K_{ин} = 1 - 0,355 = 0,645$.

Разработана формула, позволяющая определить коэффициент стока с железнодорожного пути, с учетом предложенного коэффициента стекания воды по склонам балластной призмы:

$$y_{жс/д} = K_c + y_{щ} \cdot (1 - K_c) \cdot y_{гр}, \quad (2)$$

где K_c – коэффициент стекания воды по склону балластной призмы;

$y_{щ}$ – коэффициент стока с щебня;

$y_{гр}$ – коэффициент стока с грунтового покрытия.

Итак, коэффициент стока для балластной призмы, созданной из нового, чистого щебня, будет составлять:

$$y = 0,135 + 0,4 \cdot (1 - 0,135) \cdot 0,2 = 0,204.$$

А коэффициент стока для балластной призмы, уже бывшей в работе, будет равен:

$$y = 0,355 + 0,4 \cdot (1 - 0,355) \cdot 0,2 = 0,407.$$

Необходимо адаптировать формулу, представленную В.С. Дикаревским для расчета расхода ливневой воды, собираемой с железнодорожного пути.

Q – расчетная интенсивность дождя, л/с на га. Интенсивность дождей изменяется от 0,25 (моросящий) до 100 мм/час (ливень). В метеорологии интенсивность обычно выражается в мм/мин, а в инженерных расчетах – в л/с на 1 га, поэтому выражаем q (л/с на 1 га) через i (мм/мин):

$$q = \frac{0,001 \cdot 10000 \cdot 1000 \cdot i}{60} = 166,7 \cdot i, \quad (3)$$

где i – интенсивность дождя, мм/мин.

По результатам многолетних наблюдений, приведенных в нормативных документах, методических и учебных пособиях для расчета дождевого стока, известно, что для средней части Волги характерно:

a – средняя интенсивность (мм/мин):

- для дождя продолжительностью менее 60 мин составляет 0,15 мм/мин;

- для дождя продолжительностью от 61 до 180 мин – 0,07 мм/мин;

- для дождя продолжительностью более 180 мин – 0,03 мм/мин.

b – максимальная интенсивность (мм/мин):

- для дождя продолжительностью менее 60 мин составляет 2,1 мм/мин;

- для дождя продолжительностью от 61 до 180 мин – 4,6 мм/мин;

- для дождя продолжительностью более 180 мин – 1,48 мм/мин.

F – площадь стока, с которой стекает дождевая вода, га. К расчету принимается площадь территории, с которой происходит водосвор. В приведенной формуле, представленной В.С. Дикаревским, площадь измеряется в га, для дальнейших расчетов это неприемлемо. Поэтому для перевода значений площадей в $км^2$ в формуле, определяющей расход ливневых сточных вод, площадь умножается на переводной коэффициент, равный 100, ($1 км^2 = 100 га$).

z – коэффициент, учитывающий неравномерность выпадения дождя на площади стока. Для определения расчетных расходов ливневых сточных вод неравномерность выпадения осадков по площади целесообразно выражать через среднюю из максимальных интенсивностей выпадения осадков по



всему бассейну водосбора. В таком случае коэффициент неравномерности z можно определить по формуле, представленной в работе [33-5]:

$$h = \frac{8,4}{F^{0,9}} + \frac{0,0192}{F^{0,22} \cdot i_{\max}^{0,5}}, \quad (4)$$

где F – площадь водосбора, км²;

i_{\max} – максимальная интенсивность в точке, мм/мин.

После подробного рассмотрения всех параметров и определения их значений вводим их в основную формулу:

$$Q_{ж/д} = 166,7 \cdot i \cdot (F \cdot 100) \cdot \\ \cdot (K_c + y_{щ} \cdot (1 - K_c) \cdot y_{зр}) \cdot \\ \cdot \left(\frac{8,4}{F^{0,9}} + \frac{0,0192}{F^{0,32} \cdot i_{\max}^{0,5}} \right)$$

Раскрыв скобки получим:

$$Q_{ж/д} = 100 \cdot (1400 \cdot i \cdot F^{0,1} + \frac{3,2 \cdot i \cdot F^{0,68}}{i_{\max}^{0,5}}) \cdot \\ \cdot (K_c + y_{щ} \cdot (1 - K_c) \cdot y_{зр}) \quad (5)$$

Получившаяся формула очень громоздка и загружена, поэтому приводим ее к более приемлемому виду:

$$Q_{ж/д} = 320 \cdot i \cdot y_{ж/д} \cdot \\ \cdot (437,5 \cdot F^{0,1} + i_{\max}^{-0,5} \cdot F^{0,68}) \quad (5a)$$

Подставив значение коэффициента стока с железной дороги, бывшей в работе, в полученную формулу, получим:

$$Q_{ж/д} = 130,24 \cdot i \cdot \\ \cdot (437,5 \cdot F^{0,1} + i_{\max}^{-0,5} \cdot F^{0,68}), \quad (5б)$$

где i – интенсивность дождя, мм/мин;

F – площадь стока с которой стекает дождевая вода, км²;

i_{\max} – максимальная интенсивность дождя, мм/мин.

При проведении корреляционного анализа формулы, представленной В.С. Дикаревским, и формулы, полученной авторами, получается корреляционная сходимость 99,3 %. Это расхождение можно считать незначительным, потому что несоответствие на 0,7 % вызвано округлением значений при расчетах.

Разработанная формула позволяет определить расход ливневой сточной воды непосредственно с железнодорожного пути. Ее преимуществом является то, что можно определить расход ливневой воды непосредственно с интересующего нас участка железнодорожного пути. В формулу введен коэффициент стока с балластной призмы, который, в свою очередь, рассчитан с учетом экспериментально установленного коэффициента стекания со щебня балластной призмы, что позволяет более точно определить расход ливневой воды, поступающей с участка пути или железнодорожной станции. Определен коэффициент инфильтрации ливневой сточной воды в тело балластной призмы. Представленная формула учитывает степень загрязненности балласта при расчете стока с железнодорожного пути.

Литература

1. Дикаревский В.С., Таубин А.П. Расчет дождевых сетей канализации с помощью ЭВМ: (Для раздельной и полураздельной систем). – М.: Стройиздат, 1980. – 144 с.
2. Отведение и очистка поверхностных сточных вод: Учеб. пособие для вузов/ В.С. Дикаревский, А.М. Курганов, А.П. Нечаев, М.И. Алексеев. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. – 224 с.
3. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты / Федеральное агентство Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Росстрой) / ФГУП «НИИ ВОДГЕО». – М., – 2006. – 56 с.
4. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.
5. Алексеев М.И., Курганов А.М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий: Учеб. пособие. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2000. – 352 с.