

Техника и технология транспорта: научный Интернет-журнал <http://www.transport-kgasu.ru>
2021. № 2 (21) http://transport-kgasu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=2
URL статьи: <http://transport-kgasu.ru/files/N21-19TI221.pdf>

Статья опубликована 15.06.2021

Ссылка для цитирования этой статьи:

Логинова О.А., Азаревич Э.Н. Обзор методик расчета максимального расхода ливневого стока // Техника и технология транспорта. 2021. № 2 (21). С. 19. URL: <http://transport-kgasu.ru/files/N21-19TI221.pdf>

УДК 628.221

Логинова О.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: loginova@kgasu.ru

Азаревич Э.Н. – магистрант

E-mail: azarevich.elza@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Россия

Обзор методик расчета максимального расхода ливневого стока

Аннотация

Для большинства российских городов остается актуальным вопрос безотказной работы инженерных сооружений по отводу ливневых вод. Существует несколько методик расчета расхода от ливневых вод. От правильно выбранной методики зависит диаметр труб отводящей сети и скорость отвода ливневых вод с поверхности проезжей части улиц.

Ключевые слова: рациональный метод, метод предельных интенсивностей, ливневой сток, гидравлический расчет.

Гидравлический расчет ливневых вод в городских условиях заключается в определении диаметров труб для расчетных максимальных секундных расходов сточных вод, уклонов, потерь напора, скоростей течения и степени наполнения.

Несмотря на то, что дождевые и общесплавные канализации строятся давно, научно обоснованные методы их расчета отсутствовали. Хорошо зарекомендовал себя на практике и до настоящего времени «рациональный метод» определения расчетных расходов, предложенный в 1851 г. ирландским инженером Мальвани, основанный на допущении, что любой водосбор имеет характерное время концентрации стока, равное времени добегания стока до замыкающего створа. По этому методу, используя данные об осадках в рассматриваемом районе, можно выбрать интенсивность ливня и перейти от нее к интенсивности стока на конкретном водосборе.

В основе «рационального метода» лежит формула, связывающая величину стока со средней интенсивностью осадков для конкретной продолжительности времени концентрации и площадью водосборного бассейна [1]:

$$Q = C_u \times C \times i \times A, \quad (1)$$

где: Q – расход воды м³/с;

C_u – переводной коэффициент, для приведенных единиц измерения, $C_u = 166,7$;

C – коэффициент стока, безразмерная величина (значение данного коэффициента отражает влияние следующих факторов: тип грунта, назначение земель, степень увлажненности грунтов, интенсивности дождя, крутизны склона водосбора);

i – интенсивность дождя, мм/мин;

A – площадь водосбора, га.

Интенсивность дождя вычисляется формулой:

$$i = P_{tot} / t_d, \quad (2)$$

где: P_{tot} – общее количество атмосферных осадков, выпавших в дождь, мм;
 t_d – длительность дождя, мин.

В действующем нормативном документе СП 32.13330.2018 [2] для гидравлического расчета систем водоотведения поверхностного стока применена методика, реализующая способ «предельных интенсивностей». Эта методика предложена около века назад профессором П.Ф. Горбачевым и базируется на «Теории ливней» [3].

В своей работе «Методы расчета ливневого стока» [3] П.Ф. Горбачев писал, что предложенный способ предельных интенсивностей исходит не из эмпирического подбора местных метеорологических данных для каждого проекта ливневой канализации, а из общего теоретического обоснования расчетов для всех случаев, позволяя охватить и учесть все многообразие местных и временных условий стока.

Метод определения максимального расхода основан на допущении, что любой водосбор имеет время концентрации стока, равное времени добегающего стока до замыкающего сечения. Данное допущение положено в основу так называемого метода предельных интенсивностей, который формулируется следующим образом: Расход сточных вод в рассматриваемом сечении будет иметь максимальное значение в том случае, когда продолжительность расчетного дождя равна или более времени протока сточных вод от наиболее удаленной точки площади стока до рассчитываемого сечения. Таким образом, из всего множества дождей, выпадающих на расчетную площадь стока, выбирается дождь такой продолжительности, которая равнялась бы t_r ;

$$Q_r = (z_{mid} \times A^{1,2} \times F) / t_r^{1,2n-0,1}, \quad (3)$$

где: z_{mid} – среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока;
 A, n – параметры, характеризующие соответственно интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности;
 F – расчетная площадь стока, га;
 t_r – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания дождевых вод по поверхности и трубам до расчетного участка.

Параметры A, n определяются по результатам обработки записей самопишущих дождемеров местных метеорологических станций или по данным территориальных управлений Гидрометеослужбы. При отсутствии обработанных данных свод правил допускает определять параметр A по формуле:

$$A = q_{20} \times 20^n (1 + \lg P / \lg m_r)^\gamma, \quad (4)$$

где: q_{20} – интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 мин. при $P = 1$ год;
 n – показатель степени;
 m_r – среднее количество дождей за год;
 γ – показатель степени;
 P – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, годы.

Географическое положение задает 4 исходных параметра расчета, а именно – интенсивность дождя q_{20} , среднее количество дождей за год m_r , показатель степени γ и параметр n .

Данные об интенсивности дождя определяются по рис. 1 [2]. Определение численного значения значительно затруднено из-за низкого разрешения карты, особенно для небольших населенных пунктов.

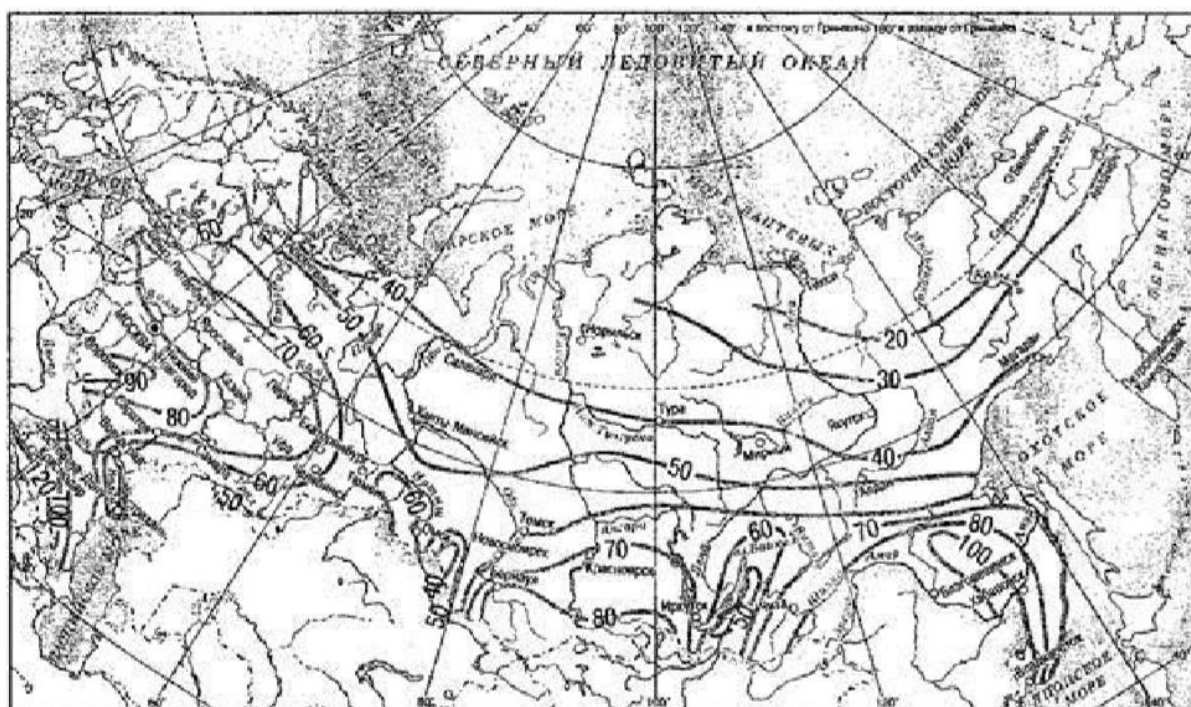


Рис. 1. Значение величин интенсивности дождя q_{20}

Параметр n также зависит от географического положения и от вероятности повторения дождей.

Оба метода определения максимального расхода «метод предельных интенсивностей» и «рациональный метод» основаны на допущении, что любой водосбор имеет время концентрации стока, равное времени добегающего стока до замыкающего сечения.

Согласно «рациональному методу», используя данные об осадках в рассматриваемом районе, можно выбрать интенсивность ливня и перейти от нее к интенсивности стока на конкретном водосборе. При этом, коэффициент стока учитывает тип грунта. Крутизна склона также влияет на время добегающего стока и величину потерь стока.

Однако, «рациональный метод» обеспечивает точность только при площадях водосборов не более $0,1 \text{ км}^2$.

Сопоставив «метод предельных интенсивностей» и «рациональный метод» можно сделать выводы о том, что каждый из этих методов основан на допущении о том, что интенсивность дождя однообразна по всему водосбору и неизменна на протяжении всего, длительность которого принимается равной времени добегающего стока от самой удаленной точки бассейна. Как и в «методе предельных интенсивностей», так и «рациональном методе» учитывается географическое положение рассчитываемого объекта; учитывается площадь стока, тип покрытия. Однако ведение расчета по «методу предельных интенсивностей» представляется сложным, по причине своей трудоемкости, поскольку ряд значений определяется по показателям из таблиц. «Рациональный метод» более удобен в использовании, но точность расчета снижается с увеличением расчетной площади.

Список библиографических ссылок

1. Солодовников А.Б. Описание рационального метода расчёта дождевого стока / А.Б. Солодовников // Проектирование развития региональной сети железных дорог: сб. науч. тр. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС. № 2 2014. С. 93–101.
2. СП 32.13330.2018. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения.
3. Горбачев П.Ф. Методы расчета ливневого стока. 1937. 156 с.

Loginova O.A. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: loginova@kgasu.ru

Azarevich.E.N. – graduate student

E-mail: azarevich.elza@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia

Review of methods for calculating the maximum storm flow rate

Abstract

For most Russian cities, the issue of failure-free operation of storm water drainage engineering structures remains relevant. There are several methods for calculating storm water discharge. The diameter of the pipes of the outlet network and the rate of drainage of storm water from the surface of the roadway depend on the correctly chosen method.

Keywords: rational method, method of limit intensivnost, storm drain, hydraulic calculation.

Reference list

1. SP 32.13330.2018. Set of rules. Sewerage. External networks and facilities.
2. Gorbachev P.F. Methods for calculating storm flow. 1937. 156 p.
3. Solodovnikov A.B. Description of a rational method for calculating rainfall / A.B. Solodovnikov // Designing the development of a regional network of railways: collection of articles. scientific. tr. Khabarovsk: Publishing house of the Far East State University. № 2 2014. P. 93-101.