

Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: материалы V Всероссийской научно-практической конференции 26-27 ноября 2015 г. / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2015. С. 12-16.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ДОРОГАХ

Т.В. Гавриленко, Т.А. Фёдорова

Сибирский федеральный университет

Излагается методика применения цифровых технологий при оценке максимальных расходов воды с малых водосборных бассейнов. Приведен пример использования программных продуктов GoogleEarth и IndorCAD для нахождения геометрических параметров бассейнов.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, водосборный бассейн, цифровая модель местности

INFORMATION TECHNOLOGY IN THE DESIGN OF CULVERTS ON ROADS

T.V. Gavrilenko, T.A. Fedorova

The technique of applying digital technologies in the assessment of maximum water discharges from small watersheds. An example of using GoogleEarth software IndorCAD and for finding geometric parameters of the pools.

Keywords: computer-aided design, drainage basin, a digital terrain model

Информационные технологии широко применяются в проектировании транспортных сооружений. Помимо разработки самих элементов дороги, таких, как её план, продольный и поперечные профили, требуется запроектировать сооружения, предназначенные для пропуска через тело насыпи воды, стекающей по рельефу местности к дороге, так называемого поверхностного стока. Чаще всего на дорогах используют трубы.

Размеры водопропускного отверстия труб подбирают на основе гидравлических расчетов, включающих в себя нахождение расчетного максимального расхода воды, притекающей к сооружению, скорости и глубины водного потока на входе и выходе из трубы. Одним из главных факторов, влияющих на поверхностный сток, является водосборный бассейн (водосбор, бассейн) – территория, с которой вода притекает к водопропускному сооружению по склонам местности. Границами бассейна являются водораздельные линии и замыкающий створ – ось дороги.

Для большинства регионов нашей страны учитывают два вида стока, которые формируются в результате выпадения интенсивных ливней и таяния снега – ливневого и талых вод соответственно. За расчётный сток принимают тот, который оказывается наиболее опасным. При относительно малых площадях бассейна до 50-100 км² обычно превалирует сток ливневых вод и такие водосборные бассейны называют малыми [1].

В дорожном проектировании максимальный расход ливневых вод оценивают по формуле

$$Q_{\max}^{\text{л}} = 16,7 a_{\text{ч}} K_t F \alpha \varphi, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где $a_{\text{ч}}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин; K_t – коэффициент перехода от ливня часовой продолжительности к ливню расчётной продолжительности; F – площадь водосборного бассейна, км²; α – коэффициент потерь стока; φ – коэффициент редукции [1].

Расчёт стока талых вод с малых водосборов обычно ведут по формуле

$$Q_{\max}^{\text{т}} = \frac{k_0 h_p F}{(F + 1)^n} \delta_1 \delta_2, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2)$$

где k_0 – коэффициент дружности половодья; h_p – расчётный слой стока талых вод, мм; F – площадь водосборного бассейна, км²; δ_1 и δ_2 – коэффициенты, учитывающие снижение расхода в залесенных и заболоченных бассейнах; n – показатель степени, учитывающий природную зону [1].

Параметры $a_{\text{ч}}$, K_t , α , k_0 , h_p , n принимают по специальным картам-схемам, таблицам и графикам [2]. Коэффициент редукции, учитывающий неполноту стока в связи с неравномерным распределением осадков по площади водосборного бассейна F , вычисляют по формуле

$$\varphi = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt[4]{10F}}, & \text{при } 0,1 \text{ км}^2 \leq F \leq 100 \text{ км}^2, \\ 1, & \text{при } F \leq 0,1 \text{ км}^2. \end{cases} \quad (3)$$

Положение и площадь водосборного бассейна определяют по крупномасштабным топографическим картам, материалам геодезических и аэрокосмических съемок или цифровым моделям местности. Данные геодезической съемки обычно представляют собой информацию для служебного пользования, поэтому в рамках студенческого проектирования получают приближенные отметки местности, например, с помощью специальной бесплатной программы Google Earth. В [2] приведены примеры использования данной программы при проектировании объектов улично-дорожной сети. В ней на электронной карте можно проложить эскизную линию будущей трассы и снять вдоль неё отметки земли.

На рис. 1 представлено рабочее окно программы GoogleEarth с эскизным вариантом трассы и продольным разрезом земли по её оси.

Анализ профиля земли по трассе показывает, что местность является пересечённой с большим количеством пониженных мест, к которым притекает вода. Одним из таких мест является створ на 6,63 км. Чтобы оценить параметры водосборного бассейна, требуется построить несколько поперечных к трассе линий и снять с них отметки земли. В рабочем окне программы отображаются географические координаты местности, соответствующие положению курсора на продольном разрезе. На рис. 1 координаты местности, на которую указывает курсор: 56° 03' 51,96" С (северной широты) и 92° 00' 01,88" В (восточной долготы).

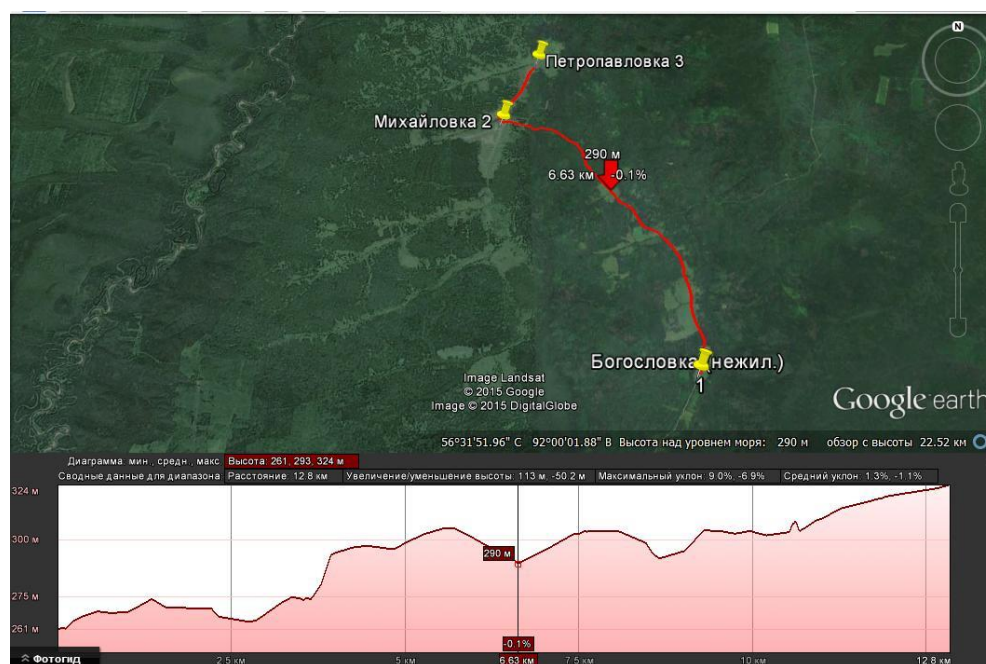


Рис. 1. Эскизная линия трассы и продольный профиль земли по оси трассы

Таким образом, собирая данные вдоль построенных поперечных линий с шагом, близким к 200 м, получим массив точек с известными географическими координатами и отметкой местности, который помещается в текстовый файл.

На следующем этапе точки вводятся в программу автоматизированного проектирования дорог IndorCAD/Road и программа преобразует географические координаты в плоские с помощью картографической проекции. В её качестве выбирается равноугольная цилиндрическая проекция, которая является стандартом для картографического Web-сервиса Google Maps. За начало плоской системы координат принимается точка пересечения нулевого меридиана с экватором. На введенных точках строится цифровая модель местности (рис. 2).



Рис. 2. Цифровая модель местности с границами водосборного бассейна

В программе IndorCAD/Road рельеф моделируется триангуляцией. Определить направление стока воды помогают стрелки, показывающие уклон местности в пределах каждого треугольника (рис. 3). С их помощью определяются водораздельные линии, т.е. границы бассейна, площадь и длина бассейна. В данном примере площадь бассейна составила $S = 3,186 \text{ км}^2$, длина $L = 2160 \text{ м}$.

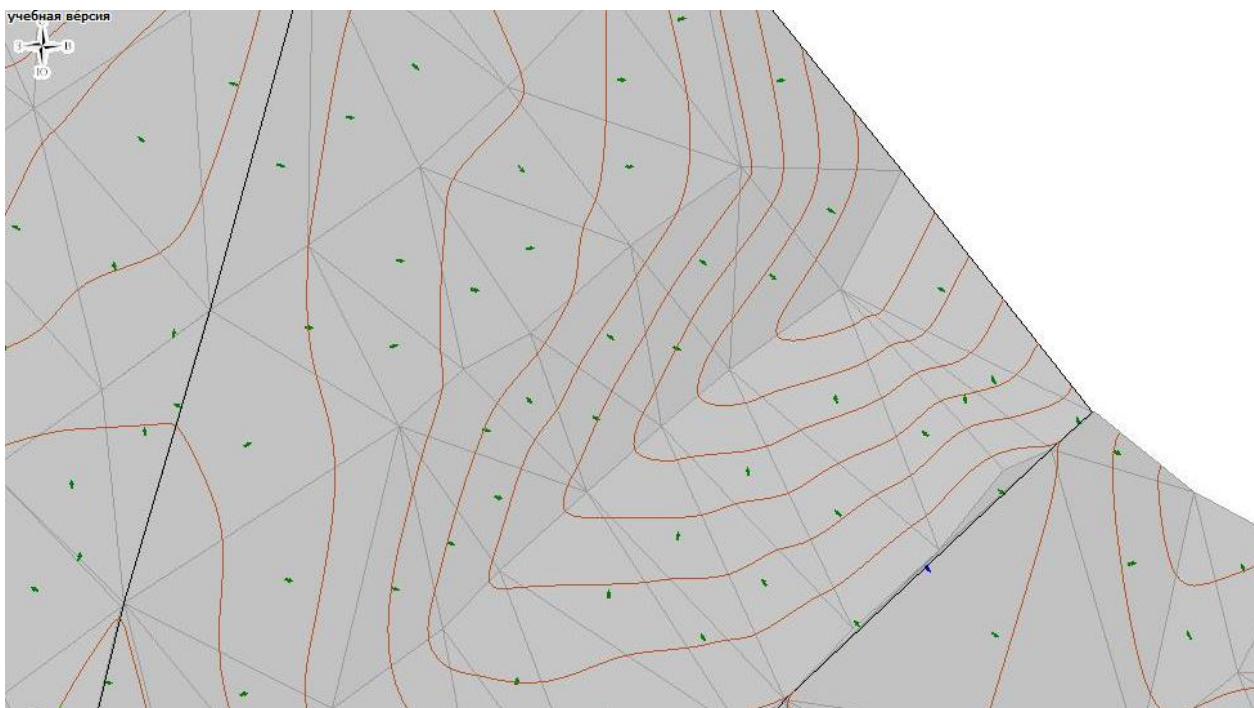


Рис. 3. Направления максимального стока воды в пределах треугольников

Полученные геометрические характеристики бассейна используются при нахождении максимальных расходов воды по формулам (1) и (2).

Таким образом, совместное применение программ GoogleEarth и IndorCAD/road позволяет быстро и наглядно оценить условия стока воды к проектируемой дороге и рассчитать геометрические характеристики водосборного бассейна в заданном створе.

Список литературы

1. Федотов Г.А., Пospelов П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн.1: Учебник. М.: Высш. шк., 2009. 646 с.
2. Гавриленко, Т.В. Информационные технологии в проектировании объектов улично-дорожной сети г. Красноярска / Т.В. Гавриленко, Н.В. Докалина, А.А Турбин, Д.Е. Крынцева // Инженерные исследования и достижения – основа инновационного развития: Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции 27-28 ноября 2014г. / Рубцовский индустриальный институт. Рубцовск, 2014. С. 22-27.