

УДК 625.745.2

**Ю.Э. Васильев, И.В. Чистяков**

Московский автомобильно-дорожный  
государственный технический университет

**А.В., Кочетков, Л.В. Янковский**

Пермский государственный технический университет

**ФОРМИРОВАНИЕ СТОКА ЛИВНЕВЫХ ВОД  
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ВОДОСБОРНЫХ ПЛОЩАДЕЙ  
ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Рассмотрены вопросы, связанные с влиянием урбанизации водосборных площадей на процесс формирования стока ливневых вод с водосборов, пересекаемых автомобильными дорогами. Урбанизация водосборных площадей влечет за собой изменение условий стока. Поэтому в процессе урбанизации необходимо предусматривать изменение величин максимальных расходов и объемов стока.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, урбанизация, водосбор, паводковая волна, гидрограф, водопропускное сооружение.

Методика компьютерного моделирования стока ливневых вод [1] позволяет оценить влияние урбанизации водосборных площадей на параметры стока. В настоящее время застройка территорий, прилегающих к автомобильным дорогам, принимает массовый характер, что влечет за собой изменение, в первую очередь, рельефа, показателей гладкости поверхности, условий потерь на впитывание в подстилающий грунт и других характеристик водосборных бассейнов. Влияние параметров водосборных бассейнов на величины максимальных расходов, скоростей поверхностных потоков, объемы стока показано в работе [2]. При проектировании систем дорожного водоотвода, конкретно водопропускных сооружений, для расчета максимального расхода стока ливневых вод принимались параметры водосборного бассейна, которые были установлены на момент изысканий. Но урбанизация водосборного бассейна приводит к их изменению, следовательно, к изменению условий формирования стока и

дальнейшей работы водопропускного сооружения. Получается, что водопропускные сооружения при деформации рельефа водосборного бассейна работают совершенно по параметрам, отличным от тех, на которые они были запроектированы изначально.

Для установления влияния изменений условий стока, конкретно, изменений формы гидрографа и величины максимальных расходов, а в некоторых случаях и объемов стока ливневых вод в результате изменения рельефа водосборного бассейна, вызванного урбанизацией, были выполнены экспериментальные расчеты с применением разработанной методики [1].

С этой целью был взят водосборный бассейн с периодическим, возникающим в момент прохождения ливней, водотоком. До застройки водосборный бассейн представлял поверхность, сформированную естественными условиями формирования рельефа, характерными для средней полосы Российской Федерации (рис. 1). Грунты, подстилающие водосборный бассейн, в основном представлены непылеватыми суглинками. Растительность в основном составляют луговые травы. Мощность растительного слоя – от 0,3 до 0,7 м.

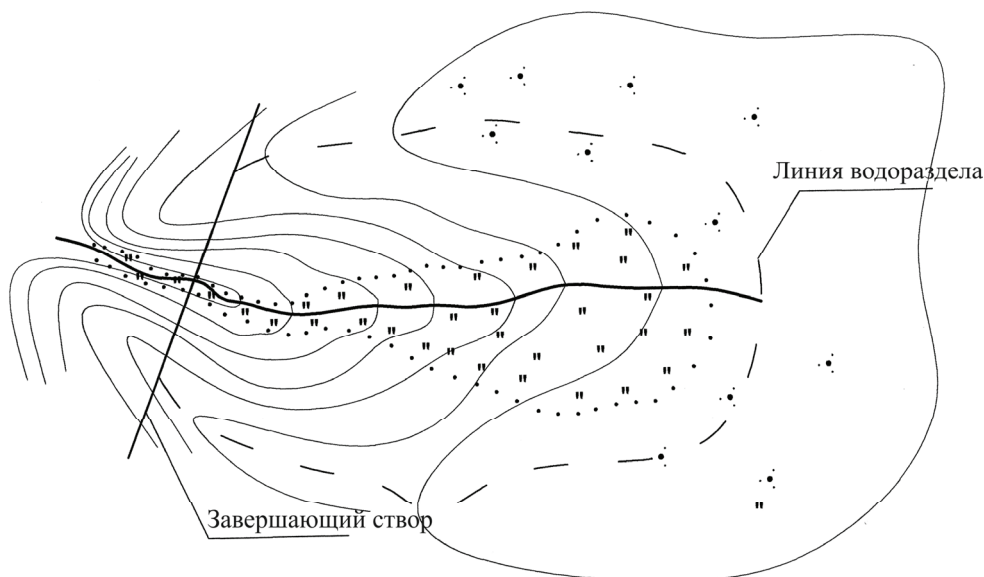


Рис. 1. Схема водосборного бассейна в первозданном виде (до застройки)

После разработки урбанизации поверхность водосборного бассейна подверглась деформации, т.е. откосы склонов были террасированы под строения и различного рода площадки (сто-

янки автотранспорта, теннисные корты и т.д.) и изменен характер потерь на впитывание. В результате водосборный бассейн претерпел изменения. В частности, на значительной площади водосборного бассейна образовалась поверхность с незначительным уклоном (рис. 2), что не могло не отразиться на процессе формирования стока.

При экспериментальном расчете водосборный бассейн орошался ливнем продолжительностью 15 мин. За время хода ливня выпало 50 мм осадков.

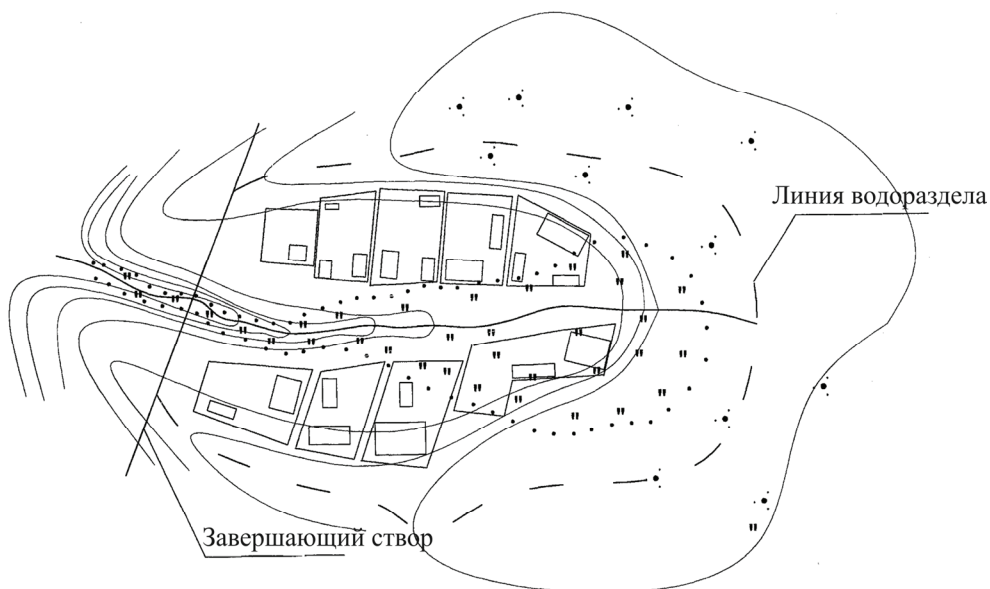


Рис. 2. Схема измененной поверхности водосборного бассейна после урбанизации

С целью установления влияния подобного рода урбанизации водосборных площадей на параметры стока ливневых вод были выполнены экспериментальные расчеты. Результаты экспериментального расчета стока с поверхности водосборного бассейна до урбанизации представлены на рис. 3, 4.

Гидрограф стока ливневых вод (см. рис. 3) имеет форму равнобедренного треугольника. Максимальный расход составил  $6,67 \text{ м}^3/\text{с}$ . Продолжительность паводка составила 39 мин. Время подъема паводка 21 мин соответствует времени достижения паводковой волной створа водопропускного сооружения (см. рис. 4). Скорости потока ливневых вод в русле водосбора изменяются в соответствии с изменением расхода стока. Действие «размывающей» скорости потока для данного вида грунтов начинается на

15-й минуте и заканчивается на 27-й минуте. Всего время действия «размывающих» скоростей составило 12 минут. Паводковая волна в русле водосборного бассейна формируется по мере прохождения ливневого фронта над водосборным бассейном в направлении по стоку.

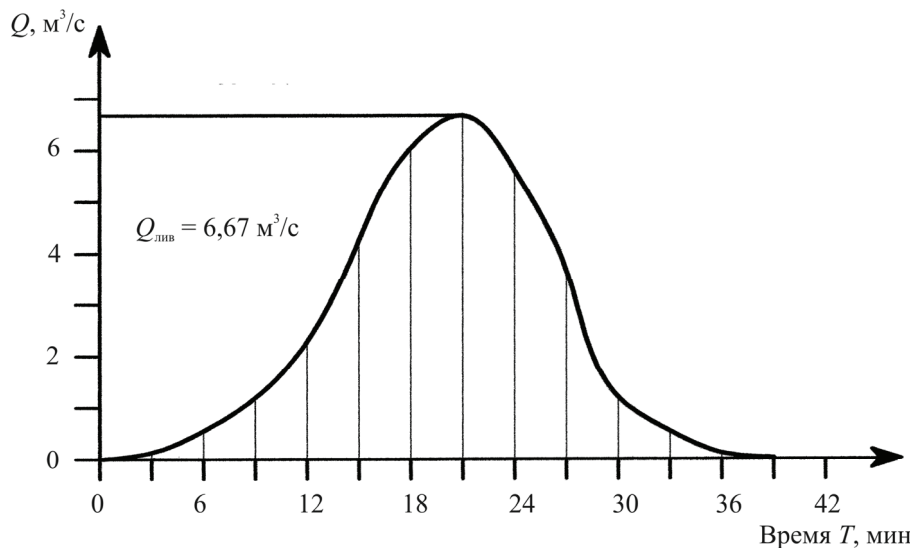


Рис. 3. Гидрограф стока ливневых вод с водосборного бассейна до застройки (направление прохождения ливневого фронта над водосборным бассейном – по стоку)



Рис. 4. Формирование паводковой волны на момент максимального расхода стока с водосбора до застройки

При естественной форме рельефа водосборного бассейна паводковая волна формируется равномерно. Аккумулирующая способность поверхностного стока водосборным бассейном соответствует естественным условиям. На это указывает плавность формирования паводковой волны. Паводковая волна формируется без возмущений, вызванных внешними воздействиями. Водоотдача водосборного бассейна происходит в соответствии с многолетними условиями формирования стока, на которые было изначально запроектировано водопропускное сооружение автомобильной дороги, что также соответствовало многолетним условиям его эксплуатации.

При застройке водосборной площади приток поверхностного стока к водопропускному сооружению изменился. Это в первую очередь сказалось на форме гидрографа стока (рис. 5).

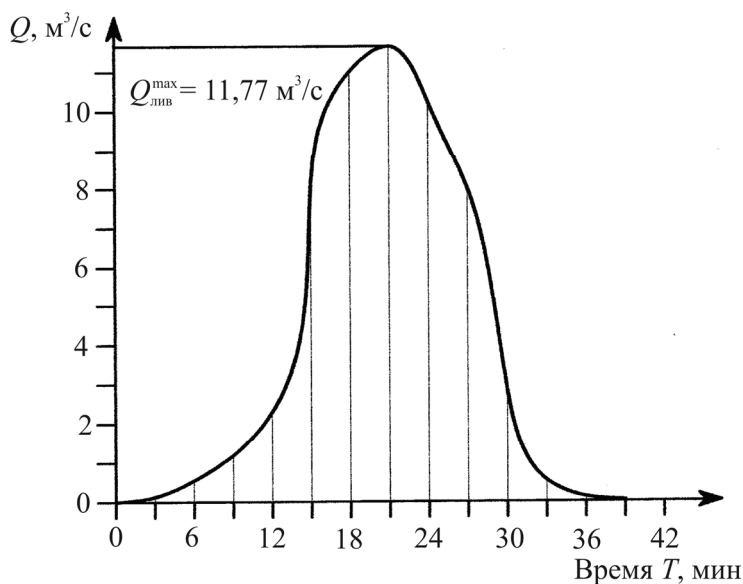


Рис. 5. Гидрограф стока ливневых вод с водосборного бассейна после застройки (направление прохождения ливневого фронта над водосборным бассейном – по стоку)

Теперь в форме гидрографа стока произошли изменения, которые не могут в дальнейшем гарантировать надежной и безопасной эксплуатации водопропускного сооружения и автомобильной дороги в целом. Внимание следует обратить в первую очередь на увеличение максимального расхода стока, который составил  $11,77 \text{ м}^3/\text{с}$ . Возросло и размывающее воздействие потока на водопропускное сооружение, что влечет за собой разрушение конструкции водопропускного сооружения. Пик па-

водка хорошо выражен. При этом увеличился объем стока, что также видно из площади гидрографа стока (см. рис. 5). Такие изменения вызваны повышенной водоотдачей водосборного бассейна. Это видно и из условий формирования паводковой волны на водосборном бассейне (рис. 6).

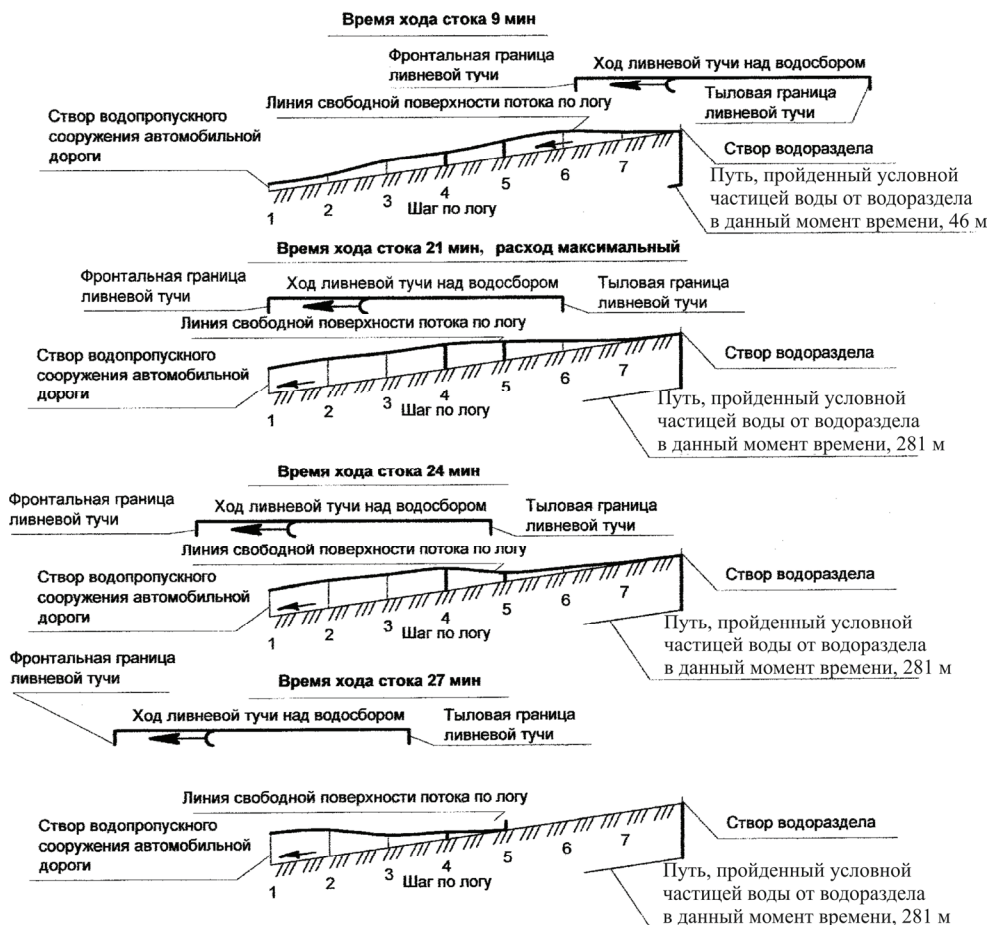


Рис. 6. Формирование паводковой волны с водосбора после застройки

Стремительное увеличение глубин потока в тех местах, где произведена застройка водосборного бассейна, свидетельствует о более интенсивной водоотдаче. Паводковая волна формируется более интенсивно. Скорости поверхностного потока остаются размывающими для данного рода грунтов поверхности водосбора более продолжительное время, чем до изменений на водосборном бассейне.

Исходя из полученных результатов математического моделирования стока ливневых вод с водосборных бассейнов, подверженных деформациям при урбанизации, следует сказать, что процесс формирования стока искажается. Поэтому при застройке водосборных площадей, чтобы избежать разрушений водопропускных сооружений, необходимо учитывать последствия от подобного рода деятельности.

### **Библиографический список**

1. Чистяков И.В. Компьютерное моделирование стока ливневых вод // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2005. – №4. – С. 16–17.
2. Чистяков И.В. Влияние поверхностных характеристик водосборов на формирование паводковой волны // Транспортное строительство. – 2009. – № 4. – С. 13–15.

Получено 11.04.2011