

УДК 628.394

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ОБРАЗОВАНИЯ СТОКА ВОДЫ ПРИ ВЫПАДЕНИИ ОСАДКОВ НА ГРУНТОВУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Виноградов Борис Алексеевич, канд. техн. наук, доц.,
ФГУП ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект», Россия, 125171, Москва, Ленинградское шоссе, 7
vinogradov@aeroproject.ru

Аннотация. Статья посвящена актуальной теме проектирования водоотводных систем для приема и отвода воды с грунтовых водосборных территорий. В основе расчета использован параметр – время образования стока при выпадении осадков на грунтовую поверхность. Величина этого параметра зависит от интенсивности осадков, а также от таких параметров как интенсивность впитывания воды в грунт. Существующая зависимость определения времени стокообразования дает противоречивые результаты. С увеличением интенсивности осадков и снижением интенсивности впитывания время стокообразования увеличивается согласно существующей зависимости. В статье рассмотрены вопросы стокообразования на грунтовых поверхностях аэродромов, определены факторы, оказывающие влияние на величину времени стокообразования. Предлагается принимать во внимание величину критического слоя воды после превышения которой начинается сток. Предложена формула для определения времени стокообразования. На основе предложенной формулы построена графическая зависимость величины времени стокообразования от величины интенсивности осадков.

Ключевые слова: водоотводные системы, грунтовые водосборные территории, время стокообразования, интенсивность осадков, интенсивность впитывания, критическая толщина слоя, коэффициент шероховатости, коэффициент стока, уклон поверхности.

DETERMINATION OF TIME OF WATER RUNOFF FORMATION WHEN PRECIPITATION FALLS ON THE GROUND SURFACE

Vinogradov Boris A., Ph.D., associate professor,
FGUP State Design and Survey and Scientific Research Institute of civil aviation
«Aeroproject», vinogradov@aeroproject.ru

Abstract. The article is devoted to the current topic of designing drainage system for receiving and discharging water from ground catchment areas. The calculation is based on the parameter – the time of runoff formation when precipitation falls on ground surface. The value of this parameter depends on the intensity of precipitation on the ground surface, as well as on such parameters as the intensity of water absorption into ground. The existing

dependence of determining the time of runoff formation gives contradictory results. When an increase in precipitation intensity and a decrease in absorption intensity the runoff time increases according to the existing relationship. The article deals with the issues of runoff formation on ground surfaces of airfields, determines the factors that affect the amount of runoff time. It is proposed to take into account the value of the critical water layer after exceeding which the runoff begins. A formula for determining the runoff time is proposed.

Key words: drainage systems, ground catchment areas, runoff time, precipitation intensity, absorption intensity, critical layer thickness, roughness coefficient, runoff coefficient, surface slope.

Актуальность темы. Важным актуальным моментом при выполнении гидравлического расчета водоотводных систем аэродромов, осуществляющих сбор и отвод воды с грунтовых участков является определение расчетного расхода притока к водоприемным сооружениям. При использовании в расчете методов предельных интенсивностей и максимальных объемов стока одним из основных параметров расчета является время образования стока. Другими словами, определяется период времени от начала выпадения осадков до начала течения воды по поверхности. При образовании стока воды на грунтовой поверхности большое влияние оказывает способность грунтовой поверхности впитывать воду. Эта способность зависит от типа грунта, на поверхности которого формируется сток воды. Различаются поверхности грунтовых водосборов с хорошей впитывающей способностью, удовлетворительной, низкой и крайне низкой способностью. Хорошую впитывающую способность имеют грунты, характеризующиеся коэффициентом фильтрации в диапазоне 5...500 м/сут. и более. Образование стока на таких поверхностях происходит крайне медленно в течение большого периода времени и сток воды может не образовываться вообще такая ситуация характерна для галечниковых, гравийно-песчаных грунтов, слоев, выполненных из щебня изверженных пород. Как показывают наблюдения, сток воды на указанных поверхностях не образуется или

образуется крайне редко в весенний период при начале таяния снега на поверхности в условиях, когда оттаивание слоя на всю толщину еще не произошло. При устойчивых положительных температурах, насыщение слоя водой не происходит в результате проявления хорошей дренирующей способности. Следовательно, время стокообразования будет $T_{st} = \infty$.

Результаты исследований. Грунтовые поверхности с удовлетворительной впитывающей способностью имеют коэффициент фильтрации в пределах $K_{\phi} = 0,03 \dots 5$ м/сут. Для образования стока на таких поверхностях требуется меньший период времени, поскольку наступает насыщение слоя водой и снижение интенсивности впитывания воды. Удовлетворительная впитывающая способность характерна для грунтов типа мелких и пылеватых песков, легких пылеватых и тяжелых пылеватых супесей, а также легких суглинков.

Грунтовые поверхности с низкой и крайне низкой впитывающей способностью имеют коэффициент фильтрации в пределах $K_{\phi} = 0,005 \dots 0,05$ м/сут, а некоторые типы глинистых грунтов проявляют гидроизоляционные свойства. На поверхностях, представленных указанными грунтами время образования стока наименьшее и определяется периодом формирования на поверхности слоя осадков «критической» толщины, по достижении которой начинается течение воды.

Формирование стока воды на поверхности грунта зависит от интенсивности выпадения осадков. Чем больше интенсивность осадков, тем при прочих благоприятных обстоятельствах быстрее образуется сток.

При проектировании систем отвода воды, поступающей с грунтовых водосборов, расчетные расходы определяются с учетом минимальной стокообразующей интенсивности дождей по формуле [1, 2]

$$t_{st} = \left[\frac{(1-n)\Delta}{i_{vp}^*} \right]^{\frac{1}{n}}, \text{ мин} \quad (1)$$

где n - гидравлический региональный показатель степени,

Δ - интенсивность выпадения осадков, мм/мин,

$i_{вр}^*$ - интенсивность впитывания воды поверхностью, мм/мин.

На рис. 1 приведена графическая зависимость изменения времени образования стока при разных величинах интенсивности выпадения осадков.

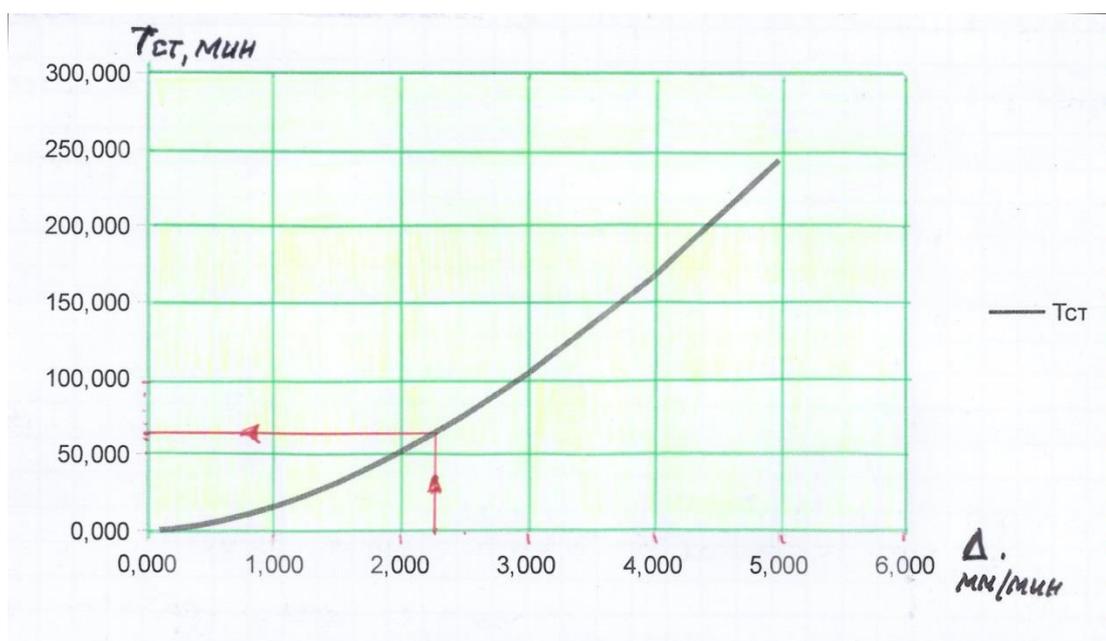


Рис.1 Зависимость времени стокообразования от величины интенсивности осадков при значении интенсивности впитывания $i_{вр}^* = 0,08$ мм/мин (суглинок)

Согласно формуле (1) и построенной на ее основе графической зависимости на рис. 1 при увеличении интенсивности осадков, время стокообразования увеличивается. Тем не менее, при увеличении интенсивности осадков толщина слоя воды, формирующегося на поверхности будет увеличиваться при постоянной интенсивности впитывания. При наличии уклона поверхности при достижении некоторой «критической» величины толщины слоя начинается течение воды и время образования течения воды на поверхности существенно меньше, чем рассчитываемое по формуле (1). Зависимость времени образования стока

обратно пропорциональна зависимости (1) и при увеличении интенсивности выпадения осадков время начала стока уменьшается. Исследования, направленные на оценку работы водоотводных систем аэродромов позволяют сделать вывод, что при использовании в гидравлическом расчете формулы (1) не учитывается значительный объем притока с грунтовых участков к водоприемным сооружениям, что приводит к переполнению водоотводной системы и образованию скоплений воды на поверхности.

Время начала стока будет зависеть от разности величин интенсивности осадков и интенсивности впитывания воды поверхностью. Необходимо иметь в виду, что часть слоя воды всегда будет удерживаться на поверхности. Количество воды, удерживаемое на поверхности, определяется величиной коэффициента стока φ .

Величина «критической» толщины слоя воды на поверхности, по достижении которой начинается движение ее по поверхности, прежде всего зависит от уклона поверхности и некоторых гидравлических параметров, характеризующих сопротивление движению жидкости на поверхности. К числу указанных параметров следует отнести коэффициент гидравлической шероховатости. Таким образом,

$$h_{кр} = f(\varphi, n_c, J) \quad (2)$$

где φ - коэффициент стока воды с поверхности,

n_c - коэффициент гидравлической шероховатости,

J - величина уклона поверхности.

В настоящее время исследования по изучению стокообразования на грунтовых поверхностях не проводились и все гидравлические расчеты аэродромных водоотводных систем базируются на результатах исследований, выполненных в 50-60 годах прошлого века, которые нуждаются в корректировке. Тем не менее, при актуализации нормативных

документов – сводов правил – методики расчетов остаются прежними без каких-либо изменений.

Приблизительно, с большой долей различных ограничений, время стокообразования можно определить по формуле

$$t_{st} = \frac{h_{kp}}{\varphi (\Delta - i_{vp}^*)} , \quad (3)$$

где h_{kp} - «критическая» толщина слоя воды на поверхности, по достижению которой начинается сток, мм,

φ - коэффициент стока,

Δ - интенсивность выпадения осадков, мм/мин,

i_{vp}^* - интенсивность впитывания воды поверхностью, мм/мин.

В соответствии с результатами исследований величину h_{kp} можно принять в пределах 2...3 мм для незадернованной поверхности суглинистых грунтов и 4...5 мм для задернованных поверхностей этих же грунтов. Подобные исследования для других типов грунтов в настоящее время не проводились. При $(\Delta - i_{vp}^*) \leq 0$ означает, что на рассматриваемой поверхности сток воды образовываться не будет.

На рис.2 приведена зависимость изменения времени стокообразования от величины интенсивности осадков в соответствии с формулой (2) при заданной величине $h_{kp} = 2$ мм.

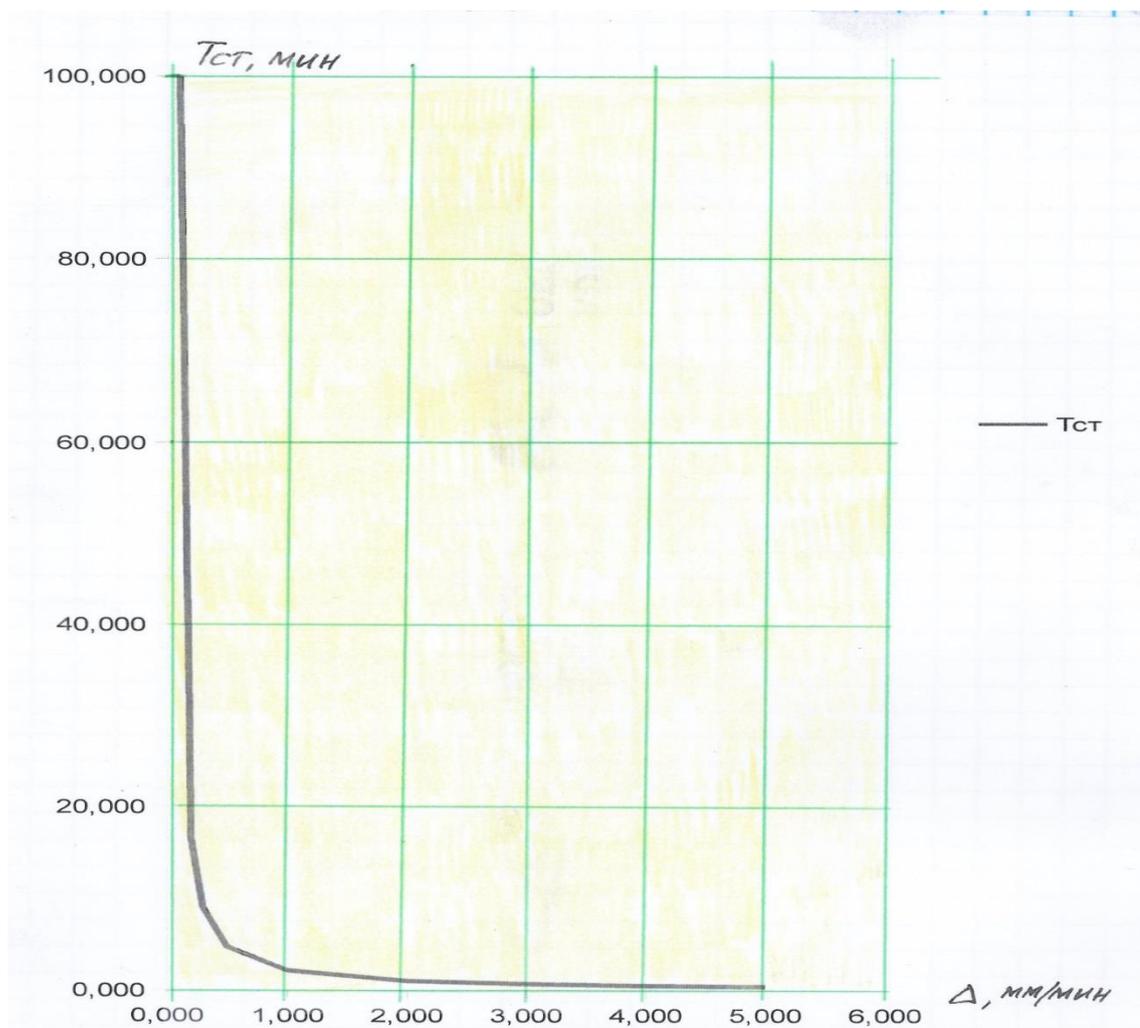


Рис.2. Зависимость изменения величины времени стокообразования t_{st} от интенсивности осадков Δ .

Вывод. Приведенная зависимость на рис. 2 соответствует практическим измерениям, полученным при исследовании стокообразования на грунтовых поверхностях аэродромов.

Список литературы

1. Руководство по проектированию водоотвода и дренажа на летных полях аэродромов. - М.: ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект», 1982.
2. Глушков, Г.И. Изыскания и проектирование аэродромов / Г.И. Глушков. Б.С. Раев-Богословский. - М.: Транспорт, 1972.

References

1. *Rukovodstvo po proyektirovaniyu vodootvoda i drenazha na letnykh polyakh aerodromov* (Guidelines for the design of drainage and drainage on airfield airfields), Moscow, GPI i NII GA «Aeroprojekt», 1982.
2. Glushkov G.I. Raev-Bogoslovsky B.S. *Izyskaniya i proyektirovaniye aerodromov* (Survey and design of airfields), Moscow, Transport, 1972.

Рецензент: П.И. Поспелов, д-р. техн.наук, проф., МАДИ