



Assessment of the maximum runoff from heavy rains during the passage of a high wave using the norms in force in our country

Jordan Marinski*, Stanislav Darachev

*National Institute of Meteorology and Hydrology,
66 Tsarigradsko shosse, 1784 Sofia, Bulgaria*

Abstract: The Alekseev-Gerasimov method is used in the legislation in our country to estimate the maximum runoff from heavy rains. The possibilities of the method are shown through specific examples. The advantages and disadvantages are analyzed. The identified shortcomings in the methodology are mainly related to the application of the empirical coefficients introduced in the Appendices of the methodology. The methodology allows a subjective choice of these coefficients that lead to errors and inaccuracies in determining the sizing water quantity.

Keywords: intense heavy rains, regulations, dimensioning water quantities

Оценка на максималния отток от проливни дъждове при преминаване на висока вълна с помощта на действащите норми у нас

Йордан Марински, Станислав Дарачев

*Национален институт по метеорология и хидрология,
Цариградско шосе, 66, 1784 София*

Резюме: За оценка на максималния отток от проливни дъждове в нормативната уредба у нас се използва метода на Алексеев – Герасимов. Чрез конкретни примери са показани възможностите на метода. Анализирани са предимствата и недостатъците. Констатираните недостатъци в методиката са свързани главно с прилагането на емпиричните коефициенти, заложен в приложенията. Методиката позволява

* jordanmdwm@meteo.bg

субективен избор на тези коефициенти, а това води до грешки и неточности при определяне на оразмерителното водно количество.

Ключови думи: интензивни проливни дъждове, нормативна уредба, оразмерителни водни количества

1. УВОД

Актуалността на темата за оценка на максималния отток от проливни поройни дъждове при преминаване на висока вълна е продиктувана от зачестилите наводнения вследствие проливни интензивни валежи. Проливните интензивни дъждове водят до бързо формиране на отток, създават висока вълна със значителен подем на водните нива и условия за поява на високи развиващи скорости на водното течение. Това от своя страна води до заливане на значителни площи и урбанизирани територии, причиняващи наводнения, катастрофални разрушения и бедствия. Една от съществените особености на интензивните проливни дъждове е площта на тяхното разпространение, която е незначителна и определянето на максималния отток от тях има най-голямо значение при малки реки и временни водни течения в сухи дерета. На територията на България такива преобладават и като правило се наблюдават на площи при малки водосборни области, до 3-4 квадратни километра..

Защитните мерки от наводнения се свързани с изграждане на широк клас хидротехнически съоръжения – защитни диги, корекции на реки, отводнителни канали, мостове, водостоци, канализации при урбанизирани територии и др. За целите на тяхното проектиране, изграждане и експлоатация е необходимо, на първо място, достоверна оценка за максималния отток от проливни дъждове при преминаването на висока вълна по речните течения и места, по които периодично да се оттичат дъждовните води (дерета) и които се пресичат от транспортни артерии. У нас това става с помощта на действащото Методично ръководство за определяне на характеристиките на максималния отток на реките в България със съставител проф. С. Герасимов, утвърдено през 1978 като **държавен методичен норматив** от Комитета за опазване на околната среда при Министерския съвет, което действа и сега. В него „...се излагат методите и начините за изчисляване на хидрологичните характеристики на максималния отток на реките в България използвани в строителното проектиране“ (Герасимов, 1975). Неговото предназначение е универсално, както при големи и малки реки, така и при равнинни или планински условия, при всички възможни валежи от дъжд и сняг. В Методичното ръководство единственото ограничение се поставя в раздел 3: „изложените в раздел 3 методи за изчисляване на максималния отток се отнасят до малки и средни реки с водосборни площи до 2500 km², върху които оразмерителния максимален отток се образува от дъжд и за които най-често

са случаите на недостатъчно данни от хидрометрични наблюдения (Герасимов, 1975, стр.15, т.3.2).

Изследванията на максималните разходи при преминаване на висока вълна от интензивни дъждове са сложни и затруднени поради спецификата на проливните интензивни дъждове. Те са неочаквани, преминават за кратко време и обхващат незначителни територии, където не винаги има хидрометеорологични станции за наблюдение и регистриране на характеристиките на високата вълна или е налице предварителна готовност за провеждане на измервания в необичайни форсмажорни обстоятелства. Отсъствието на достатъчно хидроложка информация е една от причините при определяне на максималния отток да се използват различни типове формули, карти, емпирични коефициенти и оправдава необходимостта от Методично ръководство за строителното проектиране, каквото е това на проф. С. Герасимов в неговия раздел 3.

Този раздел от ръководството е особено ценен и важен за проектирането на хидротехнически съоръжения у нас при борба с наводненията. Цел на настоящето изследване е да анализира предлаганата методика и резултатите от нейното прилагане при *интензивни поройни дъждове в малки водосборни области*. Това засяга единствено една част от раздел 3, при интензивни дъждове върху площи до 3-4 km², като направените изводи от изследването не засягат възможните случаи, извън поставените ограничения за размера на водосборната област и типа на валежите.

2. СЪДЪРЖАНИЕ НА МЕТОДИЧНОТО РЪКОВОДСТВО ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА МАКСИМАЛНИЯ ОТТОК НА РЕКИТЕ В БЪЛГАРИЯ

Методичното ръководство (Герасимов, 1975), съдържа 4 раздела:

В раздел 1: *Общи положения* се посочва необходимостта да се отделят един от друг методите за изчисляване на максималния отток в зависимост от конкретните условия и от наличието на хидроложка информация за режима на реките в района на строителство. По този начин се обяснява различния подход при изчисляване на максималния отток – при наличие на достатъчна информация – раздел 2, и при недостатъчни данни от хидроложки наблюдения – раздел 3. Посочват се критерии в кои случаи наличните хидроложки данни са достатъчни, и в кои случаи – наличните данни са недостатъчни.

В раздел 2: *Изчисления на максималния отток при наличие на достатъчно данни от хидрометрични наблюдения* се излагат методите и начините за определяне на характеристиките на оттока, като предварително се посочва кога данните от хидрометрични наблюдения са достатъчни и критериите, когато данните не са достатъчни.

В Раздел 3: *Изчисления на максималния отток при недостатъчно данни от хидрометрични наблюдения* се излагат методите и начините за определяне на характеристиките на оттока където е поставено ограничението, че те следва да се прилагат при малки и средни реки с водосборни площи до 2500 km². Акцентът на настоящия анализ е поставен върху случаите с интензивни дъждове, паднали на водосборните области с площи до 3-4 km².

В Раздел: „Приложения“ са разработени и включени в Методичното ръководство 20 Приложения, където се дадени числените стойности на различни хидроложки и хидравлични параметри, конкретно за условията на нашата страна. Това е значителен многогодишен труд, в който са обобщени данни, получени от наблюдения и измервания, извършени от Националния институт по метеорология и хидрология.

3. КРАТКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА МЕТОДА „АЛЕКСЕЕВ – ГЕРАСИМОВ“ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА Q_{MAX}

Методичното ръководство в раздел 3 се базира на метода на „Алексеев – Герасимов“. Като правило у нас се прогнозира и определят средно-деноношните количества от интензивните валежи за различни райони, а интензивните валежи най-често не продължават по-дълго от 2-3 часа при което регистрираните денонощни количества не отразяват коректно действителната картина. В основата на метода на „Алексеев – Герасимов“ е заложена идеята да се използват и двата типа данни - наличните данни от обикновените дъждомери, които регистрират средно-деноношните количества от интензивните валежи и които са имали преобладаващо разпространение в метеостанциите у нас и данните от онези дъждомерни станции, оборудвани със самопишещи дъждомери, които могат да регистрират във всеки момент височината на валежния слой при проливни дъждове. За да бъде направен прехода от записите на деноношните осреднени количества към количества на падналите проливни валежи с различна интензивност при различна продължителност, включително и по-малка от 24 часа, се строят за конкретни райони редукиционни криви на валежите, респективно се получават редукиционни коефициенти, където е показана зависимостта на интензивността на валежите от тяхната продължителност. По този начин се използва съотношението $H\tau/H_c = \psi(\tau)$, (където $H\tau$ – дебелината на слоя валеж за изчислителен период от време (от 5 минути нагоре), H_c – денонощен слой валеж при една и съща обезпеченост на валежите (Алексеев, 1971). Максималната дебелина на слоя на падналия дъжд и пределната максимална интензивност на валежите се променят в зависимост от интервала от време за който се пресмятат валежите. Този интервал е кратен на 5 - 5 минути, 10, 20, 30, 60 минути, 2 часа, и т.н. до 2 денонощия (2880 минути). Колкото по – голям е осреднения интервал от време, толкова по-голяма е дебелината на максималния слой и пределната интензивност на валежа е по-

малка. Този подход за пръв път е разработен и приложен от Алексеев в Русия (Алексеев, 1971) и е пренесен от проф. С. Герасимов у нас като е заложен в метода на „Алексеев-Герасимов“.

4. МЕТОД НА „АЛЕКСЕЕВ – ГЕРАСИМОВ“ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА Q_{MAX} И ПРИЛАГАНЕТО МУ ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ХИДРОТЕХНИЧЕСКИ СЪОРЪЖЕНИЯ

Формулата на „Алексеев–Герасимов“ за изчисляване $Q_{max,p}$ в $[m^3/s]$ с годишна вероятност на превишение $p\%$, дадена в ръководството с обясненията към нея, е представена по следния начин:

$$Q_{max} = 16,67r\varphi_p H_p \bar{\psi}(\tau)F + Q_{баз} = q_p \cdot F \quad (1)$$

където:

$q_p = Q_{max,p}/F$ – максимален отточен модул, $[m^3/s.km^2]$

F – площ на водосборния басейн в km^2 ;

16,67 – преводен коефициент

r – коефициент на зарегулираност от езера и микроязовири;

φ_p – условен коефициент на максималния отток при обезпеченост $p\%$;

H_p – денонощен максимален слой на дъжда при обезпеченост $p\%$ в $[mm]$;

$\bar{\psi}(\tau) = \psi(\tau)/\tau$ – редукиционен коефициент на средната за интервала време τ максимална интензивност на дъжда в $[min^{-1}]$

τ – време на стичане на водата по речното корито в оригинала в $[min]$,

$\psi(\tau) = H_{\tau,p}/H_p$ - отношение на слоя дъжд с обезпеченост $p\%$ паднал за време τ към денонощния слой дъжд със същата обезпеченост,

$Q_{баз}$ – грунтова компонента на максималното водно количество в $[m^3/s]$

Прилагането на Метод на „Алексеев–Герасимов“ за определяне на Q_{max} е проучено за различни случаи в хидротехническата практика.

Резултатите са показани таблично.

Таблица 1: При коефициент 2,3 за група на почвите по регулируемост и водопропускливост

P [%]	0,1	1,00	5,00	10,00	50,00
Изчислено Q_p $[m^3/s]$	22,03	11,41	6,82	5,19	2,00

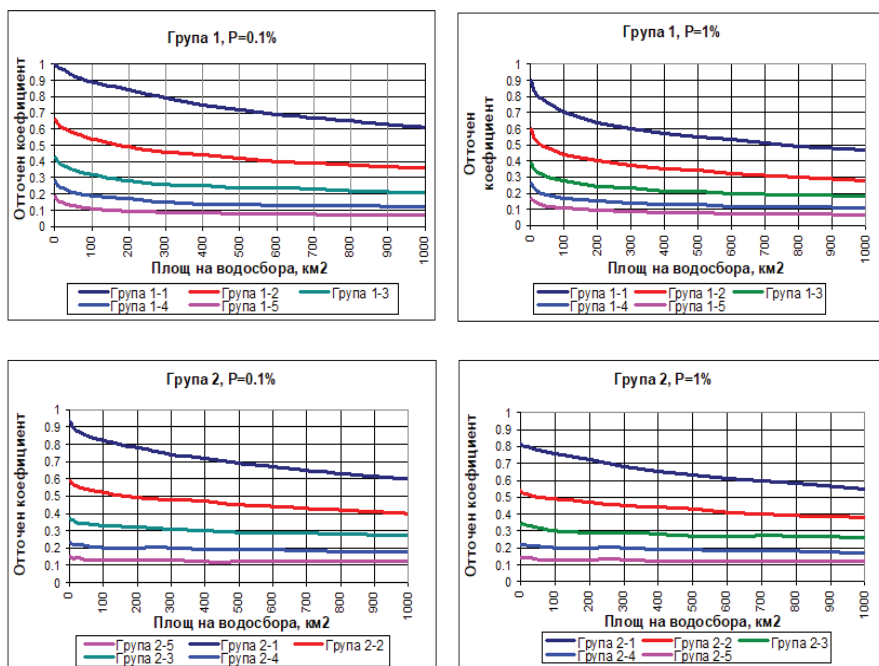
Таблица 2: При коефициент 2,4 за група на почвите по регулируемост и водопропускливост

P [%]	0,1	1,00	5,00	10,00	50,00
Изчислено Q_p [m^3/s]	11,91	6,78	4,19	3,19	1,42

Сравнявайки получените стойности за оразмерителното водно количество с обезпеченост 1%, която често се залага при оразмеряване на хидротехническите съоръжения в нормативните документи, при двете възможни стойности на емпиричния коефициент, установяваме разлика 60 %. Или ако приемем стойност 2,3 ще получим за оразмерителното водно количество 11,41 m^3/s , а ако приемем 2,4 – 6,78 m^3/s . Този резултат показва, че прилагането на тази методика изисква предварително много точно обоснован подбор на емпиричните коефициенти.

Анализът на таблиците с емпирични коефициенти показва, че при неправилен избор на коефициента на оттока от приложените таблици в методичното ръководство са възможни значителни отклонения в стойността на върха (водното количество $Q_{max,p}$) и обема на възможната висока вълна.

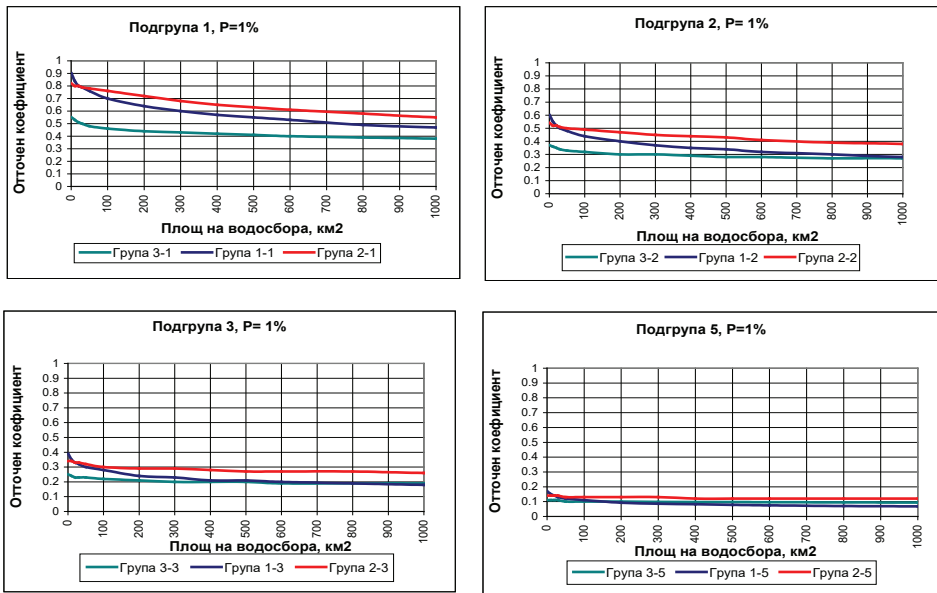
От основните фактори най-проблематичен за надеждна оценка е коефициентът на оттичане ϕ_p . Взима се от таблици според обезпечеността на валежа, площта и отточните свойства на водосбора. По отношение на отточните свойства на терена, водосборите са разделени на три групи 1, 2, 3 (категории на естествената регулираща (ЕР) способност на басейна), като всяка група се разделя на 5 подгрупи 1÷5, (категории на водопропускливостта (ВП) на почвата). Зависимостите на отточния коефициент от големината на водосбора и обезпечеността на дъжда се отчитат за отделните групи и подгрупи. Те са показани на Фигури 1 и 2.



Фиг. 1. Зависимост на отточния коефициент от обезпечеността и отделните групи

Отточният коефициент φ_p намалява с увеличаване на площта на басейна, а диапазонът на изменение намалява с увеличаване на категориите на естествена регулираща способност на водосборния басейн и водопропускливостта на почвата.

Надеждното идентифициране на отточните свойства е най-проблематичната част на методиката и най-голямата възможност за нереалистични оценки. Направена е оценка в какви граници би могла да се изменя стойността на φ_p и съответно Q_p при оценка на отточните свойства на водосбора.



Фиг.2. Зависимост на отточния коефициент от обезпечеността и подгрупите

Таблица 3. За група 2 и съответните подгрупи

Номер на подгрупата	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
Коефициент на оттока	0,81	0,53	0,34	0,22	0,14
Водно количество	35,98	20,85	11,71	6,78	3,81

В група 2 коефициентът на оттока в зависимост от избора на подгрупата може да се промени 6 пъти, а оразмерителното водно количество – 10 пъти.

Таблица 4. За група 1 и съответната подгрупа

Номер на подгрупата	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Коефициент на оттока	0,994	0,585	0,301	0,157	0,032
Водно количество	80,81	23,45	6,36	2,22	0,13

В Група 1 коефициентът на оттока в зависимост от избора на подгрупата може да се промени 30 пъти, а оразмерителното водно количество – няколко стотин пъти.

Естествената регулираща способност на басейна отчита характера на речната мрежа, строежа на почвения профил и възможностите за попиване на валежа в дълбочина. Водопропускливостта на почвата отчита характера на почвеното

покритие. С увеличаване на категориите на естествената регулираща способност на басейна и водопропускливостта на почвите коефициентът на оттока намалява.

Влиянието на естествената регулираща способност на басейна и водопропускливостта на почвата върху крайния резултат върху оразмерителното водно количество Q_p при обезпеченост 1 % чрез избора на отточния коефициент $\varphi_{1\%}$ може да се проследи с показания пример. Групите и подгрупите в методиката са описани словесно с различни признаци, чието точно идентифициране е трудно и проблематично. В приложената таблица се показва как се изменя отточният коефициент φ_p при зададена площ на басейна $F=20 \text{ km}^2$ и обезпеченост $p=1\%$ за различните групи и подгрупи.

Таблица 5: Изменение на отточния коефициент при зададена площ на водосборния басейн 20 km^2 и обезпеченост 1%

№ група/подгрупа	Група 1	Група 2	Група 3
Подгрупа 1	0,97	0,88	0,60
Подгрупа 2	0,61	0,56	0,39
Подгрупа 3	0,38	0,35	0,25
Подгрупа 4	0,24	0,22	0,17
Подгрупа 5	0,15	0,14	0,11

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Чрез конкретни примери от хидротехническата практика детайлно се анализират възможностите на метода на Алексеев-Герасимов. В резултат на проведеното изследване е установено, че прилагането на метода в хидротехническата практиката конкретно при интензивни поройни дъждове, паднали върху малки площи, до $3-4 \text{ km}^2$ води до разнопосочни резултати. Показано е влиянието на естествената регулираща способност на речните басейни и водопропускливостта на почвата върху крайния резултат – оразмерителното водно количество Q_p чрез избора на отточния коефициент φ_p . Преминаването от качествено словесно описание на характеристиките на почвения слой и растителността към числени стойности на отточните коефициенти, при предварително описани 15 групи, 3 основни групи и към всяка от тях по 5 подгрупи, внася субективност при избора и елементи на неопределеност, което се отразява на достоверността и точността на резултата.

2) От направения преглед и анализ се констатира стремеж и усилия на авторите да създадат методика, с която колкото се може по-точно да се отрази физическата същност на явленията при моделиране на валеж-отток. Едновременно с това, предвид сложността на процесите и явленията, това е довело до методика, където се срещат недопустими неточности, а често и трудности при прилагане в

хидротехническата практика. Това се дължи главно на емпиричните коефициенти, вкарани в Приложенията на методиката. Методиката позволява изборът им да бъде субективен, което води до недопустими разлики в оразмерителното водно количество. Този недостатък на анализирания методика се отразява негативно при прилагане в хидротехническата практика. Независимо от това, ако съдим по продължителния период от време (повече от 45 години), изминал от прилагане на метода на Алексеев -Герасимов в хидротехническата практика у нас, след като инженерите – проектантите не са имали на разположение нещо по-добро, тя и до днес се прилага като нормативен документ в практиката на проектиране. Все пак за този дълъг период се появяват и нови данни и обстоятелства при изследване на причините за наводненията и е естествено и оправдано да се търсят подобри и нови по-точни нормативни методи за определяне на оттока.

ЛИТЕРАТУРА:

- Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализаций корреляционных связей. Гидрометеиздат, Л., 1971, 360 стр.
- Алексеев Г.А. Схема максимальных дождевых расходов воды по формуле предельной интенсивности стока с помощью кривых редукции осадков и стока //Тр. Гос. гидрологич. ин-та. 1966, Вып. 134, стр. 55-71.
- Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Л., Гидрометеиздат, 1990, 366 стр.
- Герасимов С. Методично ръководство за определяне на характеристиките на максималния отток на реките в България., Управление хидрология и метеорология, Институт по хидрология и метеорология, София, 1975 г., 82 стр.
- Марински Й.: Уроците от наводнението в кв. Аспарухово, Варна. Водно дело, 2015, кн.3-4, стр.10-21
- Марчинков Б.А. Хидрология, ДИ „Техника“, София, 1973, 501 стр.
- Хидрологичен наръчник Част II, ДИ „Техника“, София, 1980, 294 стр.