



НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО МЕТЕОРОЛОГИЯ И ХИДРОЛОГИЯ
NATIONAL INSTITUTE OF METEOROLOGY AND HYDROLOGY

Българска Академия на Науките
бул. Цариградско шосе N 66
София 1784
тел. 4624500
факс 9884494, 9880380

Bulgarian Academy of Science
66 Tzarigradsko Shosee boul
1784 Sofia, BULGARIA
tel. +3592 4624500
fax. +3592 9884494, 9880380

МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СВОБОДНИ ОБЕМИ В ЯЗОВИРИТЕ ПРЕДИ ПЪЛНОВОДИЕ И ПРЕДИ ВИСОКИ ВЪЛНИ И НА ЛИМИТИ ЗА ИЗПУСКАНЕ НА ВОДИТЕ ОТ ТЯХ

Отчет на етап II
По договор с МОСВ от 13.09.2011 г.

Ръководител проект:

Доц. д-р Игор Няголов

Август 2012

ИЗПЪЛНИТЕЛСКИ КОЛЕКТИВ

1. Проф. д-тн. инж. Оханес Сантурджиян – гл. ключов експерт и изпълнител, автор на раздели I, II, III, V и VI
2. Доц. д-р инж. Ваня Йончева – ключов експерт и основен изпълнител, автор на раздел IV.
3. Гл. ас. д-р, инж. Олга Ничева - ключов експерт, съавтор на раздел V.
4. Инж. Людмила Апостолова – обработка на данни, техническа помощ
5. Инж. Сашка Стефанова – обработка на данни, техническа помощ

СЪДЪРЖАНИЕ

I. ЦЕЛ И ПРЕДМЕТ НА МЕТОДИКАТА

II. УСТАНОВЯВАНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА ЯЗОВИРА

- II.1. Описание на местоположението, целта и начина на ползване на язовира и риска от наводнение при разрушение на стената.
- II.2. Описание на техническите параметри и на състоянието на стената
- II.3. Описание на язовирното езеро -
- II.4. Очертаване и описание на водосборната област.

III. УСТАНОВЯВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА СВОБОДНИ ОБЕМИ ЗА ПОЕМАНЕ НА ОЧАКВАНА ВВ ИЛИ ГОЛЯМ ПРИТОК.

IV. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ВИСОКИ ВЪЛНИ С МАЛКИ ОБЕЗПЕЧЕНОСТИ.

- IV.1. Общи сведения и избор на методика..
- IV.2. Определяне на максималното водно количество на ВВ с набелязана обезпеченост.
- IV.3. Определяне на обема на високата вълна при годишна вероятност на превишение $p\%$.
- IV.4. Определяне на продължителността на високата вълна
- IV.5. Определяне на хидрографа на високата вълна
- IV.6. Пример за приложение на методиката за малки язовири. Определяне на Q_p с обезпеченост $p = 0.1\%$ и $p = 5\%$, Wp и хидрографа на високата вълна за яз. Капчика.

V. ОЦЕНКА НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА ЯЗОВИРА ЗА РЕТЕНЗИРАНЕ И ПРОВЕЖДАНЕ НА ВИСОКИ ВЪЛНИ С МАЛКА ПОВТАРЯЕМОСТ.

- V.1. Определяне на ретензията на високата вълна в язовира.
- V.2. Оценка на възможностите от преливане на стените през короната.

VI. УСТАНОВЯВАНЕ НА БЕЗОПАСНОСТТА НА ЯЗОВИРНИТЕ СТЕНИ ОТ ПРЕЛИВАНЕ ПРЕЗ КОРОНАТА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приложение 1. Карти на България със средните отточни модули и коефициенти на вариация

Приложение 2. Карти и таблици за приложение на "Методично ръководство за определяне на максималния отток на реките в България» на НИМХ

Файлове на електронен носител.

Изчисл.РетензияМ.Яз.xls

BG1.jpg, BG2.jpg, BG3.jpg, BG4.jpg, Cv, Cv2

I. ЦЕЛ И ПРЕДМЕТ НА МЕТОДИКАТА

Настоящата методика третира решаването на проблема за запазване на постоянни свободни обеми и или оперативно освобождаване на обеми за язовирни стени, при които липсва всякаква конкретна хидроложка информация във вид на времеви редици на притока, както и данни за измерени максимални водни количества и обеми на ВВ. Такива не могат да се получат и по метода на аналогията. За всички останали язовири, при които такава информация, придобита по някакъв достоверен начин (от баланса на язовира, от преки хидрометрични измервания, по метода на аналогия с други подобни басейни или по някакъв друг метод на хидрологията) е налице, методиката е еднаква с язовирите от списъка на Приложение 1 към ЗВ.

За язовири, за които липсва хидроложка информация, даже да има някакъв график за водоползване, не е възможно да се правят подробни водностопански баланси за да се определят месечни напълвания, които да ограничават възможностите за изпускане на води за освобождаване на обеми. Не е възможно също определяне с достатъчна надеждност, основана на статистически оценки, на необходимия обем за задоволяване на водоползването с определена обезпеченост.

При язовирите с неголеми обеми от порядъка на стотици хиляди до няколко млн.м.куб., без наличие на надеждна хидроложка информация за притока във вид на месечни последователности, не е възможно въз основа на подробни водностопански оценки:

- определянето на постоянно празни обеми, като ненужна за потреблението част от полезния обем;
- определянето на месечни лимити за изпускане за освобождаване на обеми за поемане на голям приток в зависимост от наличния обем в язовира;
- и не е необходимо определянето на лимити за водоподаване с оглед рационално управление на водите на язовира.

Осигуряването на постоянно или сезонно празни обеми в тези язовири може да стане въз основа на приблизителни водностопански оценки по много опростена методика, ако има някаква информация за водоползването. Би трябвало да се отбележи, че при голяма част от тях поради малките им размери тази дейност, ако ще може да се осъществява предвид на липсата на опериращ персонал и постоянна поддръжка, може да има само спомагателен ефект за предпазването им от преливане и разрушение при ВВ. Преливането на тези язовири през преливника е нормално явление и не може да бъде ограничавано.

Основният проблем при тези язовири и предмет на управлението им е тяхната сигурност от разрушение при преливане през стената и свързаната с нея безопасност от наводняване на селища и други материални и културни ценности разположени под тях. Този проблем стана актуален през последните години във връзка с зачестили разрушения на такива стени при преливане. Най-типичен пример е наводнението на гр. Цар Калоян, където наред с изключителния дъжд, за трагичните случаи на удавени хора към 16,30 часа на 6.08.2007 г. съществено допринесе внезапното повишение на водното количество, преминаващо през града. Причина за това без съмнение е разрушението на надстоящия микроязовир "Езерче 1". Той е пример от една страна, за възможността на реални

интензивни валежи с обезпеченост около 1 % (90 мм/м² за около 100 минути) върху сравнително малка територия и от друга, за последствията от безотговорно и невежо стопанисване на един малък, но потенциално опасен язовир, достигащо до там той да се експлоатира със заринат преливник. Целият район на гр. Цар Калоян е пример за възможността от изключителни валежи на малка територия. В града валежът по данни на НИМХ (измервания и сателитни снимки) е бил с обезпеченост под 0,01%. През яз. Цар Калоян е преминала ВВ 8-кратно надвишаваща обеме му.

Основната цел на тази методика, покрай приблизителните начини за оценка на възможностите за осигуряване на празни обеми за поемане на високи води в тези язовири, е да покаже методите за оценка на формиране на ВВ със зададени обезпечености без наличие на измерени максимални водни количества, както и на възможностите те да бъдат проведени през преливника.

Язовирите, за които става въпрос, са средните и преди всичко малките язовири. За тях в доклада на Д. Тошев, Т. Чолаков, Огн. Тодоров Н. Лусев. "Състояние на малките язовири в Р.България". *5th Bulgarian-Austrian Seminar "SMALL DAMS AND HPP", 30 Март, 2012*, пише следното:

"В България са изградени 216 язовири, които се класифицират според изискванията на МКГЯ като големи язовири и над 2000 малки язовири.

Днес на малките язовири се гледа като важна съставна част от инфраструктурата на страната. Това са съоръжения, които осигуряват вода за напояване, предпазват от наводнения като ретензират и безпрепятствено провеждат речните води. Те са в основата на възобновяемите енергийни източници, третирани в Протокола от Киото. Наводненията през последните няколко години припомниха положителната роля на язовирите и защитните диги, както и колко опасности крият те при ниско ниво на експлоатация и поддръжка.

Голяма част от малките язовири се стопанисват от общини, промишлени предприятия, горски стопанства или са дадени под аренда. Най-често това са язовирни стени от местни материали с височини 5 – 15 m, със завирен обем от няколко стотици хиляди до 1 – 2 милиона m³. Много от тях са строени през 50-те и 60-те години на миналия век, без подробни проучвания и без наличие на значителен опит на проектантите и строителите. При последните наводнения някои от тези язовири преляха през короната на стената, при което претърпяха значителни повреди. » .

Задължение на този, който поддържа язовира - собственика или ползвателя, е да осигурява безопасността на тези язовири. Отговорност за това носят и съответните басейнови дирекции, респективно МОСВ. Управлението на водоползването от тези язовири е предмет на контрол от тяхна страна дотолкова, доколкото то е свързано с управлението на безопасността им и селищата под тях.

Язовирите без необходимата хидроложка, както и друга техническа информация в Б-ия, както се цитира по-горе, са над 2000. Голямата част от тях се числят към малките язовири. Те се използват предимно за напояване, риборазвъждане, рекреация, промишлено водоснабдяване и ретензия при високи води. Много от тях са без проектна документация, технически данни за капацитета

на преливника, основния изпускател, големината на водосбора. Тя или е загубена или въобще не е съществувала. Много от тях са в незавидно техническо състояние, заплашващо както преливане през билото при пълноводие, така и нарушаване на устойчивостта им. Много от тях не се контролират и не се полагат грижи за поддръжката им.

Това, което обезателно е необходимо на държавно ниво е съставянето на опис на всички подобни язовири по общини. Този опис трябва да съдържа всички данни, важни за сигурността и експлоатационните възможности на самия язовир, както и данни, свързани с възможността за създаване на заплаха и риск от наводнения на земите след него. Това описване може да се нарече и паспортизация на общинските язовири. Това е една трудна и времеемка дейност, но абсолютно необходима за водното стопанство на една европейска държава. За целта вероятно трябва да се сформират колективи от специалисти с прикрепени служители на съответната община и БД, в която трябва да има поне един хидроинженер, геодезист и агроном.

Оценката на сигурността и безопасността на един малък язовир включва установяване на комплекс от характеристики, като конструктивни особености, размери и технически параметри и състояние на съоръженията към него, вида на ползване на водите му, начин на поддържане на водния обем в него с оценка на възможностите за поддържане на празни обеми в различните месеци на годината, капацитет на облекчителните и водоотвеждащи съоръжения, възможности за ретензия и преливане при високи вълни с обезпеченост 1%, 0.5% и 0.1% при язовир, пълен до ръба на преливника. Тази проверка при необходимост може да се прави и при наличие на свободен обем в язовира, ако той се контролира текущо и такъв обем може да бъде надеждно осигурен и поддържан.

Оценките, които е необходимо да се извършат за повечето от разглежданите в тази методика язовири, могат да се разделят на три групи:

- **Установяване характеристиките на язовира. Без данните събрани от тази оценка са невъзможни останалите оценки;**
- **Установяване на начина и размера на ползването на язовира и възможностите за осигуряване на свободни обеми;**
- **Оценка на високите вълни с необходимими обезпечености без наличие на хидроложки данни и на възможността да бъдат проведени през преливника.**

Целта на тази методика е да опише начините за извършване на тези оценки. Като се има предвид огромният брой обекти за оценка, неголемите възможности на БД и групите, които трябва да се занимават с тази дейност, липсата на измерени данни за притока в конкретния язовир, както и трудността от набавяне на много други данни, свързани с оценката на оттока и високите води, методиката трябва да бъде максимално опростена, да ползва грубо приблизителни, но надеждни методи за инженерни оценки, без сложни изчисления и приложение на модели и трудно усвоими програмни продукти.

II. УСТАНОВЯВАНЕ ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА ЯЗОВИРА

II.1. Описание на местоположението, целта и начина на ползване на язовира и риска от наводнение при разрушение на стената

Трябва да се укаже местоположението на язовира на територията на България, областта и общината, в която се намира, близките селища, физикогеографско описание на чашата на язовира (дере, ручей, река). Ако го няма на карта 1:25000, или 1:5000, трябва да се идентифицира местоположението му, като се определят координатите на две точки от короната на стената (двата края) както и котата на короната. Да се опише начинът на пълнене – само от собствен водосбор или от него и от деривационни канали или тунели. Да се опише също пътя на водата след язовира. Да се отбележи годината на изграждане. Да се приложи към документацията карта с мащаб 1:5000 или 1: 25000 в зависимост от размера на езерото, с нанесени очертания на язовирното езеро при ниво ръб на преливника и означена стена.

Да се опишат селищата или други важни обекти разположени след язовира, които биха били засегнати от вълна, причинена от разрушението на язовира. Тази оценка е доста трудно да се направи с необходимата точност. Тя не се отнася за опасността от преляли през преливника максимални водни количества $Q_{\max\text{прел}}$ с обезпеченост 1% или 0.1 %, които трябва да бъдат проведени без усложнения. При тези язовири не може да се поставят ограничения на преливането като при големите такива. Отнася се за по-големи водни количества, получени от наслагването на $Q_{\max\text{прел}}$ с водните количества при разрушението на стената и изтичането на езерото. Определянето им е твърде сложна задача, решаването на която не е във възможностите на групите, оценяващи въпросните язовири.

Една представа за уязвимостта на тези селища при разрушение на стената може да даде приблизителна хидравлична оценка на нивото на водата при преминаване на ВВ с връх $Q_{\max 1\%}$. От него може да се съди какво би станало при по-големи водни количества. Тази оценка може да се направи съвсем елементарно, като равномерно движение при максимално възможни за речното легло коефициенти на грапавина и среден наклон. Често уязвимостта или не на селищата след язовира е очевидна и няма да се налагат такива оценки.

Трябва да се укажат целите, за които се използват водите на язовира.

II.2. Описание на техническите параметри и на състоянието на стената

Когато има проектна документация всички технически параметри се взимат от нея, а на място се прави оглед и измервания на слягането на короната. Иначе всички мерки се взимат на място. Трябва да се опишат с необходимите характеристики следните елементи на стената.

Тип (като правило еднородни земнонаситни стени или такива с екран или ядро по изключение), **форма и размери** (височина, откоси, ширина на короната, наличие на минаващ път, напречен разрез през най-високото сечение, дължина на короната).

Противофилтрационни и дренажни съоръжения – еднородно тяло, наличие на екран или ядро, наличие на дренажна призма – размери, признаци за

колматиране на дренажната призма (изтичане по въздушния откос). Наличие на заблацияване след язовира – признак за усилен филтрация през стената.

Воден откос – вид и състояние на бронята (подредени камъни върху слой от баластра, стоманобетонен екран).

Въздушен откос – покритие, наличие на изгърбвания.

Корона – наличие на големи слягания. Да се направи нивелиране на оста на короната или по нивелачните репери, ако има такива, и да се установи най-ниската кота на короната. Това е важно за определяне на максималната допустима преливна височина.

Преливник – вид (челен, страничен с траншея), форма и състояние на преливната повърхност (практически профил, широк праг с ненарушена или ерозирана повърхност), кота (абсолютна или относителна спрямо определен репер), размери (дължина на преливния ръб), вид на покритието и състояние на траншеята на страничните преливници. **Установяване на максималното преливно водно количество $Q_{\text{махпрел}}$** . Когато го има в проекта трябва да се установи максималната кота на водното ниво (НВВН) при преливане на $Q_{\text{махпрел}}$ по проект и да се сравни с минималната кота на короната при актуалното състояние на стената. Когато $Q_{\text{махпрел}}$ не е известно, то трябва да се изчисли при НВВН с 1 или 0,5 м под най-ниската актуална кота на короната, т.е. при $H_{\text{прел}} = \text{Кота корона мин.} - \text{НВРВН} - 1(0,5) \text{ м}$. Когато преливникът е траншееен трябва да се провери възможността за провеждане на това количество през траншеята за да не се получи потопяване на преливника.

Вид и състояние на съоръженията след преливника – наличие на бързоток и енергогасител, състояние на облицовката.

Диаметър, вход, затворни органи и максимално водно количество на основния изпускател. Състояние на затворните органи. Водното количество да се пресметне по формулата $Q=0,8F\sqrt{2gH}$, където H е разликата между кота водно ниво и кота ос тръба. $F=0,785D^2$ е сечението на тръбата. Трябва да се пресметне времето за изпразване на езерото като обемът му се раздели на ламели по дълбочина и за всяка ламела се определи $H_{\text{ср}}$. При липса на данни приблизително времето на изпразване е $T=V/0,8F\sqrt{2gH}$ сек, като $H=2/3(\text{кота НВРВН} - \text{кота ос тръба})$.

Водовземни съоръжения освен основният изпускател. Ако има такива да се укаже максималното водно количество на водоземане.

Измервателни уреди (рейки за измерване на ниво, репери по короната за измерване на слягания, дренажни тръби зад сухия откос и др.) – състояние.

II. 3. Описание на язовирното езеро - обем, дълбочина при язовирната стена, площ при НВВН, начини на пълнене (от собствен водосбор, довеждащи деривации). Ако няма проектни или по някакъв начин определени до момента данни обемът, площта и дълбочината на езерото могат да се определят от топографски карти с мащаб 1:5000 или 1:25000. Ако се разполага с подобни цифрови карти в ГИС това става много лесно. Трябва също да се установи връзката между котата на водното ниво и обема на езерото, която да се въведе в Excell, където за нея да се получи израза на функционалната връзка $\text{кота}=\text{f}(\text{обем})$.

При наличие на топографски карти това е елементарна, макар и трудоемка, операция. Тази връзка е необходима при изчисляване на ретенцията на ВВ.

II.4. Очертаване и описание на водосборната област

Трябва да се определи площта, дължината и средният наклон на водосборната област. За целта трябва да се ситуира стената върху топографска карта с мащаб 1:25000 или 1:5000. Ако се разполага с топографски цифрови карти (с цифров модел на релефа) определянето на водосборната област и нейната площ, дължина, ширина и среден наклон не са проблем в ГИС. На хартиена карта очертаването на водосбора се извършва като се очертава областта ограничена от хоризонталата, минаваща по билото на долината, която е оградена от стената на язовира.

Необходимо е да се установят характеристиките на водосбора, които обуславят оттока. За оценките свързани с водоползването е добре да има данни за оттока от него. При липса на по-точни възможности за определянето му за целта може да се използва **средногодишния модул на оттока**. При липса на по-съвременни данни може да се използва Хидроложкия атлас издаден през 1975 г., където има карта на България с изолинии на този модул, както и на коефициентите на вариация, показани на Приложение 1.

Трябва още да се установят:

- наличието на други язовири във водосбора;
- гъстотата на речната мрежа (като такива при малки водосбори могат да се считат деретата, по които се стича водата),
- видовете почвено покритие в % от площта;
- видовете почви с оглед водопропускливостта им.

III. УСТАНОВЯВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА СВОБОДНИ ОБЕМИ ЗА ПОЕМАНЕ НА ОЧАКВАНА ВВ ИЛИ ГОЛЯМ ПРИТОК

За преценка на възможностите за оставяне или освобождаване на свободни обеми в язовирите за поемане на очакван приток е необходимо установяването на вида и начина на водоползване от язовирите. Без съобразяване с необходимите за водоползването обеми не е възможно целесъобразно извършване на тази дейност. Тези язовири като правило изравняват притока в годишен период и могат в пълния смисъл на думата да се наричат сезонни. Те предимно са строени за напояване без сериозни водностопански проучвания. Сега голяма част от тях са превърнати в рибарници. Малка част от тях се използват за промишлено водоснабдяване или за енергодобив. Други са оставени неизползвани и ако не бъдат разрушени, могат да се използват за ретензионни язовири

Търсенето на възможности за оставяне на празни обеми е свързано с определяне на максималния полезен обем, необходим за съответното водоползване.

Язовири с цел напояване

При напояване, водоползването е от м. април до октомври по даденото по-долу примерно разпределение в %.

	Средна година
Април	1,20
Май	2,50
Юни	10,6
Юли	52,80
Август	28,00
Септември	3,70
Октомври	1,20

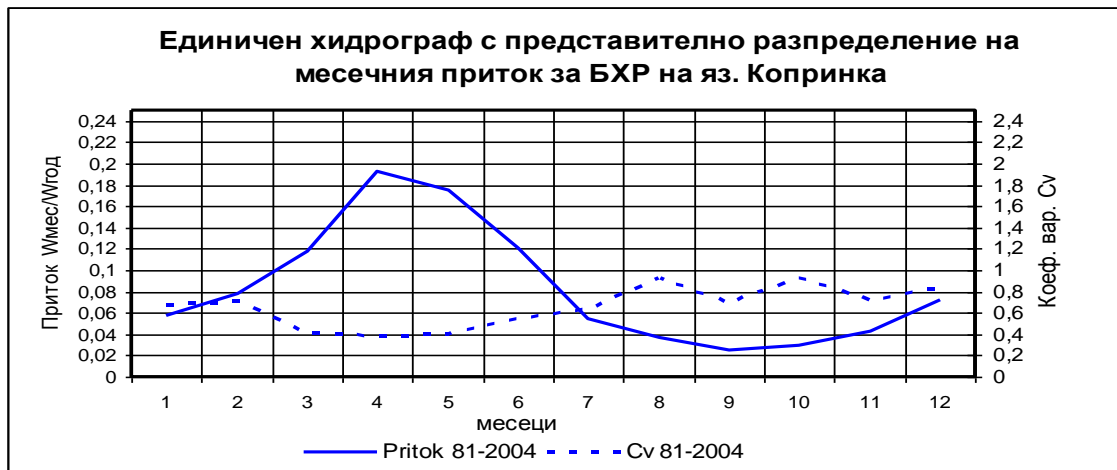
Съществените обеми, 80% от целия обем, се подават през юли и август почти изцяло от язовира, защото през тези месеци притокът е незначителен.

Въпреки липсата на месечни редици на притока е възможно да се състави някакъв груб баланс между притока и разхода на язовира. Този баланс съвсем приблизително, може да се извърши въз основа на грубо съпоставяне на графика на водоползването и типичното месечно разпределение на приток с необходимата за потреблението обезпеченост. То може да се получи както е описано по-долу.

Средногодишният приток $W_{a50\%}$ може грубо да се определи от $W_{a50\%} = F \cdot m \cdot 31536 \text{ м}^3$, където F е площта на водосбора в км^2 , а m е средният за водосбора средногодишен отточен модул в л/сек/км^2 . Той може да се вземе от приложените карти на годишния отточен модул и на коефициента на вариация за територията на България. Те са изчислени за периода 1935 – 1955 г. Годишният отток с обезпеченост 75% и 95% грубо може да бъде пресметнат като се умножи $W_{a50\%}$ с коефициент съответно равен на 0,80 до 0,82 и 0,35 до 0,45 за $C_v=0,50$ до 0,25.

Месечното разпределение на оттока може да се изчисли като се умножат стойностите на типичния за района единичен месечен хидрограф със

средностатистическо разпределение на месечния приток. След това може да се правят приблизителни баланси на язовира и да се определят максималният полезен обем и необходимите месечни напълвания.

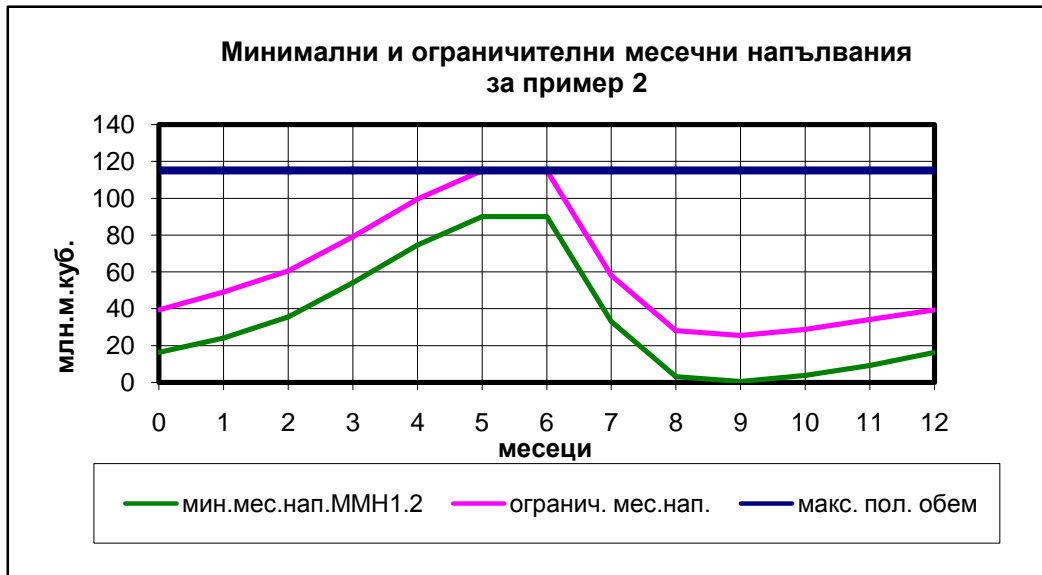


Фиг. 1

Този подход е показан като една възможност за по-детайлна оценка. Той е сравнително сложен и в повечето случаи ненужен. За добиване на представа за степента на задоволяване на водопотребителя, ако това е необходимо, достатъчно е да се направи съпоставка между годишния приток с необходимата обезпеченост с обема на водоползването. Например при напояване може да се съпостави притока, получен по горния приблизителен начин, със 75% обезпеченост, а при промишлено водоснабдяване – с 95%. От тук може да се направи оценка за отношението между обема на притока със съответната обезпеченост и този на водоползването.

Необходимият максимален полезен обем може да се определи приблизително, изхождайки от опита с регулирането на оттока за различните видове водоползвания.

За водопотреблението при напояване максималният полезен обем (МПО) на язовира трябва да е равен на 80-90% от общия обем на водоползването, тъй като то е съсредоточено в месеците юни, юли, август и септември, когато притокът е много слаб и се ползват води от язовира. Разпределението на месечните обеми се характеризира с пълнене на язовира през пролетно-зимния период (розовата линия на фиг. 2, която в разглеждания случай съответства на условия близки до сезонно регулиране), достигане на максимум през юли и бързо изпразване на язовира до края на септември.



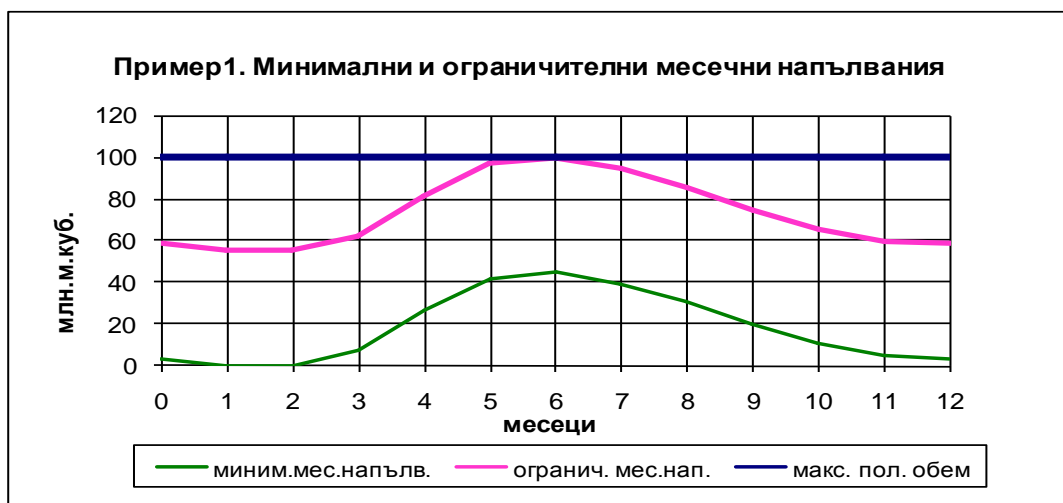
Фиг. 2

Следователно, запазване на постоянно свободни обеми при такива язовири може да има, ако обемът на язовира е по-голям от необходимия МПО за напояването, приблизително определен по гореописания начин. Той може да бъде поддържан чрез основния изпускател.

През месеците октомври до края на декември може да се изисква язовирът да е почти празен, особено когато потреблението е по-малко от обема на годишния приток със 75% обезпеченост. Това означава, че язовирът ще се напълни достатъчно през пролетта.

Язовири с цел водоснабдяване или енергодобив

За водоснабдяване и енергодобив, поради равномерния характер на водопотреблението, необходимият МПО, когато водопотреблението е близо до притока в година с необходимата обезпеченост, е около 40 – 50% от годишното потребление. Разпределението на месечните обеми се характеризира с пълнене на язовира през пролетта (розовата линия на фиг. 3), достигане на максимум през юли и бързо изпразване на язовира до края на септември.



Фиг. 3

И при тези язовири свободен обем може да има, когато МПО е по-малък от обема на язовира. През месеците ноември до март може да се поддържа половината на МПО.

Язовири с цел риборазвъждане и рекреация

При язовири рибарници трябва да се определи минималният необходим обем и той да се поддържа постоянно. Язовирите, само за рекреация, трябва да се пълнят само през лятото.

Язовири с цел ретензия

Специфичното при тези язовири е, че трябва да са постоянно празни и трябва да имат големи дънни отвори, през които да преминават сравнително големи водни количества. Ретензионната им функция е с цел редуциране на максималния отток до безвредни размери чрез задържане и забавено изпускане на част от обема на ВВ. Язовирите у нас, които ще се превърнат в ретензионни поради липса на потребление, имат дънни отвори с много малка пропускна способност. Така, че те ще се пълнят бързо при ВВ и ще преливат. Те, разбира се, трябва да се поддържат празни чрез отворени постоянно дънни изпускатели. Те трябва да се проверяват за опасност от преливане при отворен изпускател и пълно, полупразно или изцяло празно езеро, като се има предвид времето за изпразване на язовира през дънния отвор.

Следващата важна оценка се състои в определянето на ВВ с необходимите малки обезпечености при липса на измервания.

IV. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ВИСОКИ ВЪЛНИ С МАЛКИ ОБЕЗПЕЧЕНОСТИ

IV. 1. Общи сведения и избор на методика

Целта на определянето на параметрите на ВВ е проверка на възможностите на преливника на язовира да провежда водни количества, формирани при ретенцията на ВВ с малки обезпечености (1% или 0,1% в зависимост от риска за наводнения след язовира) без да прелива през короната. При липса на измерени данни за максималния приток в този язовир за целта ще се използват приблизителни методи, които без съмнение ще бъдат с не особено голяма точност. Затова при определянето на параметрите на тези ВВ трябва да се изхожда от стремежа да се застана на страната на сигурността.

В някои случаи може да се използват определени за района регионални зависимости за определяне на максималния отток в зависимост от средното водно количество и други характеристики на водосбора, ако има такива. Възможни са случаи, когато може да се приложи и методът на аналогията. В тази методика, обаче, ще се разглежда общия случай, когато няма измерени данни за ВВ, пряко свързани с язовира. Тогава определянето на Q_{\max} , обема и формата на ВВ ще се извърши въз основа на съществуващите за цялата страна по райони данни за средногодишния максимален денонощен валеж в зависимост от надморската височина, коефициенти на редуция за привеждане му към такъв с обезпеченост от 0,01% до 10% и големината, средния наклон и отточните характеристики на водосбора. За целта за нашите условия съществуват различни методи (Крафти, Ев. Монеv, Стр. Герасимов), най-пълна, отнасяща се за цялата страна и завършена е методиката на Стр. Герасимов. Тя е изложена в "Методично ръководство за определяне на максималния отток на реките в България" на НИМХ, разработена от Стр. Герасимов и приета от КОПС през 1988 г. като национална методика.

Тя дава възможност за определяне на максималното водно количество с желаната обезпеченост, обема и времетраенето на високата вълна на притока в язовири, изградени на малки и средни реки с водосборни площи до 2500 km², върху които оразмерителният максимален отток се образува от дъжд при наличие на данни за местоположението на язовира, големината и формата на водосборния басейн, почвено описание, наклон, както и други характеристики на водосбора.

В настоящата методика се предлага да се използва тази методика, като най-пълна и завършена, валидна за всички райони на страната. При нея определянето на максималното водно количество с характерна обезпеченост се извършва чрез използване на формулата на пределната интензивност и на редуционните параметри на дъждовете от малки водосбори. **Номерата на формулите и на приложенията съответстват на номерата в методичното ръководство за удобство и яснота.**

Q_{\max} се определя в зависимост от времето на руслово дотичане τ от най-отдалечената точка на водосбора до басейна. То е равно на оттеклия се воден обем от цялата площ на водосбора, получен от валеж с продължителност равна на времето на руслово дотичане τ за време τ . Обемът на ВВ се изчислява за продължителност, за която се оттича денонощният максимум с исканата обезпеченост p при $Q = Q_{\max p}$. По-нататък е описана тази част от методиката, която се отнася за малки водосбори без данни от наблюдения на оттока.

IV.2. Определяне на максималното водно количество на ВВ с набелязана обезпеченост.

Основната емпирична формула за определяне на максималното водно количество Q_p с годишна вероятност на превишение $p\%$ се дава от израза:

$$Q_p = q_p \cdot F = 16,67 r \varphi_p H_p \bar{\psi}(\tau) F + Q_{ep}, \quad (28)$$

където: $q_p = Q_p / F$ е максималният отточен модул [$m^3/s.km^2$];

F – площта на водосборния басейн в [km^2];

16,67 – коефициент на привеждане на димензиите;

r – коефициент на зарегулираност (на задържане на оттока) от езера и микроязовири във водосборната област на разглеждания язовир;

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

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

$\bar{\psi}(\tau)$ – редукиционен коефициент $\bar{\psi}(\tau) = \psi(\tau) / \tau$ на средната за интервала време максимална интензивност на дъжда в [min^{-1}]. Това е редукиционен параметър, който характеризира намалението на интензивността на дъжда \bar{I}_τ по времето τ спрямо денонощния максимум H_p .

τ – време на дотичане на водата по речното русло в [min];

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

Определяне на коефициента на зарегулираност от проточни езера и микроязовири – r .

- При наличие на данни за обемите на езерата и микроязовирите в разглеждания басейн, които участват в трансформирането на високите вълни или в регулирането на оттока:

$$r = 1 - \frac{V_1 F_1 + V_2 F_2 + \dots + V_n F_n}{WF}, \quad (29)$$

където: V_1, V_2, \dots, V_n са трансформиращите или регулиращи обеми на отделните езера или микроязовири в [m^3];

F_1, F_2, \dots, F_n – площи на водосборните басейни на съответните езера и язовири в [km^2];

W – обемът на високата вълна в [m^3];

F – площта на водосборния басейн на реката до разглеждания пункт в [km^2].

- при наличие на данни само за сумарната площ на езерата и микроязовирите - $\sum f_i$ в (km^2):

$$r = \frac{1 - k_e}{1 + 25k_e}, \quad (30)$$

където: $k_e = \frac{\sum f_i}{F}$ е коефициент на езерността;

- при наличие на данни за площите на водната повърхност f_i и водосбора F_i за всяко езеро:

$$r = \frac{1 - k_{em}}{1 + 40k_{em}}, \quad (31)$$

където: $k_{em} = \sum \left(\frac{f_i}{F} \frac{F_i}{F} \right)$ е тежестен коефициент на езерността.

Определяне на денонощния максимален слой на дъжда при обезпеченост $p\%$ в (mm) – H_p .

- От приложение 15 се отчита чрез интерполация средната многогодишна стойност на денонощния максимум на дъжда - \bar{H} (mm) в зависимост от района на местоположение на водосбора на язовира (приложение 14) и средната надморска височина на водосборния басейн;
- За същия, определен вече район, от приложение 16 се определят относителните квантили (коефициенти) K_p при различни обезпечености $p\%$;
- Изчислява се H_p по зависимостта: $H_p = K_p \bar{H}$ (mm).

Определяне на условия отточен коефициент на максималния отток при обезпеченост $p\%$ - φ_p .

- От приложение 18 по характерни особености на почвите във водосборния басейн се определя категорията на естествената регулираща способност на водосборния басейн – група 1; група 2 и група 3. Въвеждането на естествената регулираща способност на басейна характеризира сумарно удължаване на времето на дотичане по руслото τ_p , вследствие главно на почвено-грунтовото регулиране и в по-малка степен на повърхностното регулиране, както и от естественото удължение на изчислителната продължителност на дъжда вследствие регулиращото действие на басейна.
- От приложение 19 се определят подгрупи 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 и 0.5 в зависимост от характерните признаци на категориите за почвена водопропускливост;
- От приложение 17 се отчитат чрез интерполация изчислителните стойности на отточния коефициент на максималния отток по групи и подгрупи в зависимост от площта на басейна в F в (km²) за съответната характерна обезпеченост $p\%$.

Определяне на редукиционния коефициент на средната за интервала време максимална интензивност на дъжда - $\bar{\psi}(\tau)$ за дъжд с времетраене τ в (min).

$$\bar{\psi}(\tau) = \frac{\psi(\tau)}{\tau} = \frac{H_{\tau,p}}{H_p \cdot \tau}, \quad (36)$$

където: $\psi(\tau) = H_{\tau,p} / H_p$, представлява отношението на слоя на дъжда $H_{\tau,p}$ с продължителност τ и обезпеченост $p\%$ спрямо денонощния максимален слой на дъжда H_p със същата обезпеченост $p\%$ и се отчита от прил. 12 за съответния район (прил. 11) в зависимост от групата на обезпеченост: ψ_1 за $p = 0 + 25\%$, ψ_2 за $p = 25 + 50\%$, ψ_3 за $p = 50 + 75\%$, ψ_4 за $p = 75 + 100\%$. $\psi(\tau)$ е отношението на слоя на дъжда паднал за време τ към целия слой на денонощния дъжд. Той не расте пропорционално на $\tau/24$.

Определяне на грунтовата компонента на максималното водно количество Q_{ep} в (м³/сек).

Грунтовата компонента на максималното водно количество Q_{ep} се определя като средна стойност, тъй като нейният принос към изчислителния максимум на високата вълна с обезпеченост $p\%$ е малък.

$$Q_{ep} = a.B^b.F, [m^3/s], \quad (39)$$

където: a и b са емпирични коефициенти, които се определят от табл. 5;

B – средна надморска височина на басейна в [m];

F – площ на басейна в [km²].

Таблица 5

Параметри a и b на уравнение (39)

Категория на реката	a	b
1. Суходолия	0	-
2. Периодично пресъхващи реки	$1,0 \cdot 10^{-5}$	1
3. Реки от група 1.0 (горна граница)	$2,5 \cdot 10^{-5}$	1
4. Реки от група 2.0 (горна граница)	$1,5 \cdot 10^{-4}$	0,86
5. Реки от група 3.0 (горна граница)	$4,8 \cdot 10^{-4}$	0,75

Изчисляване на средната скорост на дотичане по руслото на реката v_p в (м/сек) на Q_p :

➤ за равнинни реки с наклон $l < 2$ до 4‰:

$$v_p = a.l^{1/3} Q_p^{1/4}, \quad (33)$$

където: a – параметър на гладкостта;

l – среден наклон на водотока в [‰];

Q_p – максималното водно количество с обезпеченост $p\%$ в [m³/s].

Параметърът на гладкостта a представлява функция на коефициента на грапавина n от формулата на Манинг и се определя от израза:

$$a = 0,15 \left(\frac{1}{20n} \right)^{3/4} \quad (34)$$

или се избира от табл.3 в зависимост от характеристиката на руслото средно за цялата дължина на реката.

Таблица 3

Параметрите на грашавината (n) и гладкостта (a) на речното русло от форм. (33)

кате- гория	Характеристика на руслото и лъката средно за цялата дължина на реката L	n	a
1.	Сравнително чисти русла на постоянни водотоци в обикновени условия: извити с някои неправилности в посоката на струите или прави, но с неправилности в релефа на дъното Русла на периодически водотоци (сухи дерета) в относително благоприятни условия	0,04	0,18
2.	Русла (на големи и средни реки) значително затлачени, извити и частично обраснали с растителност, каменисти с неспокойно течение Периодически водотоци, носещи по време на високи води забележимо количество наноси, легла с едър чакъл или с растителност (трева и др.) Лъки на големи и средни реки, сравнително добре разработени, покрити с нормално количество растителност (трева и храсти)	0,05	0,15
3.	Русла на периодически водотоци силно обрасли с растителност и извити; сравнително обрасли, неравни, слабо разработени лъки на реки (изравнява, храсти, дървета) Чакълесто-каменисти русла от планински тип, с неправилна водна повърхност	0,067	0,12

➤ за планински и предпланински реки с наклон $I > 2$ до 4‰:

$$v_n = \beta I^{1/9} Q_p^{1/3}, \quad (36)$$

където параметърът на гладкостта β се избира в зависимост от състоянието на леглото на водотока по цялата му дължина от табл. 4.

Таблица 4
Параметър на гладкостта (β) на речното русло по форм. (35)

Характеристика на речното легло	β
1. Благоприятни условия на речното легло	0,17
2. Средни (обикновени) условия на речното легло	0,14
3. Неблагоприятни условия на речното легло	0,11

Определяне на времето на русловото дотичане τ в min на максималното водно количество Q_p в $[m^3/s]$ със скорост на дотичане v_p в (м/сек), изчислена за равнинни или планински реки съответно по форм. (33) или (35) :

$$\tau = \frac{16,67 L}{v_p}, \quad (32)$$

където: L е дължината на водотока от най-отдалечената точка на вододела до разглеждания пункт на реката в (km).

Изчислението на Q_p се извършва по уравнение (28) чрез последователно приближение, като неизвестните величини са Q_p и $\bar{\psi}(\tau)$. Задава се Q_p , изчислява се последователно v_p , времето на дотичане τ и от приложение 12 за съответния район на редукиционна крива на дъжда в зависимост от обезпечеността и τ се отчита чрез интерполация $\psi_i(\tau)$ при предпоставката, че времетраенето на дъжда е равно на времето на дотичане. Процедурата на последователно приближение спира, когато зададената стойност на Q_p съвпадне с изчислената стойност на Q_p в границите на точността на решението.

IV.3. Определяне на обема на високата вълна при годишна вероятност на превишение $p\%$.

Определяне на обема на високата вълна без отчитане на почвеното оттичане при различни обезпечености се извършва като се отчита валежа за времето на басейновото оттичане t :

$$W_p = 1000 \varphi_p H_p \psi_1(t) F, [m^3], \quad (46)$$

където: t за различните групи (категории) водосбори приема стойностите:

1 -2 денонощия за група 1.0;

2 денонощия за група 2.0;

10 денонощия за група 3.0.

1000 е коефициент за изравняване на дименсиите;

При малки водосбори, каквито са водосборите, разглеждани в тази методика, може да се приема 1 денонощие.

Този обем съответства на денонощия максимален дъжд за района с обезпеченост $p\%$.

IV.4. Определяне на продължителността на високата вълна

Времето на продължителността на ВВ T се определя от съотношението на обема W_p и върха Q_p с обезпеченост p на частта на хидрографа на високата вълна, включваща само повърхностният отток, като се приема триъгълна форма на ВВ.

$T = 2W_p / Q_p$, където: $T \approx 2\tau$ е продължителността на високата вълна, а τ е времето на басейновото дотичане. Времето на басейновото дотичане е по-голямо от времето на русловото дотичане и се доближава до него при малки водосбори.

Триъгълниковата апроксимация е най-вероятната форма между изпъкнали и вдлъбнати криви около правите на подема и на спада на високата вълна.

IV.5. Определяне на хидрографа на високата вълна

За бързи хидроложки изчисления и опростено определяне на ретенцията на високата вълна в малки язовири хидрографът се апроксимира с триъгълник, при което времето на подема t_n и на спада t_c на високата вълна се определят по следните изрази:

$$t_n = \frac{2W_p}{Q_p(1+\gamma)}, \text{ в [s]}$$

$$t_c = \gamma t_n,$$

$$T = t_n + t_c$$

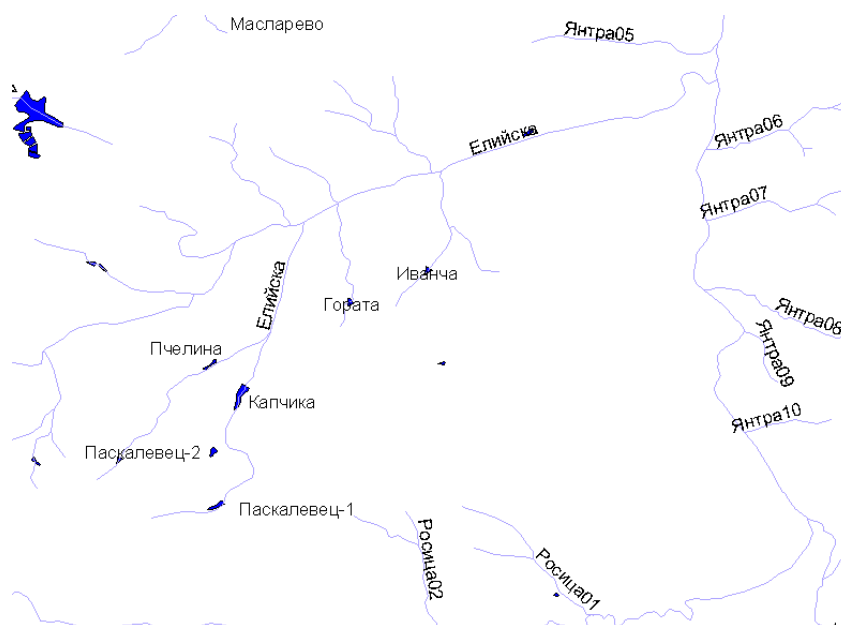
където γ се определя по аналогия ($\gamma = \gamma_a$) или стойностите от табл.7.

Таблица 7

Група	λ	γ
1,0	1,2	2,6
2,0	1,1	2,8
3,0	1,0	3,0

IV.6. Пример за приложение на методиката за малки язовири. Определяне на Q_p с обезпеченост $p = 0.1\%$ и $p = 5\%$, Wp и хидрографа на високата вълна за яз. Капчика.

Язовир Капчика се намира във водосбора на р. Елийска, в басейна на р. Янтра и се характеризира с обем на езерото $1,702 \text{ mln m}^3$ и водосборна площ 25 km^2 . Във водосбора на яз. Капчика се намират яз. Паскалевец 1 и яз. Паскалевец 2, съответно с обеми на езерото $0,16 \text{ mln m}^3$ и $0,026 \text{ mln m}^3$ и водосборни площи съответно 8 km^2 и $2,5 \text{ km}^2$. Средната надморска височина на водосбора на яз. Капчика е $B=200\text{m}$. Средният наклон на водосбора е $I=4\%$ (Фиг. 1).



Фиг. 1 Ситуация на разглежданите микроязовири

Определяне на Q_p с обезпеченост $p = 0.1\%$ и $p = 5\%$.

За изчисляването на Q_p с обезпеченост $p = 0.1\%$ и $p = 5\%$ използваме зависимостта (28). В нея неизвестно е $\bar{\psi}_1(\tau)$ защото не е известно времето на руслово дотичане τ . Подред се определят коефициентите, които зависят от водосбора и обезпечеността

Определяне на коефициента на зарегулираност от езера и микроязовири r . Няма достатъчно данни за определянето му тъй като не разполагаме с информация за площите на водното огледало на яз. Паскалевец 1 и яз. Паскалевец 2. Техните обеми са незначителни спрямо очаквания обем на ВВ, така че биха имали пренебрежим регулиращ ефект. Приемаме $r = 1$;

Определяне на H_p за обезпеченост $p = 0.1\%$ и $p = 5\%$ в m .

- От прил. 14 установяваме, че яз. Капчика е разположен във II-ри район на картата на денонощния максимум на дъждовете;
- От прил. 15 определяме средната многогодишна стойност на денонощния максимум на дъжда \bar{H} в mm в зависимост от определения район на денонощния максимум и средната надморска височина на водосбора $B=200\text{m}$.
 $\bar{H} = 45,4 \text{ mm}$;
- От прил. 16, определяме относителните квантили $K_p = \frac{H_p}{\bar{H}}$ в зависимост от определения II район на денонощния максимум и необходимата за изчислението обезпеченост. Стойностите на относителните квантили са показани по-долу в табл. 1;

Определяне на φ_p – условен коефициент на максималния отток при обезпеченост p в %, който характеризира водопропускливостта на почво-грунта.

- φ_p се определя от прил. 17 в зависимост от площта на водосбора $F=25 \text{ km}^2$ и обезпечеността на оттока p в % за съответната категория на естествена регулираща способност на басейна (група 1, 2, 3) и водопропускливост на почвата (подгрупа 1 до 5)
- Категорията на естествена регулираща способност на речния басейн се определя от прил. 18 по описание на типа почва, речна мрежа и растителност. Почвите във водосбора на яз. Капчика са средно и силно излужени черноземи, нееродирани и слабо еродирани, тежко пясъжливо-глинести, които по приложение 18 определяме в **група 2**.
- По прил. 19 по характерни признаци на категориите за почвена водопропускливост черноземите се отнасят към **подгрупа 02**.
- При така определената за този водосбор категория и подгрупа са определени стойностите на φ_p , представени в табл. 1.

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

$$Q_{зр} = a \cdot B^b \cdot F, [m^3/s]$$

където: a и b са емпирични коефициенти, които се определят от табл. 5;

B – средна надморска височина на басейна в [m]. $B = 200 \text{ m}$;

F – площ на басейна в $[km^2]$. $F = 25 \text{ km}^2$;

$a = 0,00015$; $b = 1$;

$$Q_{зр} = 0,75 \text{ m}^3/s;$$

Очевидно грунтовата компонента при малки водосбори е незначителна и не заслужава да се изчислява.

Определяне на средната скорост на дотичане v_p в $[m/s]$ в зависимост от Q_p в $[m^3/s]$.

$$\text{За равнинни реки } v_p = a l^{1/3} Q_p^{1/4},$$

където: a – параметър на гладкостта, който се определя в зависимост от коефициента на грапавина n ;

l – среден наклон на водотока в [%о]; $l = 4\%о$.

Q_p – максималното водно количество в $[m^3/s]$.

$$v_p = 0,286Q_p^{1/4}.$$

Определяне на времето на руслово дотичане на максималното водно количество τ в $[min]$.

$$\tau = \frac{16,67L}{v_p},$$

където: L е дължината на водотока от най-отдалечената точка на вододела до разглеждания пункт в $[km]$; $L = 8 km$.

v_p – средната скорост на дотичане в $[m/s]$ на Q_p ,

$$\tau = \frac{133,36}{v_p}.$$

Определяне на $\bar{\psi}_1(\tau)$.

Водосборът на яз. Капчика по прил. 11 се намира в I-ви район за редуccionните криви на дъждовете.

От тук нататък задачата се решава итеративно, като се задава Q_p , определя се v_p , τ и $\bar{\psi}_1(\tau) = \psi_1(\tau)/\tau$ и се изчислява дясната страна на уравнение (28) до момента, в който изчисленото Q_p стане приблизително равно на зададеното Q_p , в границите на приетата точност.

Например за язовир Капчика – задаваме първа итерация $Q_{p=0,1\%} = 100 m^3/s$.

Определяме $v_p = 0,904 m/s$; $\tau = 147,5 min$. От прил. 12 на редуccionните криви на дъждовете за I-ви район в зависимост от τ интерполираме и отчитаме $\psi_1(\tau) = 0,719$ и изчисляваме зависимост (28). В случая получаваме **194 \neq 100**;

Втора итерация: задаваме $Q_{p=0,1\%} = 200 m^3/s$. Получаваме 220,8; \neq 200

Трета итерация: задаваме $Q_{p=0,1\%} = 222 m^3/s$. Получаваме $222 \approx 222,7$;

Това е търсеното решение, за което при максимално водно количество с обезпеченост 0,1% - $Q_{p=0,1\%} = 222 m^3/s$; $v_p = 1,1 m/s$; $\tau = 124,6 min$; $\psi_1(\tau) = 0,697$.

Изчислението при останалите обезпечености се извършва по същия начин.

При обезпеченост 5% - $Q_{p=5\%} = 75 m^3/s$; $v_{p5} = 0,842 m/s$; $\tau_{p5} = 158,38 min$; $\psi_1(\tau) = 0,726$.

Табл. 1

Обезпеченост $p\%$	0,1	1	5	10
K_p	3,78	2,57	1,84	1,56
H_p, mm	171,6	116,7	83,5	70,8
Φ_p , за група 2 и подгрупа 02	0,555	0,515	0,46	0,45
$Q_p, m^3/s$	222		75	

Определяне на обема на високата вълна при годишна вероятност на превишение $p\%$.

Обемът на високата вълна при $p\%$ обезпеченост се определя по формула (46):

$$W_p = 1000 \varphi_p H_p \psi_1(t) F, [\text{m}^3],$$

За малки водосбори, какъвто е и водосборът на яз. Капчика, t може да се приеме едно денонощие.

Следователно: $\psi_1(t = 1 \text{денонощие}) = \psi_1(1440 \text{ min}) = 1,11$

Следователно $W_{p=0,1\%} = 1000 * 0,555 * 171,6 * 1,11 * 25 = 2,62 \text{ млн m}^3$.

$$W_{p=5\%} = 1000 * 0,46 * 83,5 * 1,11 * 25 = 1,07 \text{ млн m}^3.$$

Определяне на продължителността на високата вълна

При триъгълникова апроксимация на хидрографа на високата вълна се получава:

$$T/2 = W_p / Q_p = \frac{2620000}{222} = 3,28 \text{ часа},$$

където: $T = t_n + t_c$ е продължителността на високата вълна.

Следователно $T = 2 * 3,28 = 6,56$ часа е продължителността на високата вълна при обезпеченост $p\% = 0,1\%$.

Времето на подем се изчислява по формулата

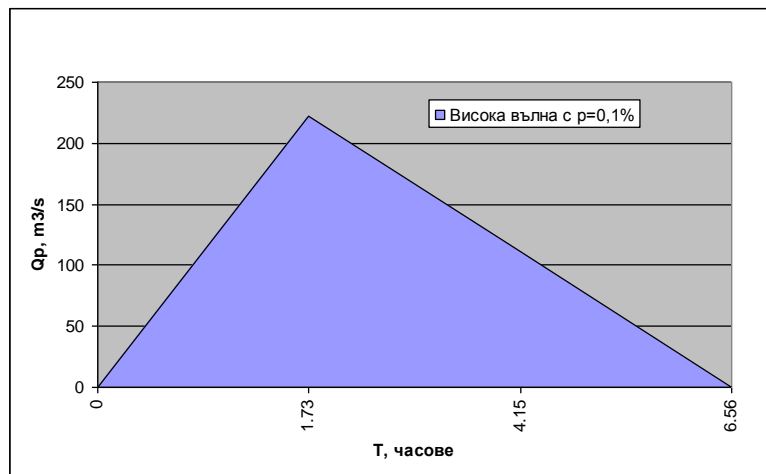
$$t_n = \frac{2W_p}{Q_p(1+\gamma)}, [\text{s}]$$

А на спад – $t_c = \gamma t_n$,

където γ се определя по стойностите от табл.7.

При $\gamma=2,8$ се изчислява $t_n = 1,73$ часа и $t_c = 4,83$ часа.

Хидрографът на високата вълна с обезпеченост $p=0,1\%$ е представена на фиг. 2:



Фиг. 2 Схематизиран хидрограф на ВВ в яз. Капчика с обезпеченост 0,1%, $Q_p = 222 \text{ m}^3/\text{s}$ и обем на високата вълна $W_p = 2,62 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Така получените параметри на ВВ с обезпеченост $p=0,1\%$, денонощен валежен максимум $171,6 \times 1,11 = 190 \text{ мм/м}^2$, водосбор 25 км^2 с дължина 8 км с наклон 4% и отточен коефициент $0,555$ са изложени в долната таблица.

<i>N</i>	<i>F</i> [<i>km</i> ²]	<i>Q_m</i> [<i>m</i> ³ / <i>s</i>]	<i>T_m</i> [<i>min</i>]	<i>t_n</i> [<i>min</i>]	Обем ВВ <i>W_{нод}</i> <i>x10</i> ³ <i>m</i> ³	Общ обем на язовира <i>V</i> <i>x10</i> ³ <i>m</i> ³	$\frac{W_{нод}}{V}$	<i>W_{общ}</i> <i>x10</i> ³ <i>m</i> ³
1	25	222	393	103	1383	1700	0.813	2620

Тази ВВ може да се приеме като най-неблагоприятната с оглед водосбора и направените допускания. С нея трябва да се провери ретенцията на язовира когато е пълен. Ако тя покаже възможност нивото на езерото да надхвърли короната на стената трябва да се направи същата проверка при празен язовир.

Известна представа за реалистичността на получения резултат може да се получи чрез сравнение на получените от НИМХ параметри при оценката на ВВ, разрушили микроязовирите Езерче 1, Езерче 2 и Цар Калоян при наводнението на 6.08.2007 г., показани на следващата таблица.

Според оценката на хидролозите в района на язовирите Езерче 1, Езерче 2 за 4 часа на 6.08.2012 г. е паднал средно около 90 мм/м^2 дъжд. Съгласно таблиците 14, 15 и 16 този дъжд може да се класифицира като денонощен максимум с близо, но над 1% обезпеченост. Върху водосборите на двата язовира е паднал около $0,81$ и $1,17$ млн. м^3 дъжд. При коефициент на оттичане $\varphi_p \approx 0,55$ се получават обемите на определените от НИМХ високи вълни.

<i>N</i>		<i>F</i> [<i>km</i> ²]	<i>Q_m</i> [<i>m</i> ³ / <i>s</i>]	<i>T_m</i> [<i>min</i>]	<i>t_n</i> [<i>min</i>]	Обем ВВ <i>W_{нод}</i> <i>x10</i> ³ <i>m</i> ³	Общ обем на язовира <i>V</i> <i>x10</i> ³ <i>m</i> ³	$\frac{W_{нод}}{V}$	<i>W_{общ}</i> <i>x10</i> ³ <i>m</i> ³
1	яз. Езерче1	8.98	76.2	196	65	149	153	0.973	433
2	Яз. Езерче2	12.56	107	204	68	218	600	0.363	654
3	яз. Цар Калоян	88.97	1168	187	62	2172	800	2.712	6552

Една груба съпоставка между яз. Езерче 2 и Капчика показва следното: при обезпеченост 1% и водосбор $12,56 \text{ км.кв.}$ в III район ВВ на Езерче 2 има обем $0,654$ млн.м.куб. При обезпеченост $0,1\%$ и водосбор 25 кв. км. във II район ВВ на Капчика има обем $2,62$ млн. м.куб. Четирикратно по-големия обем и двукратно по-голямото времетраене на ВВ на яз. Капчика могат донякъде да се обяснят с два пъти по-големия водосбор, десеткратно по-малката обезпеченост и разликата в районите. Очевидно при определянето на хидрографите на тези вълни е ползвана в голяма степен настоящата методика.

По-нататък предстои оценката за опасността от преливане на яз. Капчика.

V, Оценка на възможностите на язовира за ретензиране и провеждане на високи вълни с малка повтаряемост

V.1. Определяне на ретензията на високата вълна в язовира

Изчисляването на ретензията се извършва чрез изчисление на баланса на притока и разхода от язовира и изменението на неговия обем в продължение на зададен период от време, обхващащ времето на навлизане на ВВ и минимум до момента на достигане на максималното преливно водно количество. Разходът, и по-специално преливното водно количество, е в зависимост от изменението на обема на язовира, респективно водното му ниво. В зададения период от време се изчислява притокът в язовира по зададен закон на изменение на водното количество на ВВ, изтичането през основните изпускатели, ако са отворени, източването през водовземните съоръжения и преливането през преливника, ако нивото на водата се е качило над преливника.

Използва се общоизвестна методика, изучавана в хидротехниката като “изчисляване на ретензията” на ВВ.

Разглеждат се два случая на определяне на $Q_{\text{прел.макс}}$:

- Когато в момента на навлизане на ВВ язовирът е пълен догоре, т.е. няма запазен свободен обем за нейното поемане;
- Когато запазеният обем стига за поемане само на част от обема на вълната, след което язовирът започва да прелива през преливника.

И двата случая се изчисляват с един и същ алгоритъм чрез задаване на началния обем в язовира.

Разглежда се преливник без клапи или сегментни затвори, защото надали разглежданите в тази методика имат такива съоръжения. Ръбът на преливника е на кота най-високо работно водно ниво на язовира (НВРВН). Преливането започва от $Q_{\text{прел}} = 0$ при достигане на водното ниво до НВРВН и $Q_{\text{прел}}$ расте с повдигането на нивото на язовира с навлизането на ВВ. $Q_{\text{прел}}$ зависи от дебелината на водния слой над ръба на преливника (преливната височина) и расте до даден момент, в който навлизащото в язовира Q се изравнява с разхода от него. Разходът е равен на сумата от преливащото и източното през водовземните и изпускателните съоръжения водно количество. Изчисляването на преливното водно количество става чрез формула, в която участва преливната височина и коефициент, който зависи от вида на преливника (формата на преливния ръб).

$$Q_{\text{прел.}} = \xi m B \sqrt{2g} H(t)^{3/2}$$

Където B е ширината на преливника, а H е преливната височина в момента t , m е коефициент на преливника и при преливници с практически профил е около 0,48, ξ е коефициент на стеснение на струята - $\xi = 1 - 0,1n\zeta H(t)/B$. “ n ” е броят на стесненията $n = 2k$ като k е броят на отворите на преливника. $\xi \approx 0,9$ за преливник с един отвор.

Капацитетът на водовземните съоръжения се знае за всеки язовир. Това е максималното водно количество $Q_{\text{максекспл}}$, което може да се проведе през тях и се използва за водностопански цели.

Водното количество $Q_{\text{осн.изп.}}$, което може да премине през основните изпускатели се изчислява по формулата

$$Q_{\text{осн.изп}} = \mu F \sqrt{2gZ(t)} \quad \mu = 1 / (1 + \sum \xi_m + \lambda L / D)^{-1/2} ,$$

като F е площ на сечението на тръбата, μ е скоростният коефициент на течението, $Z(t)$ е напорът и зависи от нивото на водата в момент t , $\sum \xi_m$ е сумата от местните загуби, λ е коефициент на триене по дължина - $\lambda \approx 0,025$, L е дължината на тръбата, а D е диаметърът. Приблизително за къси тръби като основните изпускатели $\mu = 0,6$ до $0,80$.

В случая на пропускане на ВВ при пълен язовир напорът $Z(t) = Z_{\max} + \Delta Z_k(t)$. Z_{\max} е разликата между котата на НВРВН и котата на оста на тръбата, т.е.

$$Q_{\text{разход}}(t) = Q_{\text{прел}}(t) + Q_{\text{максекспл}} + Q_{\text{осн.изп}}(t)$$

Изчисляването на ретензията има за цел да определи максималното преливно количество (при наличие на ограничение на преливното водно количество) или максималното ниво на езерото (когато се оценява опасността от преливане през короната) по време на процеса на повдигане на водното ниво над преливния ръб вследствие на навлизането на ВВ. Процесът започва в момента на надвишение на нивото над котата на преливния ръб, когато започва преливането, което расте от 0 до $Q_{\text{прелмакс}}$ и след това намалява до 0. Когато в язовира има свободен обем, процесът започва с втичането на ВВ. Преливането започва, когато нивото на водата надвиши котата на преливния ръб. Едновременно текат два процеса – на пълнене на езерото от ВВ и празнене през преливника, ако водното ниво е над преливния ръб, през изпускателите и водовземанията. От баланса между двата процеса се определя акумулирането на воден обем в езерото, повдигането на нивото му от началното положение, когато втичането е по-голямо от разхода, и след това спадането, когато нещата се обърнат. Изтичането през изпускателите може да продължава и след като нивото на езерото слезе под котата на преливния ръб. В този момент вече $Q_{\text{прел}} = 0$.

Основното уравнение, което описва този процес е това за баланса между притока и разхода:

$$(Q_{\text{приток}}(t) - Q_{\text{разход}}(t)) \Delta t = \Delta V.$$

Алгоритъмът за изчисляване на ретензията е описан в раздел VII и Приложение 11 към “Методика за определяне на обеми в язовирите по Приложение 1 от Закона за водите за поемане на очакван приток».

За определяне на ретензията на ВВ в язовир, пълен до ръба на преливника, или при наличие на определен празен обем при навлизането на ВВ, по този алгоритъм е изготвена електронна таблица с програмирани редове от клетки. Данните, които са описани над таблицата, се вкарват в колоната с момент $t=0$ и автоматически се изчислява ретензията (обема, нивото, преливното водно количество и притока) за приетия брой интервали (колони). С добавянето на колона чрез копиране на съдържанието на предшестващата колона се увеличава времето с Δt . На показаната под таблицата графика се изчертава нивото на водата в язовира, притокът и преливното водно количество за изчислителния период.

Към настоящата методика е прикрепен файл «Изчисл.РетензияМ.Яз.xls» с тази електронна таблица за изчисление на ретензията на язовир с преливник без клапи с решени 3 примера за яз. Капчика.

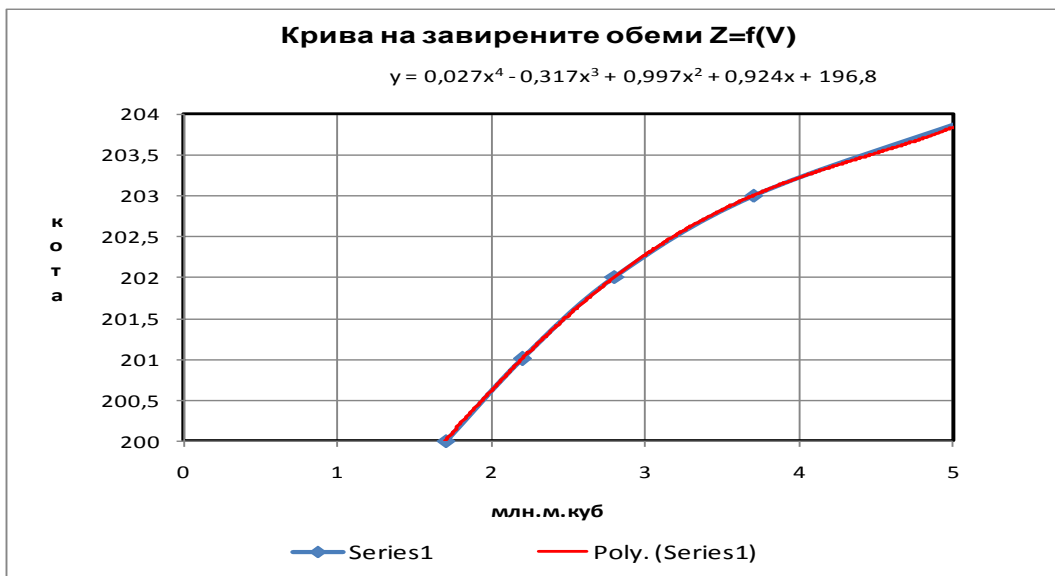
ТАБЛИЦА ЗА ИЗЧИСЛЕНИЕ НА МАКСИМАЛНОТО ПРЕЛИВНО ВОДНО КОЛИЧЕСТВО ПРЕЗ ПРЕЛИВНИК БЕЗ КЛАП

Номер	величини			
1	върх на ВВ в м.куб./сек	222	222	222
2	време за възход в часове на ВВ	1,72	1,72	1,72
3	време на спад в часове на ВВ	4,83	4,83	4,83
4	временни интервали Δt часове	0,1	0,1	0,1
5	време t_n от началото на ВВ в часове	0	0,1	0,2
6	водно количество $Q_{прит}$ на притока в момент t_n	0	12,9	25,8
7	средно водно количество в интервала $t_n - t_{n-1}$ $(6+7)/2$	0,0	6,5	19,4
8	об. ΔV_n на прит. в инт. $t_n + 1 - t_n$, $\Delta V_n, пр. = 8 \cdot 4 \cdot 3600 / 1000000$	0,000	0,002	0,007
9	кота ръб на преливника Z_{max}	200	200	200
10	Обем в язовира V_n в момент t_n	1,700	1,700	1,705
11	кота на водното ниво в мом. $T_n - Z(V_n) = \text{формулата } Z = F(V_n)$	200,00	200,00	200,01
12	широчина на преливника	10	10	10
13	прел. вис. $h(t_n)$ в мом. t_n , $h(t_n) = Z(V_n) - Z_{max}$	0	0,00	0,00
14	прел. Q в момент t_n , $Q_n, прел. = \epsilon m B h(t_n)^{3/2}$	0,0	0,0	0,0
15	максимално водно количество на водовземане $Q_{водвз, конст.}$	0	0	0
16	водно количество на изпускателите $Q_{изп, конст.}$	5,63	5,63	5,63
17	обем ΔV_n разх. в инт. $t_n + 1 - t_n$ $\Delta V_n, разх. = (14 + 15 + 16) \cdot 1 \cdot 3600 / 1000000$	0	0,00	0,00
18	нарастване на обема на яз. в инт. $t_n + 1 - t_n$ $\Delta V_n, яз. = 9 - 18$	0,000	0,000	0,005
19	обем в язовира на кота преливник (Z_{max}) V_0	1,7	1,7	1,7
20	коэффициент на водното количество на преливника	0,48	0,48	0,48
21	кота корона	203	203	203
22	кота ос на основния изпускател	190	190	190
23	диаметър на основния изпускател в м.	0,8	0,8	0,8
24	коэф. A_1 във $y = A_1 x^4 - A_2 x^3 + A_3 x^2 + A_4 x + A_5$	0,027	0,03	0,027
25	коэф. A_2 във $y = A_1 x^4 - A_2 x^3 + A_3 x^2 + A_4 x + A_5$	-0,317	-0,32	-0,32
26	коэф. A_3 във $y = A_1 x^4 - A_2 x^3 + A_3 x^2 + A_4 x + A_5$	0,997	1,00	0,997
27	коэф. A_4 във $y = A_1 x^4 - A_2 x^3 + A_3 x^2 + A_4 x + A_5$	0,924	0,92	0,924
28	коэф. A_5 във $y = A_1 x^4 - A_2 x^3 + A_3 x^2 + A_4 x + A_5$	196,88	196,88	196,88

Фиг. 3

На фиг. 3 са показани първите 5 колони от тази таблица. В колона три се задават данните: върха на ВВ в м.куб./сек, време на подем и спад в часове, изчислителни интервали в часове (1/50 до 1/100 от времетраенето на вълната), кота ръб на преливника, обем на язовира в началния момент в млн.м.куб., коефициенти пред членовете на полинома, определящ връзката $Z=f(V)$ между нивото на водата и обема в язовира, широчина на преливника в м, водните количества на водовземане в м.куб./сек и кота ос и диаметър на основния изпускател и т.н. Всички входни данни са описани над таблицата.

По съществен проблем е определянето на данните и изчертаването на кривата $Z=f(V)$. Тя трябва да се изчертае в Excel и да се подбере апроксимацията полином (trendline). За такъв в таблицата е въведен полином от 4-та степен. За да се получи добра апроксимация за препоръчване е да се изчертае кривата само за нивата над НВРВН (над максималния работен обем на язовира). Под тази кота връзката $Z=f(V)$ не е необходима за изчисление на ретенцията. На фиг. 4 е показана тази крива, получена по приетите данни за язовир Капчика.



Фиг. 4.

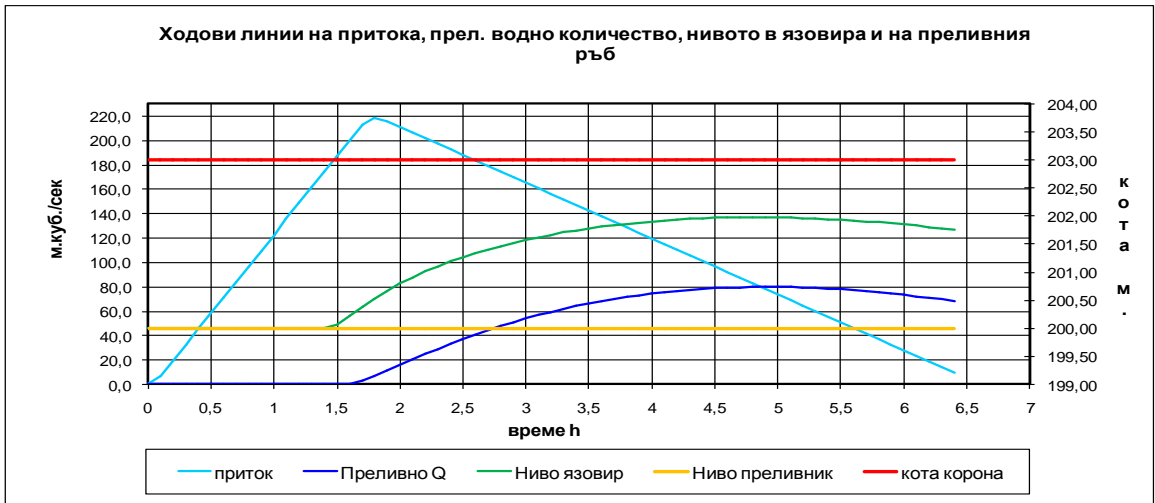
V.2. Оценка на възможностите от преливане на стените през короната

Тази оценка е демонстрирана за данните на изчислената ВВ с обезпеченост 0,1% за приетия пример яз. Капчика.

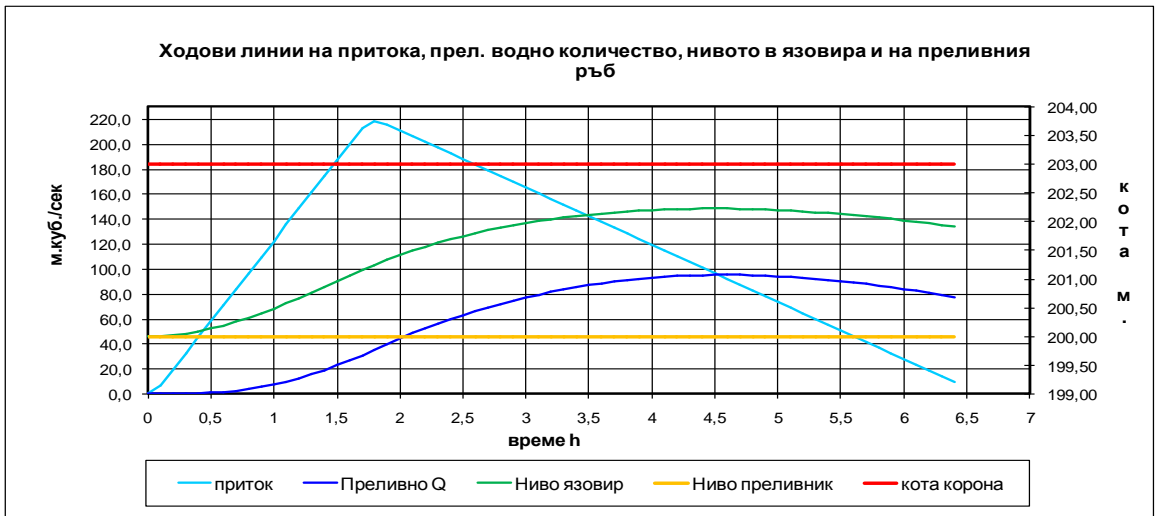
Обемът му на кота НВРВН=200 е 1,7 млн.м.куб. Поради липса на данни са приети стойности за връзката $Z=f(V)$ над кота 200 (фиг. 4). Под нея тази връзка не е необходима.

В реален случай тази операция трябва да се направи грижливо, защото от точността на кривата $Z=f(V)$ зависи големината на ретензирания обем и точността на изчисление на преливната височина.

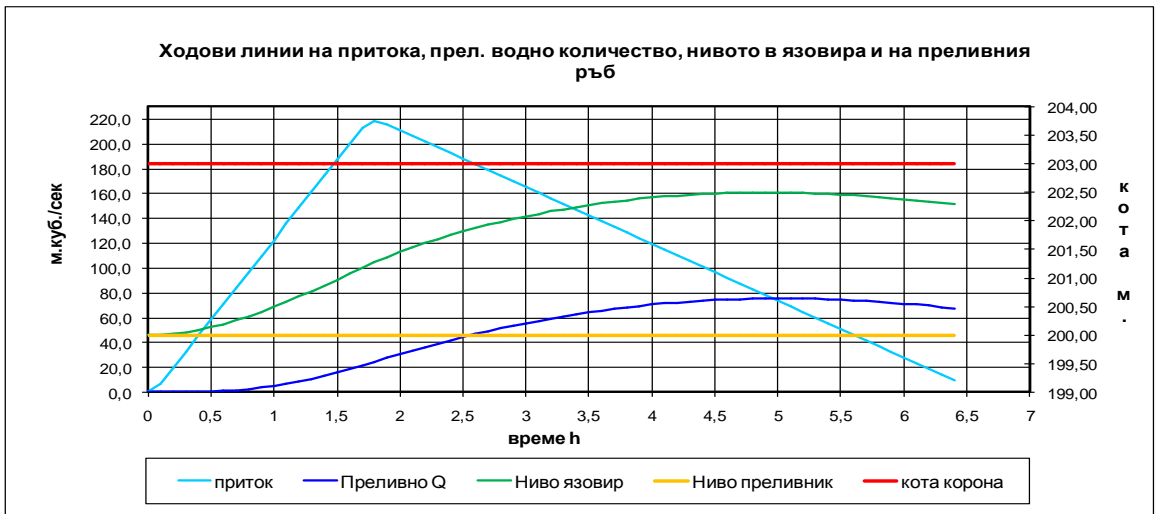
Приета е кота на короната 203. Проверява се при преливник с дължина 15 и 10 м. Работи основен изпускател с диаметър 0,8 м. Водовземане няма. Първото изчисление е извършено при начален обем 1,2 млн.м.куб (свободен обем 0,5 млн.м.куб.) и преливник дълъг 15 м. На фиг. 5 са показани резултатите. Очевидно няма опасност стената да прелее, защото нивото на езерото достига до 202 м. На следващите фиг. 6 и 7 са показани резултатите при случай без свободен обем и дължина на преливника, съответно 15 и 10 м. Вижда се, че и при този случай няма опасност за стената да бъде прелята, даже и при преливник дълъг 10 м, защото максималното покачаване на водното ниво остава с 0,5 м под котата на короната.



Фиг.5



Фиг.6



Фиг.7

VI. УСТАНОВЯВАНЕ НА БЕЗОПАСНОСТТА НА ЯЗОВИРНИТЕ СТЕНИ ОТ ПРЕЛИВАНЕ ПРЕЗ КОРОНАТА

Съгласно **Норми за проектиране на хидротехническите съоръжения, Основни положения**, издадени от Министерството на строителството и селищното устройство и Министерство на енергетиката през 1985 г, разглежданите в тази методика язовирни стени като правило се класифицират като водоподпорни съоръжения от **IV клас**.

Облекчителните съоръжения на този клас язовирни стени се проектират да провеждат **максимални водни количества с изчислителна обезпеченост, равна на 1%. За пропускането на висока вълна обикновено се разчита само на преливниците**. Ал. 3 на чл. 10 на споменатите по-горе **Норми** предписва преминаването на язовирната стена в по-горен клас (следователно и на облекчителните ѝ съоръжения), ако **при повреда или разрушение би се застрашил живота на населението** в долуразположени населени места. В такива случаи проверката трябва да се прави за ВВ с обезпеченост 0,5% или даже 0,1%.

Всички язовирни стени, третирани от настоящата методика, независимо от предназначението им, трябва да бъдат проверявани срещу преливане при ВВ с 1% или 0,1%, ако няма убедителни данни за извършена такава проверка при проектирането или по-друг начин при условията на цитираните норми. Проверката трябва да се извърши при пълен до кота НВРВН язовир и затворен изпускател, освен при ретензионните язовири. Ако тази проверка показва повишаване на нивото на езерото при ВВ до кота по-висока от 0,5 м под короната, това означава, че има опасност от преливане. Тогава може да се правят проверки с наличие на свободни обеми в язовира, ако има гарантирана възможност за тяхното осигуряване. Ако това не е възможно, трябва да се помисли за промяна на статута и ползването на язовира или да бъде разрушен.

Разгледаният в предишния раздел пример показва какви могат да бъдат най-важните оценки, свързани с безопасността на разглежданите язовирни стени. От тях може да се заключи, дали за язовира при набелязаната обезпеченост не съществува опасност от преливане, когато е пълен, или когато в него има определен празен обем при навлизането на вълната. Изчисленията могат да покажат, че и напълно празен, язовирът може да бъде прелят и разрушен. Пример за това е язовир Езерче 1, при който ВВ с обезпеченост над 1% е имала обем 3 пъти по-голям от обема на язовира, като само при подем обемът ѝ е бил колкото обема на язовира.

Търсене на възможности и начини за оставяне на празни обеми за поемане на ВВ в разглежданите язовири трябва да се прави, само когато при навлизане на ВВ с обезпеченост 1% или 0,1% в езеро, пълно до кота преливник, има опасност стената да прелее и язовирът да се разруши. Тази проверка трябва да се прави при всички видове язовири. Ако такава опасност не е налице, управляването на полезния обем на язовира не е наложително, когато това води до въвеждане на допълнителна дейност и грижа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящата методика в сбит вид излага необходимите оценки, за описване на техническите параметри, състоянието, начина на водоползване заедно с приблизителните методи за определяне на необходимите максимални полезни обеми и месечните напълвания без налични хидроложки измервания за притока. Описани са възможностите за освобождаване на обеми за поемане на ВВ въз основа на тези приблизителни оценки.

Въз основа на одобрена национална методика на НИМХ се описва метод за оценка на върха, формата и обема на ВВ в малки водосбори. Основа на методиката е карта с оценени по райони и надморски височини стойности на денонощния максимум на валеж с 50% обезпеченост, от която с преводни коефициенти се получава денонощния максимум с желаната обезпеченост. Използват се също таблици с коефициенти за оценка на отточния коефициент и на регулиращите възможности на водосбора. Методиката е приложена на конкретен пример и реалистичността на резултата е преценена чрез съпоставяне с оценки, извършени при реалните наводнения.

Съставен е алгоритъм и е програмирана електронна таблица за изчисление на ретензията на язовир с и без свободен обем. Таблицата е изпробвана за изчисление на различни варианти на ретензията на ВВ на язовир и е предназначена да се използва в практиката чрез въвеждане на конкретните входни данни.

Дадени са указания за оценка на безопасността от преливане на разглежданите в методиката язовири.