



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 ОБЕМИ В
ЯЗОВИРИТЕ ПО ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ОТ
ЗАКОНА ЗА ВОДИТЕ ЗА ПОЕМАНЕ НА
ОЧАКВАН ПРИТОК**
Том I

По договор с МОСВ от 13.09.2011 г.

Ръководител проект:

Доц. д-р инж. Игор Няголов

Септември 2012

ИЗПЪЛНИТЕЛСКИ КОЛЕКТИВ

1. Проф. д-тн. инж. Оханес Сантурджиян – главен ключов експерт и изпълнител, обща редакция, автор на раздели I, IV.3, V и VI, приложения 3 до 9.
2. Доц. д-р инж. Ваня Йончева – ключов експерт, автор на раздел III, приложение 1.
3. Доц. д-р мат. Ани Йорданова – ключов експерт, автор на раздел IV.1, приложение 2.
4. Гл. асист. д-р инж. Олга Ничева – ключов експерт, автор на раздел VII, приложение 11..
5. Доц. д-р инж. Снежана Балабанова – автор на раздел II.
6. Проф. д-р Марин Радков - автор на раздел IV.2, приложение 3
7. Гл. асист. инж. Донка Шопова – изчисления със софтуер, систематизация и обработка на данни
8. Инж. Людмила Апостолова – обработка данни, техническа помощ
9. Инж. Сашка Стефанова – обработка данни, техническа помощ.

СЪДЪРЖАНИЕ

Абревиатури и използвани по-важни понятия:

Резюме

I. Цели и основни части на методиката

I.1. Анализ на целите на методиката

I.2. Основни части на методиката

II. Кратко описание на възможностите за съставяне на хидрометеороложки прогнози за очакван приток в язовири

II.1. Прогнозиране на притока в язовир

II.2. Метеорологична прогнозна информация

II.3. Друга информация и заключение

III. Определяне на редиците на максималните годишни водни количества и на връзката им с обема на съответстващите ВВ. Подбор на формата и оценка на представителността на редиците. Построяване на емпиричната и теоретичната криви на обезпеченост

IV. Определяне на необходимия полезен обем за задоволяване на водоползването, на ограничителните месечни напълвания за освобождаване на обеми за поемане на високи води, на минималните месечни напълвания и на лимитите за изпускане и водоподаване от едноцелеви и многоцелеви язовири

IV.1. Оценка на разполагаемия воден ресурс в язовира, представен чрез месечни редици на притока

IV.1.1. Цел и видове оценки

IV.1.2. Оценка за представителността на редицата

IV.1.3. Оценка на статистическите параметри на редицата

IV.1.4. Построяване на емпиричната и теоретичната крива на обезпечеността на годишния приток

IV.1.5. Генериране на синтетични редици на месечния приток

IV.2. Оценка на настоящото и очакваното в рамките на прогнозен период водоползване

IV.2.1. Общи бележки

IV.2.2. Определяне на водоползването за водоснабдяване

IV.2.3. Определяне на водоползването за напояване

IV.2.4. Определяне на водоползването за енергопроизводство

IV.2.5. Определяне на водоползване за оводняване

IV.2.6. Оценка на загубите от изпарение и филтрация

IV.2.7. Заключение бележки

IV.3. Определяне на необходимия полезен обем за задоволяване на водоползването, на ограничителните месечни напълвания за освобождаване на обеми, на лимитите за изпускане на «излишни» води и водоподаване от многоцелеви язовири

- IV.3.1. Уводни бележки
- IV.3.2. Общи принципи на методиката за определяне на полезния обем на язовира и обезпечеността на водоползвателите
- IV.3.3. Кратко описание на предназначението, структурата и работните опции на програмата за РС "RESERVOIR1"
- IV.3.4. Подбор на представителен единичен годишен хидрограф на месечното разпределение на притока
- IV.3.5. Определяне на максималния ползлем обем, ограничителните и минималните месечни напълвания (ОМН_i и ММН_i) и лимитите за изпускане на води и водоподаване от язовирите
 - IV.3.5.1. Общи съображения
 - IV.3.5.2. Язовири с група водоползватели с еднакъв приоритет
 - IV.3.5.3. Язовири с две групи водоползватели с различен приоритет
 - IV.3.5.3. Язовири с три групи водоползватели с различен приоритет

V. Определяне на размера на запазения свободен обем

V.1. Общи съображения.

V.2. Определяне на размера на свободния обем.

VI. Дейности и оценки за освобождаване на обеми за очакван голям приток

VII. Определяне на $Q_{\text{махпрел}}$ при частично акумулиране на ВВ от свободния обем или при ретензиране на ВВ при пълен язовир

ПРИЛОЖЕНИЯ:

- 1. Приложение 1** - Определяне на редиците на максималните годишни водни количества и на връзката им с обема на съответстващите ВВ. Подбор на формата и оценка на представителността на редиците. Построяване на емпиричната и теоретичната криви на обезпеченост.
- 2. Приложение 2** – Оценка на водния ресурс – притока в язовира.
- 3. Приложение 3** – Оценка на водоползването и обезпечеността за задоволяването му в (прогнозен) бъдещ период.
- 4. Приложение 4** – описание на функциите и структурата на програмата за РС "reservoir1". Описание на входните данни и резултатите.
- 5. Приложение 5** – Подбор на представителен единичен годишен хидрограф на месечното разпределение на притока.
- 6. Приложение 6** – Определяне на МПО, ММН, ОМН и лимити на язовир с група водоползватели с еднакъв приоритет.
- 7. Приложение 7** – Определяне на максимален ползлем обем и ограничителни месечни напълвания на язовир с две групи водоползватели с различен приоритет.
- 8. Приложение 8** – Определяне на максимален ползлем обем и ограничителни месечни напълвания на язовир с две групи водоползватели с различен приоритет.
- 9. Приложение 9** – Определяне на размера на запазения свободен обем в язовирите.
- 10. Приложение 10** – оценки и процедури свързани с освобождаване на обеми за поемане на очакван приток.

11. Приложение 11 – алгоритъм и програмирани електронни таблици в Excel за определяне на преливното водно количество при язовирни стени за преливници с и без затворни органи (клапи и сегментни затвори).

Файли с програмирани таблици в Excel:

1. „Лимити.водоп.1приор.xls;

2. - „РетензияИзчисл.Qпрел.xls”;

Софтуер RESERVOIR1.exe

RESERVOIR1.for, Balanse1.for, Balanse2.for, Balanse3.for.

АБРЕВИАТУРИ:

МПО – максимален полезен обем на язовира;

СО – постоянно свободен (ретензионен) обем за поемане на висока вълна;

БО – буферен обем;

ОМН – ограничителни месечни напълвания за изпускане на води за освобождаване на обеми;

ОМН_i - ограничителни месечни напълвания за водоподаване на потребителя с по-нисък приоритет от потребителя с приоритет „i“;

ММН_i – минимални месечни напълвания за потребител с приоритет „i“;

ПО – полезен обем;

МО – мъртав обем;

КО – компетентен орган, органът, контролиращ източването и преливането на язовира;

ВСБ – водностопански баланси;

ОГИ – оразмерителна група извадки – група от последователни редици на месечния приток в многогодишен период с дължина равна на прогнозния период;

ВПр – вероятност на превишение;

ЕХССР – единичен хидрограф със средностатистическо разпределение на месечните обеми;

ХССР - хидрограф със средностатистическо разпределение на месечните обеми;

ОН – ограничителни напълвания в текущия момент;

НВРВН – най-високо работно водно ниво;

НВВН - най-високо водно ниво;

ВВ – висока вълна;

БХР – базова хидроложка редица;

ПП – първоприоритетен потребител;

ВП – второприоритетен потребител;

ТП – третоприоритетен потребител;

V_{сез.} – максималният полезен обем, който е необходим на язовира за да регулира изцяло годишен приток равен на обема на потреблението и със средностатистическо разпределение на месечните обеми.

ИЗПОЛЗВАНИ ПО–ВАЖНИ ПОНЯТИЯ

Обезпеченост по години – отношение между броя на годините, в които водоползването е задоволено 100% към всички години на периода, за който се прави оценката. Тя е основен (условен) водностопански показател за нормативна оценка на степента на осигуреност на потреблението.

Обезпеченост по месеци – отношение между броя на месеците, в които водоползването е задоволено 100% към всички месеци на периода, за който се прави оценката. Тя е спомагателен показател за разпределението на дефицитите.

Обезпеченост по обем - отношение между обема на подадената вода и обема на поисканата такава (обема на нуждите) от водоползвателите. Тя е абсолютен водностопански показател за степента на задоволяване на потреблението. Съвместната оценка с трите обезпечености позволява да се оцени разпределението на дефицита в годините и месеците с недостиг на вода.

Многоцелеви язовир – язовир с две или три групи независими потребители с различни приоритети.

«Оразмерителен» приток – месечен хидрограф на годишен приток с обем равен на разходите (потребление плюс загуби), с пълното регулиране на който се задоволява потреблението със 100%. В методиката той се използва за определяне на неравномерността на месечните напъвания на язовира.

Водоползвател – който отнема вода от язовира за различни цели. В методиката не се прави разлика между водоползвател и водопотребител.

Водностопански баланс – водобалансови оценки на язовирите, при които се определят необходимите полезни обеми за задоволяване на дадено водоползване с исканата обезпеченост или се определя обезпечеността на задоволяването му при зададен полезен обем на язовира.

Месечно напъване на язовир - това е водния обем, който е достигнат в язовира в края на месеца.

Ретензия на ВВ - задържане на ВВ от язовира. Когато в язовира има свободен обем там се задържа цялата ВВ или част от нея. Когато язовирът е пълен, ВВ се задържа от обема между НВРВН и НВВН, през което време прелива, но с много по-малко водно количество от количеството на върха на ВВ.

Вероятност на превишение - вероятността в % на една величина да получава стойност равна или по-голяма от определена стойност. Например ако $Q_{\max}=1000$ има годишна вероятност на превишение 2% това означава, че само в 2% от годините на периода $Q_{\max}\geq 1000$ или $Q_{\max}=1000$ има обезпеченост 2%. Вероятност на превишение и обезпеченост са еквивалентни понятия.

Период на повторение – използва се за събития. Означава периодът, в който дадено събитие се повтаря. Например, ако периодът на повторение на $Q_{\max}=1000$ е 50 години, това означава, че $Q_{\max}=1000$ има обезпеченост или вероятност на превишение 2%.

Крива на обезпеченост – определя обезпечеността, с която една случайна величина може да е равна или по-голяма от определена стойност. От нея може да се отчете обезпечеността на дадена стойност на величината или стойността ѝ при зададена обезпеченост.

Емпирична крива на обезпечеността – получена от наличното множество N стойности на величината чрез тяхното низходящо по стойност подреждане в редица и изчисление на обезпечеността на всяка една от тях, например по израза $P = n/N + 1$, като n е n -тия по ред член от редицата.

Теоретична крива на обезпечеността – апроксимация на емпиричната крива със специални изрази с цел екстраполиране на същата и отчитане на стойности на

величината с екстремно малки ($\ll 1\%$) или екстремно големи ($\approx 100\%$) обезпечености.

Обем на язовира – ще се подразбира полезен обем на язовира – обемът между МО и НВРВН.

РЕЗЮМЕ

Методиката разглежда проблемите свързани с управлението на напълванията на язовирите, при които преливането е ограничено поради създаване на риск от наводнения под тях, и с управлението на водоподаването за задоволяване на нуждите с цел осигуряване на приоритетите на водоползвателите и въвеждане на икономии при навлизане на язовира в зоната на воден дефицит. Тя дава научно-обосновано решение на горепоставените проблеми при значимите едноцелеви и многоцелеви язовири в България чрез използване на инженерната логика и методите на хидротехниката, хидрологията, регулирането на оттока, математическата статистика и теорията на вероятностите. Тя е приложима за язовирите, при които има регистрирани дневни последователности (редици) на притока в многогодишен период и планирано потребление със зададен месечен график, независимо дали са включени или не в списъка на Приложение 1 на ЗВ.

В това разширено резюме е изложено в съвсем сбит вид логиката и най-същественото от методиката, както и стъпките и алгоритъма на извършване на различните оценки. В текста на методиката те са обяснени по-разширено с необходимата подробност, но пак доста сбито. В приложенията 1 до 11 има по-обширни обяснения с подробно изложение на приложението на всички елементи на методиката на примери с реални данни.

Методиката описва необходимите изчисления и оценки за определяне на:

– **свободни обеми за поемане на очакван приток с цел частично или пълно предотвратяване на преливане, предизвикващо риск от наводнения след язовира и**

– **месечни лимити за водоподаване с разпределение на водите на язовира при настъпване на воден недостиг съгласно приоритетите на водоползвателите по ЗВ без използване на оптимизационни процедури за водоразпределение.**

Предпазването от преливане на язовира се постига чрез поддържане на **постоянно свободен обем и/или оперативно освобождаване на обеми** текущо в годината. За осигуряване на последните компетентният орган (КО) трябва да определя ежемесечно **лимити за изпускане** в зависимост от наличния воден обем в язовира в началото на месеца или да определя „**контролни**” **обеми**, които трябва да не бъдат надвишавани в края на текущия месец.

Поддържането на постоянно свободен (ретензионен) обем (СО) е най-ефективната мярка за поемане на ВВ или висок приток. Тя е необходима, когато има ограничение на преливането на язовира и е временна мярка. **СО е възможен, докато язовирът може да задоволява водоползването без този обем.**

За определяне на необходимия размер на свободния обем трябва да се определи върхът, формата и обема на ВВ с обезпеченост, съответстваща на обезпечеността, с която не трябва да се надвишава допустимото водно количество $Q_{\text{доп}}$ след язовира. Свободният обем се определя така, че преливното водно количество $Q_{\text{прел}}$ след ретензията на ВВ да не превишава $Q_{\text{доп}}$. ВВ може да се определи въз основа на редица от измерени годишни максимални водни количества със съответните преминали обеми в хидрометрична станция преди язовира или когато няма такава, да се подбере по определен начин от максималния дневен приток в язовира, определен при съставяне на неговия баланс. Редицата се оценява статистически за хомогенност и достатъчност на дължината η и се построява нейната емпирична и теоретична крива на обезпечеността. От нея се отчитат ВВ с малки обезпечености (5%, 1%, 0,5%, 0,1%)

необходими за определяне на обема на СО и $Q_{\text{прел}}$. Методиката описва подробно начина за определяне на тази ВВ и на изчисление на ретенцията и $Q_{\text{прел}}$.

За определяне на възможността за оставяне на свободен обем с необходимия размер трябва да се извършат водностопански изследвания и да се определи необходимият максимален полезен обем на язовира, при който водоползването от него ще бъде задоволено с исканата обезпеченост. Сравнението на този МПО с действителния полезен обем ще покаже колко голям може да бъде СО и дали той въобще е възможен.

Оперативното освобождаване и поддържане на свободни („контролни“) обеми през годината също има за цел да поеме приток по-голям от необходимия за задоволяване на потреблението, както и да поеме ВВ. Свободните обеми в различните периоди на годината в един язовир се ограничават от обемите, които трябва текущо да са налице за да може язовирът да регулира сезонно и многогодишно притока и задоволява водоползването. За целта също трябва да се извършат водностопански изследвания и да се определят необходимите месечни напълвания (ОМН), които да ограничават изпускането на води за освобождаване на обеми. Тези напълвания са различни всеки месец, като се изменят между минимална и максимална стойност. Максималната стойност е равна на максималния полезен обем (МПО) на язовира. **ОМН определят минималните обеми, до които може да се изпразва езерото за поемане на голям приток. Когато такива обеми не са необходими или са необходими по-малки обеми, не е рационално да се изпразва езерото до ОМН.**

КО, който контролира тези обеми, спуска всеки месец лимити за изпускане, за определянето, на които е необходимо да се изчислят тези ОМН. Тези напълвания всъщност трябва да са така наречените „контролни обеми“, които МОСВ определя за язовирите от Приложение 1 на ЗВ.

В месеците в годината, когато ОМН е равен или близък до МПО и заема целия обем на язовира не може да се изпускат води за опразване на обеми. Тогава, ако при този язовир не се предвижда СО, възможностите на язовира да поеме висока вълна и да прелее в допустимите граници зависят от срока на предупреждение за формирана ВВ, капацитета на водоотвеждащите съоръжения и ретенционната способност на езерото. За да се знаят и оценят тези възможности трябва да се изчисли ретенцията на ВВ с необходимата обезпеченост (1%, 0,5% или 0,1%) при пълно включване на водоотвеждащите съоръжения при пълен язовир.

През различните месеци може да се поддържат различни свободни обеми. Възможностите на преливане зависят от екстремните стойности на месечния приток и също от капацитета на водоотвеждащите съоръжения и ретенционната способност на езерото. Трябва да се определят месечните обеми на притока с малки обезпечености и да се оцени възможността от преливане при възможния свободен обем за месеца при работа на водоотвеждащите съоръжения при пълен капацитет. Методиката описва начините на извършване на горните оценки.

Понякога може да се окаже, че капацитетът на водоотвеждащите съоръжения е достатъчно голям за да може месечният приток с исканата обезпеченост да се отведе така, че при преливането да не се надвиши допустимото водно количество след язовира. **Тогава няма да се налага предварително освобождаване на обеми.**

Определянето на месечни лимити за водоподаване за задоволяване на нужди зависи от наличния в началото на месеца обем на язовира. Ако той е под определен минимален обем (ММН) значи, че съответният водоползвател е влязъл в зона на дефицит и ограничено водоподаване. Когато той е навлязъл под ограничителен обем $ОМН_i$ (при водоползватели с различни приоритети) на него не се полага такава. При едноцелеви язовири (с водоползватели с еднакъв приоритет)

може да се определят минимални месечни напълвания, които определят границата на зоната на дефицита. При язовири с водоползватели с повече различни приоритети (до три) се предписват правила за водоподаване и обемът на язовира се разделя на зони, които определят ограниченията за водоподаване на потребителите според техните приоритети. Тези правила осигуряват абсолютно спазване на приоритетите, така че всяка група водоползватели да бъде задоволена съобразно нейната обезпеченост.

За определянето на СО, оперативно изпразване или поддържане на „контролни обеми”, на лимити за изпускане и водоподаване при един язовир, е обезпечено необходимо изчисление на водностопански баланси (ВСБ) за определяне на МПО, ОМН и ММН при които, водоползвателите с различни приоритети се задоволяват с необходимите обезпечености.

ВСБ се състоят в изчисление на баланса между притока и разхода (потребление плюс загуби) от язовира и оценка на обезпечеността на задоволяване на потреблението през многогодишен период. **Много важно за практическата приложимост на определените СО, ОМН и ММН е актуалността и надеждността на оценката на разхода и притока.**

Притокът се представя от измерени чрез ХМС или дневния баланс на язовира многогодишни последователности (редица) на месечния приток в язовира (БХР). Редицата се оценява чрез статистически методи за представителност (хомогенност, достатъчна дължина, тренд). Построява се нейната емпирична и теоретична крива на обезпечеността, която е необходима при генериране на моделирани 500 или 1000 годишни редици на притока за по-детайлни ВСБ, което при достатъчно дълга БХР не е задължително. Методиката за статистическа оценка е еднаква за редицата на ВВ и за месечния приток.

За оценката на годишния обем и месечното разпределение на различните видове потребление в избран прогнозен период е дадена подробна методика. Подчертава се, че тази оценка трябва да се съобрази с актуалното потребление от язовира през последните няколко години и тенденциите на неговото изменение. Това може да се отчете от дневния баланс на язовира, който трябва оперативно да се води при значимите язовири.

Целта на ВСБ е определяне на МПО на язовира, при който се постига исканата обезпеченост на водоползването. Оценката на тази обезпеченост в методиката се извършва за възможните реализации на притока в ограничен бъдещ период от **М** години, в който може да се прогнозира достатъчно надеждно потреблението и в който не се очаква съществено изменение на притока предвид климатичните промени.

Описан е **концептуално нов подход** за извършване на тази оценка. Броят **В** на реализациите на притока (редици на месечния приток за годините на прогнозния период) се определя като извадки от БХР или генерираната на нейна основа моделирана редица по предписан начин. Оценката на обезпечеността се прави чрез баланс между притока и разхода за всяка или за част от тези извадки на притока. Тези реализации, състоящи се от месечните редици на притока за **М** години, са наречени „оразмерителна група извадки” (ОГИ). За всяка извадка се получава по една оценка, а за ОГИ – множество оценки на обезпечеността. От него може да се определи вероятността на превишение за всяка оценка и конкретно за тази от тях, която е необходима за водоползването. **При този начин на определяне на обезпечеността се налага, освен исканата обезпеченост на потреблението за прогнозния период, да се набележи и исканата вероятност на превишение (ВПр) на тази обезпеченост за всички реализации на притока през този период.** Например 90% Впр означава при 90% от всички реализации (извадки) на притока да е налице тази или по-голяма от нея обезпеченост. Този подход е приложен при определяне на МПО, ОМН и ММН за язовирите с една, две и три групи

водоползватели с различен приоритет. За изчисляване на балансите е създадена програма за РС **RESERVOIR1** на език Фортран 77.

При зададени начален и МПО, БХР, дължина на извадката (прогнозният период), големината на ОГИ и нуждите за 12 месеца в годината, **RESERVOIR1** изчислява за всяка извадка баланса между притока и разхода от язовира за равни интервали от време (месец), в резултат на което се изменя неговият обем между МПО (когато прелива) и 0 (когато подадената вода се ограничава от притока). Определя броя на годините и месеците, в които има пълно задоволяване на нуждите и изчислява за всяка извадка обезпечеността по години, месеци и по обем. Като резултат извежда обезпеченостите на всеки потребител за всяка извадка и с изчислената емпирична вероятност на превишение. При многоцелеви язовири с две или три групи водоползватели с различни (до 3) приоритета водоподаването се ограничава според приоритетите по зададени правила така, че да се осигури желаната обезпеченост за всяка група водоползватели. Програмата работи в две опции – „оразмерителна“ и „тестваща“.

Първата опция се използва за оценъчни сметки - определяне на необходимия МПО на язовира за постигане на зададени обезпечености на потребителите при желани вероятности на превишение (ВПр) или определяне на последните при разполагаемия МПО. Втората опция изчислява обезпеченостите на водоползването при вече определен МПО, получени при „реално“ управление на язовира при задаване на прогнозен приток и изпускане на води. То се симулира чрез изтакане, съгласно определените в началото на месеца лимити за изпускане и водоподаване и намаляване на водоподаването чрез частично или пълно отчитане на дефицита при навлизане в неговата зона за ПП. Изпълнимият модул и фортрановият текст на програмата се прилагат към методиката.

При съставянето на методиката за определяне на МПО язовирите не се разделят на сезонни и многогодишни, защото това не се отразява на начина на определянето на МПО. Малко или повече всеки язовир е многогодишен изравнител, тъй като месечната вариация на притока е толкова разнообразна и голяма, че винаги се налага язовирът да акумулира обеми от предходни години за да компенсира големите разлики на месечния приток в година с много голяма месечна вариация. Истински многогодишните изравнители се отличават с големи полезни обеми, 1,5-2 пъти надвишаващи обема на потреблението.

Определянето на ММН, ОМН и МПО на язовир с водоползватели с еднакъв приоритет чрез използване на **RESERVOIR1** се извършва на два етапа. **На първия етап** се определят необходимите **ММН** и $V_{\text{сез}}$ чрез цялостно регулиране на годишен приток с месечен хидрограф със средностатистическо разпределение (ХССР). **Целта на това изчисление е да се определи неравномерността на необходимите (ОМН или ММН) напълвания в края на месеца, обусловена от месечните колебания на притока.**

Определянето и обосноваването на избора на ХССР е подробно описано в методиката. **На втория етап** се определя **МПО** и **ОМН**. Итеративно чрез задаване на различни стойности на МПО чрез многогодишно регулиране на притока, представен от извадките на ОГИ, се определя стойността на МПО на язовира, при който се получава исканата **обезпеченост по години и ВПр**. **ОМН** се определят като към **ММН** се добавя разликата $\text{МПО} - V_{\text{сез}}$. — $\text{ОМН} = \text{МПО} - V_{\text{сез}}$.

Определянето на ММН, ОМН и МПО на язовир с водоползватели с два приоритета (примерно водоснабдяване и енергодобив) се извършва също на два етапа, но всеки етап на две стъпки. **На първия етап** се определя **ММН1** и $V_{\text{сез1}}$, и **МПО1** по същия начин като при язовир с водоползватели с еднакъв приоритет. Определят се също $\text{ОМН1} = \text{МПО1} - V_{\text{сез1}}$. **На втория етап** на първата стъпка се определят **ММН2** и $V_{\text{сез2}}$. При това изчисление потреблението е сума от потреблението на двата водоползвателя, а притокът се представя с ХССР2, който

има обем равен на сумата от двете потребления. В програмата при изчисление на баланса, водоподаването за второстепенния потребител се ограничава от **ОМН1**, които се вкарват като входна данна. На втората стъпка при същите ограничения и сумарно потребление, по начина описан при язовир с водоползватели с един приоритет, се определя окончателния **МПО**, при който се получават исканите **обезпечености по години и ВПр** за водоползвателите с различните приоритети. **ОМН** се определят като към **ММН1** се добавя разликата **МПО- $V_{\text{сез.2}}$** . — **ОМН= МПО- $V_{\text{сез.2}}$** .

Определянето на **ММН**, **ОМН** и **МПО** на язовир с водоползватели с три приоритета (примерно водоснабдяване, напояване и енергодобив) се извършва на три етапа, и всеки етап на две стъпки. **На първия етап** се определя **ММН1** и **$V_{\text{сез.1}}$** , и **МПО1** по същия начин като при язовир с водоползватели с еднакъв приоритет. Определят се също **ОМН1= МПО1- $V_{\text{сез.1}}$** . **На втория етап** на първата стъпка се определят **ММН2** и **$V_{\text{сез.2}}$** . При това изчисление потреблението е сума от потреблението на двата водоползвателя, а притокът се представя с **ХССР2**, който има обем равен на сумата от двете потребления. В програмата при изчисление на баланса, водоподаването за второстепенния потребител се ограничава от **ОМН1**, които се вкарват като входна данна.

На втората стъпка при същите ограничения и сумарно потребление, по начина описан при язовир с водоползватели с един приоритет, се определя **МПО2**, при който се получават исканите **обезпечености по години и ВПр** за водоползвателите с първи и втори приоритет. **ОМН2** се определят като към **ММН2** се добавя разликата **МПО2- $V_{\text{сез.2}}$** . — **ОМН2= МПО2- $V_{\text{сез.2}}$** . **ОМН2** служат за ограничение на водоподаването за третия приоритет (ТП). Често това води до необходимост от много големи полезни обеми на язовира, поради което може за ограничение на ТП вместо **ОМН2** да се въведат **ММН2**.

На третия етап на първата стъпка се определят **ММН3** и **$V_{\text{сез.3}}$** . При това изчисление потреблението е сума от потреблението на трите водоползвателя, а притокът се представя с **ХССР3**, който има обем равен на сумата от трите потребления. В програмата при изчисление на баланса, водоподаването за ВП се ограничава от **ОМН1**, а на ТП – от **ОМН2** или **ММН2**, които се вкарват като входна данна. На втората стъпка при същите ограничения и сумарно потребление, по начина описан при язовир с водоползватели с два приоритета, се определя окончателният **МПО**, при който се получават исканите **обезпечености по години и ВПр** за водоползвателите с трите различни приоритета. **ОМН** се определят като към **ММН2** се добавя разликата **МПО- $V_{\text{сез.3}}$** . — **ОМН= МПО- $V_{\text{сез.3}}$** .

Месечните лимити за изпускане и водоподаване зависят от наличния в началото на месеца обем в язовира и прогнозния приток. В методиката се обосновава, че при липса на **реална хидроложка прогноза** за месечния приток, най-целесъобразно е да се приеме за такъв **ХССР**, с който е определена месечната неравномерност на съответните ограничителни напълвания (**ОМН**, **ОМН_i**, **ММН**). Обезпечеността на годишния му обем се оценява от емпиричната или теоретичната крива на обезпечеността на годишния приток, представен от **БХР**. Обезпечеността на месечните му обеми варира около тази обезпеченост. Например, ако **ХССР** има обезпеченост 80%, това означава, че в 80% от случаите годишният обем на действителния приток ще бъде равен или по-голям от този на **ХССР**. При определяне на лимита чрез таблиците-калкулатори **КО** може да приеме и друг прогнозен приток – реална хидроложка прогноза или приток с по-голяма обезпеченост.

Лимитите за изпускане, независимо от броя на приоритетите, се определят от разликата между сумата на наличния обем и прогнозния приток и сумата от нуждите, загубите (изпарението, течове и филтрации) и **ОМН**. Прогнозният приток се приема равен на **ХССР**, с който са определени **ОМН**.

Лимитите за водоподаване за ПП се определят от разликата между сумата на наличния обем и прогнозния приток и сумата от загубите, изпуснатите обеми и ММН1. Прогнозният приток е равен на ХССР1. Когато тази разлика е по-голяма от нуждите, лимитът е равен на нуждите. Когато е по-малък от тях значи язовирът е в зона на дефицит. Когато е по-малък от нула значи дефицитът е дълбок. В двата случая КО решава колко вода да се подаде.

Лимитите за водоподаване за ВП се определят от разликата между сумата на наличния обем и прогнозния приток и сумата от нуждите на ПП, загубите, изпуснатите обеми, и ОМН1. Прогнозният приток е равен на ХССР1. Когато тази разлика е по-голяма от нуждите на ВП, лимитът е равен на тях. Когато е по-малък от нуждите на ВП значи за него има дефицит и се подава колкото е разликата. Когато е по-малък от нула за ВП вода не трябва да се подава. И тук КО решава дали и колко вода да се подаде.

Лимитите за водоподаване за ТП се определят от разликата между сумата на наличния обем и прогнозния приток и сумата от нуждите на ПП и ВП, загубите, изпуснатите обеми и ОМН2 (или ММН2). Прогнозният приток е равен на ХССР2. Когато тази разлика е по-голяма от нуждите на ВП, лимитът е равен на тях. Когато е по-малък от нуждите на ТП значи за него има дефицит и се подава, колкото е разликата. Когато е по-малък от нула за ТП вода не трябва да се подава и КО решава дали и колко вода да се подаде.

Въз основа на тези правила се съставят таблици, в които за дискретни стойности на наличния в началото на месеца обем в язовира са изчислени лимитите за изпускане и водоподаване на ПП, ВП и ТП. Може да се състави в Excel програмирана таблица – калкулатор, в която за зададена стойност на наличния обем в началото на месеца се изчисляват при планираните нужди и прогнозния приток лимитите за изпускане и водоподаване. Може да се задава и реална прогноза за притока, ако има такава.

Правилата за управление на водоподаването и изпускането на обеми са тествани със симулиране на баланса на язовира с RESERVOIR1 при приток, представен с ОГИ. Констатирана е тяхната целесъобразност.

Описана е **методиката за изчисление на преливното водно количество при ретензиране на ВВ в изцяло или частично пълен язовир** с преливник със и без затворни органи..Съставен и описан е алгоритъм за изчисление, който е програмиран в две електронни таблици в Excel – за случая със и без затворни органи. Те могат да бъдат използвани за всякакви видове язовири при триъгълна форма на изменение на водното количество на ВВ чрез въвеждане на необходимите данни в първата изчислителна колона, съответстваща на нулевия момент на процеса на ретензия.

Описан е и е показан на реален пример (данни за яз. „Тополница”) **начина на определяне на необходимостта, възможността и размера на СО** в язовир. За целта трябва да са определени параметрите на ВВ и $Q_{\text{доп}}$ след язовира с обезпеченост $p\%$, и МПО. Чрез изчисление на ретензията се определя необходимия СО за да не се превиши $Q_{\text{доп}}$, а от разликата между действителния и МПО се определя възможния СО.

Описан е и е показан на реален пример (данни за яз. „Тополница”) начина за определяне на възможностите за **оперативно освобождаване и поддържане на свободни („контролни”) обеми** текущо през годината. Линията, свързваща ОМН в годишен период, определя възможните свободни („контролни”) обеми текущо през годината. Чрез нея трябва да се контролира обема на язовира. Лимитите за изпускане служат за указания и ориентир на обслужващия персонал за изпускане на

обеми, но действителното изпускане трябва да се съобразява и с реалния ежедневен приток, няколкодневните хидро-метеороложки прогнози, набрания опит и възможности за форсирано изпускане на води, както и с предписаните ограничения с оглед осигуряване на стабилността на откосите при земнонасипни стени.

Описани са необходимите оценки за определяне на възможността от преливане на язовира през различните месеци през годината и възможностите и необходимостта на язовира да освобождава обеми за поемане на ВВ с кратък срок на предупреждение в месеците, когато не може да има никакъв свободен обем. Последното е необходимо за познаване от обслужващия персонал на оперативните възможности за ограничаване на преливането на язовирите.

Всички гореописани оценки и определените чрез тях обеми и лимити са валидни за водоползване равно или по-малко от планираното такова за прогнозния период. За него трябва да се приеме реалистичен таван, въз основа на водоползването през последните години от язовира и внимателни прогнози за приетия бъдещ период. За препоръчване е оценките да се правят за две или три възможни нива на прогнозно водоползване за да не стане нужда от нови изчисления при по-съществена промяна на водоползването в прогнозния срок.

Методиката е предназначена за приложение от хидроинженери, владеещи работата с компютър, с програмата Excell и имащи основни познания в използването на компютърни програми. Най-важно за овладяване на методиката е усвояването на понятията и боравенето с величините, свързани с регулирането на оттока, което не се изучава много подробно във ВУЗ. Методиката е описана и показано нейното приложение на примери в подробности, заедно с входните данни за програмата RESERVOIR1. Въпреки това, след внимателно запознаване с текстовете и примерите, е необходим двуседмичен практически курс за изясняване на неясни пунктове от нея, каквито неминуемо ще има. За това ще помогне и приложението ѝ за яз. Искър и Тополница.

I. ЦЕЛИ И ОСНОВНИ ЧАСТИ НА МЕТОДИКАТА

I.1. Анализ на целите на методиката

Предмет на методиката е да опише начините за извършване на оценки и за определяне на правила за управление на обема на язовирите, със следните основни цели:

- Да се предотврати или ограничи в допустимите размери преливането на язовирите, при които това води до предизвикване на наводнения след тях;
- Да се осъществи водоподаването за групите водоползватели съгласно тяхните приоритети при многоцелевите язовири така, че да е осигурена безопасността им;
- Да се определи границата на зоната от обема на язовира, под която има условия за възникване на дефицит при водоподаването за съответния водоползвател. Последното е особено важно за водоснабдяването за питейно-битови нужди, за когото недостигът има освен икономическо, но и силно социално значение.

За приложение на методиката е важно да съществува информация за извършване на водобалансови изчисления със съответни водностопански оценки и съставяне на редици на годишните максимални високи вълни (ВВ) за определяне на ВВ с екстремно малки безопасности, с повторемост един път на 100, 500 или 1000 години. Тя трябва да е във вид на регистрирани многогодишни редици на дневния приток в язовира и данни за настоящето и прогнозирано за ограничен бъдещ период потребление с месечен график.

От горните изисквания следва изводът, че методиката може да се прилага за всички язовири, при които тази информация съществува, независимо дали те принадлежат или не към списъка на Приложение 1 към Закона за водите.

От направения по-долу кратък анализ на същността на поставените по-горе цели се очертават съставните части или основни елементи на методиката.

Цел 1. Предотвратяване или ограничаване в допустимите размери на преливането на язовирите

При голяма част от язовирите съществува ограничение на преливното или пропуснатото през изпускателите му водно количество с оглед предпазване от наводнение на земите след тях. По различни начини е установено допустимо водно количество, което може безвредно да се пропусне по коритото на реката след язовира и което според оценките не бива да се превишава по-често от веднаж на 20, 50, 100 или даже повече години.

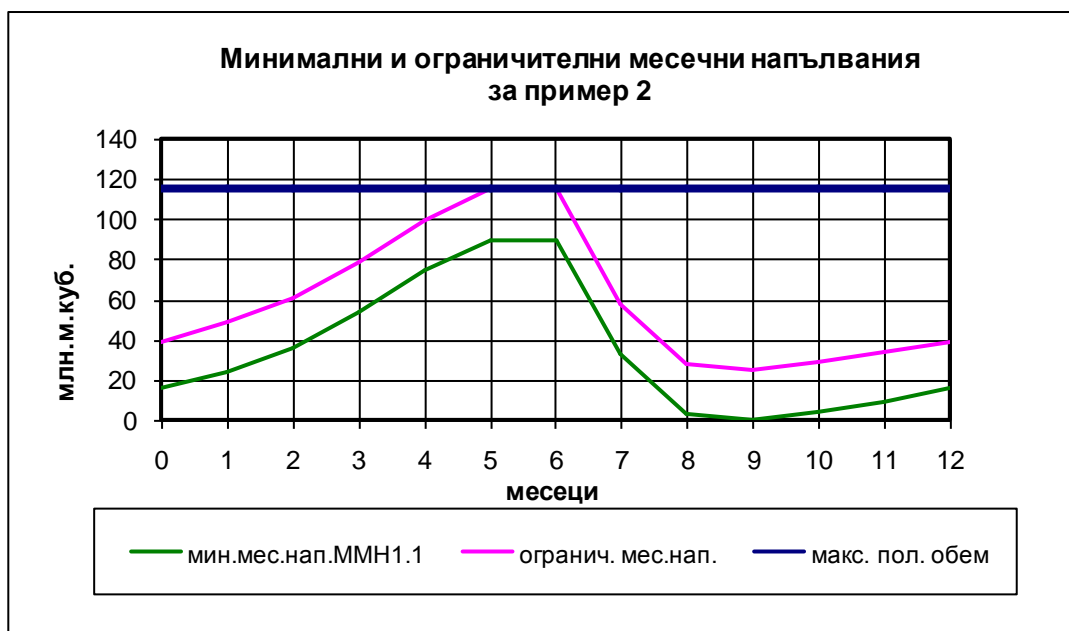
За да се постигне това трябва да има възможност язовирът да поеме и задържи целия или част от голям приток в месечен и по-дълъг срок или висока вълна в няколко дневен срок, чиято честота отговаря на цитираните по-горе ограничения, така че прелялото и изпуснатото водно количество при тяхното навлизане в езерото да е под допустимото.

За да се постигне тази цел трябва в различните месеци в очакване на възможен голям приток да се поддържат празни обеми или да се изпускат води за да се опразнят такива за поемането му. Това, обаче, се ограничава от необходимостта в язовира във всеки момент от годината да са налице обемите (напълванията), чрез които той регулира притока за да задоволи потреблението. Ако се начертае ходовата линия на обема в язовира през годината (розовата линия на

фиг.1.1), ще се види, че той в годишен период се изменя между една минимална и една максимална стойност, която отговаря на максималния полезен обем (МПО) на язовира. Тъй като това са обемите, които ограничават изпускането на води за опразване на обеми ще ги наречем ограничителни напълвания.

В методиката те се получават като първо се определят необходимите месечни напълвания за цялостно сезонно (месечно) регулиране на приток с обем равен на разхода (потребление плюс загуби) и типично месечно разпределение. Условно, с цел лесно позоваване по-нататък, този приток ще наречем «оразмерителен». Те са показани със зелена линия на фигурата. За определяне на ограничителните обеми към тях трябва да се добавят и обемите, необходими за компенсиране на разликите в месечното разпределение на различните реализации на приток с обем равен на разхода, както и обемите за многогодишно регулиране на притока при многогодишните изравнители. Те са необходими на язовира за да задоволи водоползването с необходимата обезпеченост при регулиране на реалния приток в зададен бъдещ период. Тези обеми ще наречем буферни обеми (БО). Тези понятия ще бъдат доизяснени по-нататък.

За илюстрация на писаното по-горе е показана фиг. 1.1. С розова линия са означени обемите, които според водностопанския баланс са необходими на язовира в зададения бъдещ период, за да се задоволи зададено напояване с исканата обезпеченост. Разликата между розовата и зелената линия са БО. Зелената линия очертава минимално необходимите обеми за задоволяване на напояването при приток с обем равен на потреблението и с типично месечно разпределение.



Фиг. 1.1

Следователно обемите, които могат да се изпразват и поддържат свободни са различни през различните месеци на годината и според горната фигура се дават от разликата между МПО (синята линия) и розовата линия. **Има, обаче, един или два месеца в годината, когато язовирът трябва да е пълен и фактически обем за поемане на голям приток не може по правило да се освободи, освен при сигурна прогноза за очакван такъв или висока вълна (ВВ).** Последното е трудна задача и както ще се види от дадените по-нататък описания за възможността за съставяне на хидроложки прогнози, изисква приложение на модели.

Даже да има достатъчно надеждна прогноза за очаквани интензивни дъждове и съответно ВВ, тя ще бъде в срокове, които при пълен язовир са недостатъчни за освобождаване на необходимите обеми за поемането на ВВ. **В такива случаи**

могат да помогнат постоянно запазените свободни обеми (СО), когато това е възможно.

Размерът на СО се определя, съобразявайки се с две изисквания:

а Той да побира такава част от ВВ с обезпеченост равна или по-малка от обезпечеността на допустимото след язовира водно количество $Q_{\text{махдоп}}$, че останалата част да прелива с $Q_{\text{прел}} \leq Q_{\text{махдоп}}$. Например, ако $Q_{\text{махдоп}}$ не трябва да се надвишава по-често от веднаж на 50 години (обезпеченост 2%) СО трябва да побере такава част от ВВ с обезпеченост 2%, че $Q_{\text{прел}} \leq Q_{\text{махдоп}}$;

б. Язовирът да е в състояние да изпълнява стопанското си предназначение, т.е. да задоволява потреблението с необходимата обезпеченост без да използва този свободен обем.

В зависимост от важността на свободния обем може да се правят и компромиси с второто изискване. **Освен това оставянето на СО е временна мярка, която ще се отмени, ако се увеличи водоползването.**

От гореизложеното се стига до извода, че за **контролиране на преливането на даден язовир в допустимите размери** чрез оперативно поддържане или постоянно запазване на СО за поемане на голям приток или ВВ, е необходимо да се **извършат оценки за определяне на размера им. За извършването на тези оценки е необходимо:**

- Да се определят ограничителните напълвания в края на всеки месец (ОМН), формиращи линията на обемите, ограничаващи изпускането на води от язовира («контролни» обеми), както и на лимитите за изпускане в зависимост от обема на язовира в началото на месеца. С последните КО ще упражнява контрол над възможностите за преливане на язовирите;
- Да се определи върхът, формата и обема на ВВ с екстремно малки обезпечености, с които да се определи СО, при който съответната вълна ще прелее с $Q_{\text{прел}} \leq Q_{\text{махдоп}}$;
- Да се направи водностопанска оценка на язовира и се определи възможността язовирът да задоволява актуалното водоползване без част от полезния си обем, оставена постоянно празна за СО.

За изпълнението на първата и третата задача е **необходимо да се състави водностопански баланс на язовира при актуалното водоползване и се определи необходимият максимален полезен обем (МПО) и ограничителните месечни напълвания (ОМН), които осигуряват водоползването с исканата обезпеченост в набелязан прогнозен период.**

За изпълнение на втората задача е **необходимо да се състави многогодишна редица на годишните максимални високи вълни и се построи емпиричната и теоретичната крива на обезпечеността на върховете им.** От нея да се определят ВВ с необходимите периоди на повторение за извършване на оценките на СО. Трябва също да се състави числен модел на изменението на нивото на язовира вследствие на едновременно протичащи процеси на напълване на езерото от ВВ и неговото изпразване през водовземните и изпускателните съоръжения и преливника, когато нивото надхвърли котата на ръба на преливника.

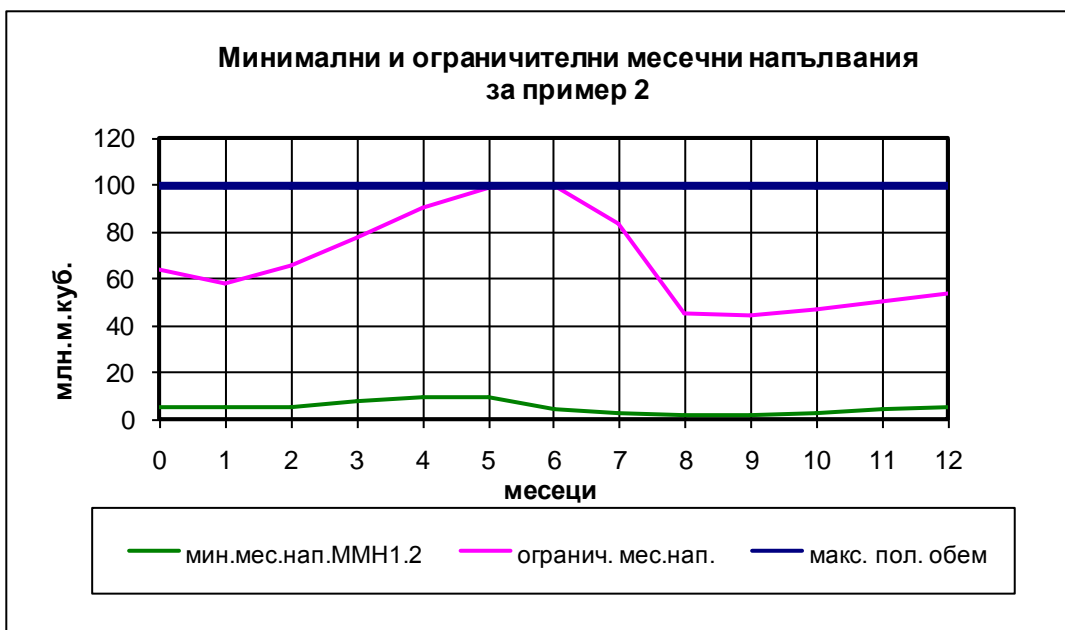
Необходимо е също да се знаят възможностите за съставяне на хидроложки прогнози за очаквания приток в бъдещи срокове с различна дължина.

Цел 2. Спазване на приоритетите на водоползвателите при водоподаването при многоцелевите язовири така, че да е осигурена обезпечеността на задоволяването им

Многоцелеви са тези язовири, при които има повече от един независим водоползвател, който трябва да се задоволява с определена обезпеченост. Не са многоцелеви язовирите с водоснабдителна или напоителна цел, при които има ВЕЦ-ове на подчинен режим. Те могат да бъдат наречени комплексни язовири. По принцип малко са язовирите в България, при проектирането на които са предвидени повече от един значителен и независим водоползвател с различни приоритети. За това са необходими язовири с големи обеми и управлението им е по-сложно. След налагането на необходимостта да се изпускат води за оводняване на коритата на реките след язовирите, обаче, към съществуващите водоползватели се добави още един първоприоритетен водоползвател. При стриктно спазване на Временната наредба на МОСВ за определяне на размера на тези води оводняването на реките се оказва съществен потребител. Така, че фактически сега всеки язовир има поне два независими водоползвателя. За водоснабдителните язовири това не е от значение, защото водоснабдяването и оводняването са с един и същи приоритет и не изискват специално управление на водоподаването. Не е така при язовирите с цел напояване или силодобив.

Управлението на водоподаването със спазване на приоритетите може да се извърши по два начина. При първия начин приоритетите започват да се спазват, т.е. подава се по-малко или никак вода на ползвателя с по-нисък приоритет, когато настъпи воден дефицит – язовирът се изпразни или се преценява, че доближава изпразване. Този начин изисква по-малък МПО на язовира, но той не е целесъобразен и не гарантира обезпечеността на задоволяване на по-високо приоритетния потребител.

При втория начин в обема на язовира се определят зони, отделени с ограничителни напълвания, при достигането на които се прекратява или намалява (по преценка на КО), подаването на вода за по-нископриоритетния потребител. Например на фиг.1.2 е показано зониранието на язовир с водоползватели напояване и оводняване. Със зелена линия е ограничена зоната със запазени обеми за оводняване като първи приоритет. Когато обемът в язовира е в тази зона подава се вода само за оводняване. Когато той е между розовата и зелената линия се подава вода за напояване и оводняване. Обемите над розовата линия подлежат на изпускане за предпазване от преливане. Тези линии свързват с права линия необходимите ограничителни напълвания в края на всеки месец. Това се налага от необходимостта за дискретизиране на времето на месечни интервали при изчисляване на ВСБ.



Фиг. 1.2

За определянето на тези зони трябва първо да се приемат и формулират правила за водоподаване при наличие на групи водоползватели с различни приоритети. Зоните се определят чрез ВСБ и водобалансови изчисления въз основа на наличната информация за притока и актуалното или прогнозирано за ограничен бъдещ период водоползване по зададен месечен график и приетите правила за водоподаване. Контролът върху управлението на тези язовири от КО се извършва чрез ежемесечно определяне на лимити. Определянето на зоните и лимитите трябва да се направи за всеки многоцелеви язовир.

Цел 3. Определяне на зоната от обема на язовира, в която може да има недостиг за пълно задоволяване на нуждите на съответния водоползвател

Целта на определянето на тази зона е КО да знае при какви обеми в язовира има условия за дефицити при водоползването. В методиката е прието линията, която ограничава тази зона, да свързва минималните месечни напълвания, чрез които язовирът напълно регулира «оразмерителния» приток и осигурява пълно задоволяване на нуждите на водоползвателя. Това е зелената линия на фиг. 1.1. Условието за подаване на вода съгласно нуждите е в края на месеца напълването на язовира да \geq на ММН. Когато обемът на язовира е между розовата и зелената линия това условие е изпълнено и се подава вода съгласно планираните нужди или под тях, според актуалните нужди.

Обезпечеността на «оразмерителния» приток, както и на възможността да се достигне до тази зона е оценена. Когато обемът на язовира е под тази линия ще има дефицит при приток даже и равен на «оразмерителния». При навлизане на обема на язовира в тази зона, КО трябва да предприема мерки за компенсиране на недостига и за въвеждане на икономии. Това е особено важно при язовири за водоснабдяване за питейно-битови нужди, за които недостигът има освен икономическо, но и силно социално значение. При напоителни язовири в този случай може да се предвиди преразпределяне и намаляване на поливките. При енергийните язовири с установен месечен график на водоподаване също може да се предвиди ограничаването му. Все пак при последните два вида водоползватели дефицитът има само икономическо значение. При тях тази зона може да се има предвид при управлението на язовира, когато те са основните водоползватели.

За определянето на тази зона трябва да се извършат също водностопански баланси и водобалансови изчисления въз основа на наличната информация за притока и актуалното или прогнозирано за ограничен бъдещ период водоползване по зададен месечен график и правилата за водоподаване. За месечен контрол на водоподаването вътре и вън от тази зона също се извършва чрез спуснати месечни лимити от КО. Определянето на зоната на дефицита и месечните лимити трябва обезателно да се направи за всеки водоснабдителен язовир. Проблемът със сушите през последното десетилетие беше забравен поради зачестилите наводнения, но той може да възникне с цялата си острота отново и е добре поне водоснабдителните язовири да са подготвени за това.

I.2.Основни части на методиката

От направения в I.1 анализ на целите на методиката и задачите, които трябва се изпълнят за постигането им се вижда, че тя трябва да съдържа описание с нагледно приложение на следните основни методи за:

- Съставяне на хидрометеороложки прогнози за очакван приток в язовири;
- Определяне на редиците на максималните годишни водни количества и на връзката им с обема на съответстващите ВВ. Подбор на формата и оценка на представителността на редиците. Построяване на емпиричната и теоретичната криви на обезпеченост;
- Определяне на необходимия полезен обем за задоволяване на водоползването, на ограничителните месечни напълвания за освобождаване на обеми за поемане на високи води, на минималните месечни напълвания и на лимитите за изпускане и водоподаване от едноцелеви и многоцелеви язовири;
- Съставяне на числен модел на изменението на нивото на язовира при напълване от ВВ, изпразване през водовземните и изпускателните съоръжения и преливане;
- Определяне на възможността и размера на запазения свободен обем;
- Дейности и оценки за оперативно освобождаване на обеми за очакван голям приток.

II. КРАТКО ОПИСАНИЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА СЪСТАВЯНЕ НА ХИДРОМЕТЕОРОЛОЖКИ ПРОГНОЗИ ЗА ОЧАКВАН ПРИТОК В ЯЗОВИРИ

II.1 Прогнозиране на притока в язовир

Наличието на надеждни хидрометеороложки прогнози за притока в бъдещи периоди от няколко дни до месец може много да помогне за целесъобразното изпускане на води от язовирите за освобождаване на обеми или за водоподаване при воден дефицит. Реално значение за тази дейност могат да имат краткосрочните и месечните прогнози. НИМХ дава едnodневни хидроложки прогнози основани на метеороложката прогноза, но този срок е много кратък за вземане на ефективни мерки за освобождаване на обеми за поемане на голям приток. За съставяне на по-дългосрочни прогнози е необходимо използването на модели.

Основни модели използвани за прогнозиране на притока

- Хидроложки модели валеж – отток

За прогнозиране на притока в язовирите в чуждата и нашата практика се използват основно два типа хидроложки модели:

- разпределени хидроложки модели като ModCou, SWAT и др., за които за всеки пиксел или хидроложка единица се въвеждат и изчисляват в зададен период определени хидроложки характеристики като валеж, изпарение, инфилтрация и отток. Тези модели са подходящи за големи водосбори при познаване на топографията на терена, структурата на почвата, растителното покритие и др. данни формиращи оттока. Въвеждат се климатичните данни като валеж, температура, слънчево греене, влажност на въздуха и др. през зададен интервал. Получава се като резултат дневният или месечният отток в зададен прогнозен период от водосбора на язовира. Моделите се използват за прогнозиране на притока въз основа на прогноза на климатичните характеристики чрез климатични модели;

- модели със съсредоточени параметри (lumped) модели като NAM, MIKE11, HEC HMS и др., при които общият водосбор е разделен на отделните подводосбори, за които се задават данни за валежа и се изчисляват хидроложките характеристики. Моделът се управлява от няколко параметъра, като процент на оттичане (storage coefficient) и време на дотичане до отвеждащата река, за която се задават наклони и други хидравлични параметри. Основните параметри за всеки подводосбор се определят чрез калибриране за конкретен водосбор към дадена хидрометрична станция и исторически данни. Тези модели са подходящи за по-малки водосбори.

И двата модела изискват предварителни изследвания, калибриране за определяне на параметрите им за конкретните водосбори. Чрез тях може предварително да се определи възможният приток в определен бъдещ период, предизвикан от валежи с различен интензитет и обезпеченост в същия период. Могат да се използват и в реално време за оперативно краткосрочно и по-дългосрочно прогнозиране на притока.

- Прогнозиране на дневния приток към язовирите с помощта на невронни мрежи

Изкуствените невронни мрежи са известни още като модели “черна кутия”. Те са използвани за първи път в хидрологията през 1932 г от Шерман. Той създава инженерен модел за трансформирането (привеждането) на валеж към отток в крайната точка на водосбора. Образецът за “черна кутия” моделиране е прост- за контролната единица (водосбора) се избира математически функции, които конвертират входящата информация (например редици с валеж и температура) в

изходяща информация (например отток). Използват се за прогнозиране в реално време с използване на хидроложки редици. Този метод е алтернатива при динамично прогнозиране - при бърза промяна на променливите.

Входни данни за създаване на такъв модел са исторически редици с хидроложки и метеорологични данни. Данни за оперативно прогнозиране са прогнозираните метеорологични данни от краткосрочния метеорологичен модел ALADIN или други атмосферни модели.

Методът е чисто феноменологически и се основава на осъзнати от модела неясни закономерности на връзката между регистрирани валеж и температура (или отток при липса на валеж) в минал период и притока в настоящия момент. Наподобява се на "инстинктивното" усещане на връзките между нещата на човешкия мозък. Това се постига чрез калибриране на модела, т.н. обучение.

Прогнозиране на притока към язовирите чрез определяне на притока от реките към язовира

Най-общо това може да се опише с уравнение (1).

$$Q = k_1 Q_1 + k_2 Q_2 + \dots + k_n Q_n \quad (1)$$

където:

Q е притокът към язовира;

Q₁... Q_n са водните количества, измерени при хидрометричните станции на речните притоци към язовира;

k₁...k_n са отточните коефициенти, които са функция на условията във водосборната област.

Водните количества от притоците се комбинират като се вземе в предвид времето на дотичане от съответната хидрометрична станция до язовира. Този метод е по-скоро за ранно предупреждение за ВВ формирана далеч преди язовира. При нашите планински условия и водосбори срокът за предупреждение е в рамките на часове до половин ден. Той може да послужи за алармиране на управлението на язовира и дава приблизителна представа за размера на очаквания голям приток.

Прогнозиране на притока към язовирите с използване на II.1.1.4 регресионни модели

При тези модели прогнозираният приток към язовира е функция на един или няколко фактора и могат да се разделят на:

- *Еднофакторна линейна регресия.*

При регресионния анализ се изследва влиянието на една величина върху друга като например влиянието на притока в язовира от предходни периоди или влиянието на валежа от предходни периоди.

- *Еднофакторна линейна регресия с използване на исторически данни за наблюдавания приток.*

Най-общо това може да се опише с уравнение (2).

$$Q_t = b_0 + b_1 Q_{t-1} + b_2 Q_{t-2} \dots + b_k Q_{t-k} \quad (2)$$

където:

Q_t е притокът в язовира в момент t - прогнозираната стойност;

k е броят на времевите интервали назад;

b_kQ_{t-k} е притокав момента t-k;

b са коефициенти в регресионното уравнение използвайки исторически данни за наблюдавания приток.

- *Еднофакторна линейна регресия с използване на исторически данни за наблюдавания валеж.*

Най-общо това може да се опише с уравнение (3).

$$Q_t = c_0 + c_1 P_{t-1} + c_2 P_{t-2} \dots + c_k P_{t-k} \quad (3)$$

където:

Q_t е притока в язовира в момент t - прогнозирана стойност;

k е броят на времевите интервали назад;

$c_k P_{t-k}$ е валежав момента $t-k$;

c са коефициенти в регресионното уравнение използвайки исторически данни за наблюдавания валеж.

- *Многофакторна регресия*

При многофакторната регресия има няколко променливи, които оказват влияние върху една променлива. Могат да се използват исторически данни за наблюдавания приток и данни за наблюдавания валеж. Най-общо това може да се опише с уравнение (4).

$$Q_t = a_0 + a_1 Q_{t-1} + a_2 Q_{t-2} \dots a_k Q_{t-k} + a_{k+1} P_{t-1} + a_{k+2} P_{t-2} \dots a_{k+k} P_{t-k} \quad (4)$$

където:

Q_t е притока в язовира в момент t - прогнозирана стойност;

k е броят на времевите интервали назад;

$a_k Q_{t-k}$ е притока в момента $t-k$;

$a_{k+k} P_{t-k}$ е валежав момента $t-k$;

a са коефициенти в регресионното уравнение използвайки исторически данни за наблюдавания приток и валеж.

Всички тези методи се основават на наличието на аналогия на корелацията между разглежданите величини в минали периоди и същата в настоящия момент.

II.2. Метеорологична прогнозна информация

Предварителността на хидроложките прогнози на притока зависи от прогнозата на метеорологичните данни (валеж и температура). За целта може да се използва прогнозна налична информация от различни атмосферни модели като:

Регионален атмосферен модел ALADIN

Прогнозата се изготвя два пъти дневно - в 06 h и в 18 h UTC. Прогнозата е за 72 часа напред (3 дни). Хоризонталната резолюция на модела е 8 km.

Атмосферен модел на Европейския център за средносрочни прогнози на времето (ECMWF).

Прогнозата се изготвя два пъти дневно - в 00 h и в 12 h UTC. Прогнозата е за 240 часа напред (10 дни). Хоризонталната резолюция на модела е 0,125 градуса (около 12 km).

Тази информация може да се използва като прогноза за тенденциите за изменение на притока в посочените срокове подпомагащи вземане на алтернативни решения (изпускане - задържане, режим или пълно покриване на нужди) когато е особено важна прогнозата.

II.3. Друга информация и заключение

Могат да се използват сателитни продукти за почвена влага, валежи и др. елементи. Използването на сателитна информация може да подобри пространственото разпределение на различни параметри. Интегрирането на получената спътникова информация от дистанционни изследвания и Географска Информационна Система (ГИС) дава възможност за симулиране на притока, визуализиране и анализ на резултатите при оценката на притока в язовирите.

Очевидно съставянето на надеждна хидроложка прогноза е трудна задача и изисква трудоемки и сложни предварителни изследвания и разработки за подготовка и калибриране на надежден модел валеж-приток. Това може да стане при язовири, при които преливането е много ограничено и не могат да оставят запазен свободен обем.

III. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА РЕДИЦИТЕ НА МАКСИМАЛНИТЕ ГОДИШНИ ВОДНИ КОЛИЧЕСТВА И НА ВРЪЗКАТА ИМ С ОБЕМА НА СЪОТВЕТСТВАЩИТЕ ВВ. ПОДБОР НА ФОРМАТА И ОЦЕНКА НА ПРЕДСТАВИТЕЛНОСТТА НА РЕДИЦИТЕ. ПОСТРОЯВАНЕ НА ЕМПИРИЧНАТА И ТЕОРЕТИЧНАТА КРИВИ НА ОБЕЗПЕЧЕНОСТ

Най-добре е данните за описване и оценка на ВВ да се вземат от часовите ходографи на водните количества регистрирани в ХМС непосредствено преди язовира. Когато няма такава възможност за източник на тези данни трябва да се използва измерения дневен приток, отбелязан в дневниците с баланса между притока и разхода на язовира, водени от експлоатацията го персонал. Точността на измерването на водните нива (<1 см) и на подаваните и изпускани водни количества е достатъчна за оценяване на ВВ, необходими за определяне на размера на свободните обеми.

Целта на методиката е да покаже как от данните на дневния баланс на язовира могат да се извлекат данните за годишните максимуми на водните количества и обемите на високите вълни (ВВ), като крайната цел е построяване на емпиричната и теоретичната криви на обезпечеността. Методиката е подробно описана, демонстрирана с данни и онагледена с графичен материал, получени от прилагането ѝ за яз. Тополница в Приложение 1.

Моделирането на ВВ е направено с ползване на Методичното ръководство за определяне на характеристиките на максималния отток на реките в България от 1978 г на НИМХ с автор проф. д-н инж. Страхил Герасимов. В него са описани методите и способите за изчисление на хидроложките характеристики на максималния отток на реките в България при наличие на достатъчни данни от наблюдения върху максималния отток при ХМС и в случай на недостатъчни данни. Данните от хидрометричните наблюдения се считат за достатъчни, ако :

- Честотата на наблюденията е обезпечила регистрацията на най-високите водни стоежи на високите вълни;
- Честотата на измерванията и размерът на измерените водни количества е обезпечила правилното построяване на ключовите криви и правилната им експлоатация в зоната на високите води;
- Периодът на редовните наблюдения n е достатъчно дълъг, за да се получат средноквадратичните грешки на средномногогодишната величина на максималния отток и на коефициента на вариация по-малки от съответните им допустими стойности 10% и 20%.

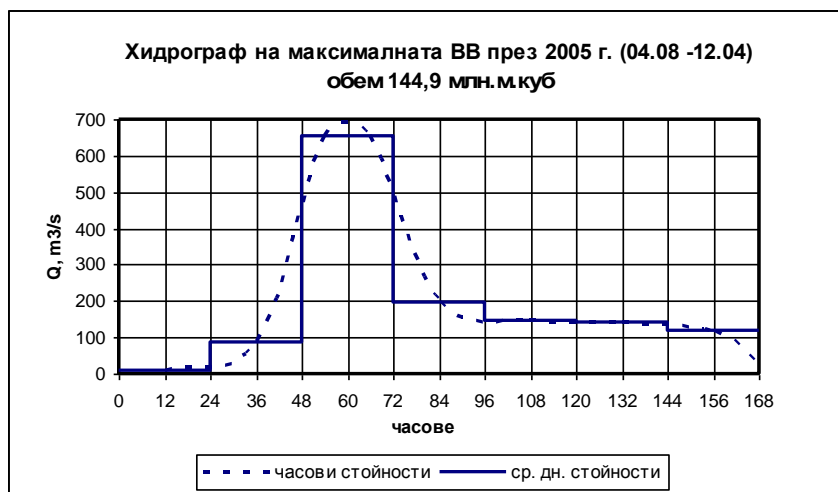
Когато липсва такава станция данните от баланса на язовира трябва да удовлетворяват тези изисквания.

Основните характеристики на максималния отток, които подлежат на определяне са: максималното водно количество (връх на ВВ) в m^3/s , обем на максималния отток (на ВВ) m^3 , форма на ВВ (хидрограф на максималния отток).

Наличната информация за притока в язовира се представя от данни за дневния баланс за n броя години на експлоатация. Той включва стойностите на дневния приток, дневния разход, дневния обем на язовира и съответната му кота на завиряване. От тези данни трябва да се извлекат и моделират необходимите параметри на абсолютните годишни ВВ, като връх, времетраене, време за подем и спад, както и форма на ВВ.

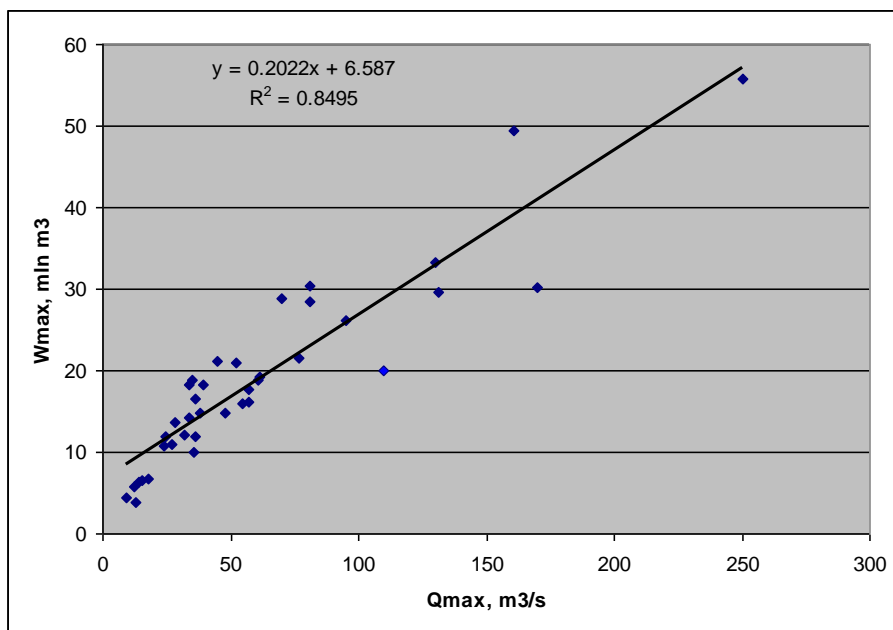
Въз основа на абсолютния максимален дневен приток в язовира се съставя хидроложка редица на абсолютните годишни максимуми на дневния приток в него, които имат характер на ВВ. Подборът им става чрез въвеждане на критерии. На основата на дневния ходограф на ВВ чрез интерполация на среднодневните

стойности се получава часовия хидрограф, при което се определя и върха Q_{max} на ВВ. На фиг. Фиг. III.1 като пример е показана ВВ в яз.«Тополница» през август 2005 г.



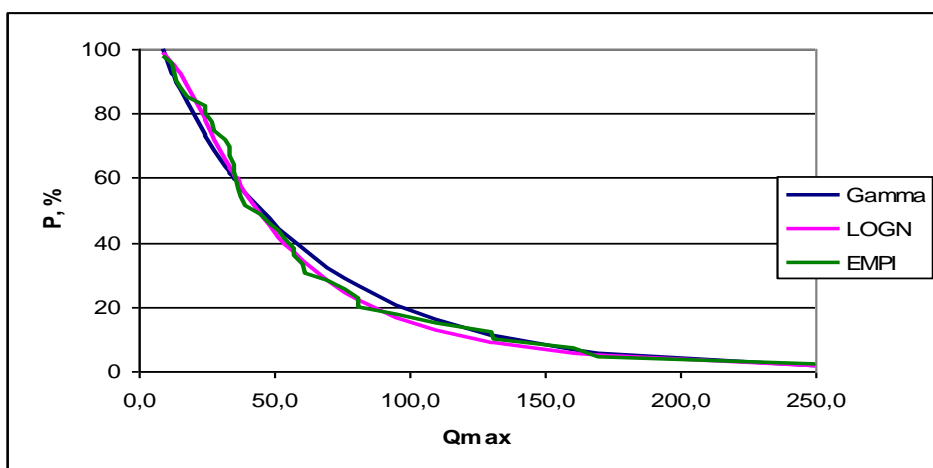
Фиг. III.1

Чрез регресионен анализ се определя връзката между върха и обема на ВВ. Чрез тази връзка при известен Q_{max} се изчислява съответстващия му обем. На фиг. III.2 е показана тази връзка за яз. «Тополница».



Фиг. III.2

Чрез анализ на формата на различните ВВ се избира за тях идеализирана форма, удобна за изчисление на ретенцията на ВВ. За редицата от Q_{max} се определят статистическите параметри – средна стойност, стандартно отклонение и коефициенти на вариация и асиметрия. Въз основа на тях се правят оценки за достатъчност на дължината на хидроложката редица и за еднородност. След това се построяват емпиричната и теоретична криви на вероятността на превишение (обезпеченост). За последната се прави подбор между видовете теоретични криви на обезпечеността по известни критерии. Фиг. III.3 представя тези криви, изчислени за яз. «Тополница»

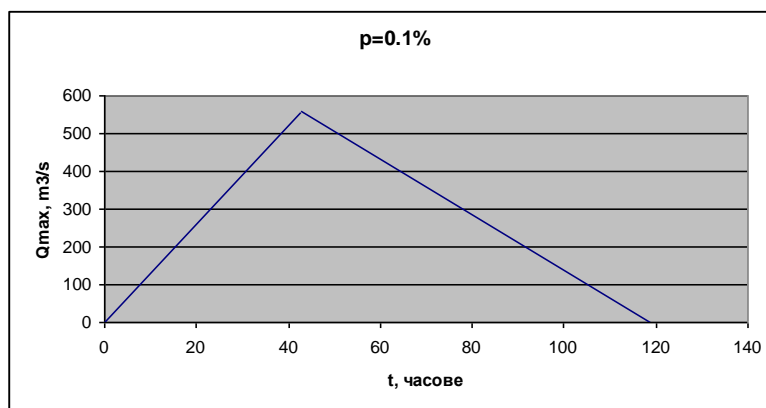


Фиг. III.3

От приетата теоретична крива на обезпечеността се отчитат максималните водни количества, респективно обема на ВВ за обезпечености, каквито са необходими за оценка на риска от наводнения при преливане или за определяне на необходимия свободен обем за поемане на ВВ. Тези обезпечености могат да бъдат във и вън от обсега на скалата на обезпеченостите на емпиричните данни за Q_{max} . На долната таблица са показани върховете на ВВ с период на повторение 20, 50, 100, 1000 и 10000 години (5%, 2%, 1%, 0,1% и 0.01% обезпеченост) за яз. «Тополница»

Обезп. P %	Q_{max} при логнормално 3- параметрично разпределение
5	166,789
2	234,17
1	293,868
0,1	556,677
0,01	943,526

На фиг. III.4 е показан идеализираният ходограф на хилядогодишната ВВ за яз. „Тополница”.



Фиг. III.4

IV. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НЕОБХОДИМИЯ ПОЛЕЗЕН ОБЕМ ЗА ЗАДОВОЛЯВАНЕ НА ВОДОПОЛЗВАНЕТО, НА ОГРАНИЧИТЕЛНИТЕ МЕСЕЧНИ НАПЪЛВАНЯ ЗА ОСВОБОЖДАВАНЕ НА ОБЕМИ ЗА ПОЕМАНЕ НА ВИСОКИ ВОДИ, НА МИНИМАЛНИТЕ МЕСЕЧНИ НАПЪЛВАНЯ И НА ЛИМИТИТЕ ЗА ИЗПУСКАНЕ И ВОДОПОДАВАНЕ ОТ ЕДНОЦЕЛЕВИ И МНОГОЦЕЛЕВИ ЯЗОВИРИ

Определянето на необходимия максимален полезен обем за задоволяване на водоползвателите от един язовир се извършва при проектирането му. В настоящата методика това се налага да се прави при функциониращи язовири с цел да се провери възможността за оставяне на част от обема му празен с ретенционна цел, ако така определеният обем е по-малък от МПО на язовира. Тази възможност се обуславя от промените, които могат да са настъпили през годините на експлоатацията му във вида и размера на водоползването, данните и методите за оценяване на притока и методите за извършване на водностопанските изчисления. Когато се окаже, че необходимия обем за задоволяване на водоползвателите с желаната обезпеченост е по-голям от МПО на язовира, прави се оценка на обезпечеността с която, той задоволява водоползването или размера на водоползването, което може да се задоволи с желаната обезпеченост при такъв МПО.

Определянето на МПО и всички останали елементи на ВСБ се извършва чрез водобалансови изчисления, в които освен МПО основни елементи са притокът, представен с многогодишни последователности (редици) на месечните му стойности (месечни хидрографи за многогодишен период), и месечният график на водоползването в приет прогнозен период. Оценката на обезпечеността е логично да се прави за този прогнозен период.

От особена важност за ползването на резултатите от приложението на настоящата методика в реалното управление на язовирите е надеждната оценка на притока и на актуалното водоползване в момента и в прогнозния период.

По-нататък са изложени методите за определяне на елементите на ВСБ, на изчислението му за видовете язовири и регулиране на притока и на всички останали величини включени в заглавието на Раздел IV.

IV.1. Оценка на разполагаемия воден ресурс в язовира, представен чрез месечни редици на притока

IV.1.1. Цел и видове оценки

Определянето на водния ресурс в язовира се състои в представяне на притока в него чрез редици на месечните обеми в продължение на задоволително дълъг многогодишен период.

Важен е източникът за информация за ресурса. Настоящата методика предимно се отнася за язовирите в експлоатация в България от няколко десетилетия. При тях като най-точен и обективен източник на информация могат да се считат данните от баланса на язовира. Такива се водят редовно от самото начало на експлоатация на значимите язовири, които са предимно обект на настоящата методика. Всякакви други начини за определяне на притока като имитационно моделиране на водоразпределението в поречието до язовира или данни от измерен отток във водочетна станция в близост до него са по неточни. Следователно, като

основен източник за определяне на водния ресурс ще се считат данните от баланса между притока и разхода в язовира. Когато такива липсват, определянето на притока ще се извършва съобразно наличните данни от ХМС и други подходящи хидроложки методи.

Получените въз основа на баланса многогодишни редици на месечния приток, за да са представителни по отношение на статистическите си оценки, трябва да са достатъчно дълги. Оценката на това качество на редицата се извършва по методите на статистиката, описана в разработената за МОСВ през 2004 г. в ИВП-БАН от д-р Игор Няголов «Методика за разпределение на водите на язовирите» и изложена тук накратко.

Друго важно изискване е наличие на еднородност на редицата. Това изискване се поставя, защото в повечето случаи притокът в язовира е нарушен. Важен е, обаче, размерът и начина на нарушение. Незначителните нарушения причинени от малки водоземания и отклонения на води във водосбора могат да се пренебрегнат по преценка. Водоземания, които не нарушават съществено режима на отока, като малки ВЕЦ и ВЕЦ-ове на течащи води с дневни изравнители например, и връщат отнетите води обратно в реката, също могат да се пренебрегнат. Такива, които нарушават режима, но това става по систематичен, ежегоден повтаряем начин, през почти целия приет период за съставяне на редицата, също няма да пречат за използването ѝ за хидроложка основа на баланса. Такъв например е притока от ВЕЦ 'Бързия» в яз. «Среченска бара».

Нарушения, които не могат да се пренебрегнат и правят данните от баланса на язовира непригодни за хидроложка основа на воднобалансовите изчисления, са значителни с несистемен характер, които отклоняват водите от водосбора. Такива са наличие на отклонения на значителни спрямо общия приток във водохранилището обеми във водосбора над него, които са започнали да стават след някакъв момент или са станали до някакъв момент от периода. Те могат съществено да нарушат еднородността на редицата. В такива случаи трябва да се търсят начини за възстановяване на тези нарушения, ако са престанали или да се вмъкнат като нарушения и в частта от периода преди момента на извършването им. Трябва да се преценява във всеки конкретен случай внимателно годността на редиците получени от баланса на язовира и да се търсят начини за използването им, защото всички останали начини са по-необективни.

В краен случай може да се прибегне към моделиране на разпределението на ненарушения отток в басейна над язовира въз основа на схемата за използване на водите, т.е. съставяне на водноостановен баланс на тази част от басейна. То, обаче, се основава на приемане на различни опции на водоползване, с различна вероятност на реализация в прогнозния период. Въобще определянето на притока в язовира за бъдещ период, при същественото му нарушаване във водосбора над него, много усложнява решението, защото внася допълнителна несигурност относно реализацията му в бъдеще. Трябва, обаче, да се отбележи, че случаи на два или повече последователно разположени язовира по протежение на една река, с изключение на енергийните каскади, са много малко в България. Каскадните енергийни язовири работят със сравнително постоянен месечен график, връщат водите в по-долния язовир и техните нарушения на притока не би трябвало да нарушават хомогенността на редицата на притока в разглеждания язовир.

Предвид на гореизложеното необходимата хидроложка редица на притока в язовира, която може да се нарече **базова хидроложка редица (БХР)**, се съставя на основата на многогодишната редица на наблюдавания месечен приток в язовира, отбелязан в баланса между притока и разхода.

За нея трябва да се направят следните оценки:

1. Оценка за представителност на редицата - достатъчна дължина, респективно за точност на средногодишния приток (норма на оттока) и

оценка за хомогенност (еднородност) за индикиране на наличието на съществени нарушения;

2. Оценка на тренда през целия период и изменението му през последните 10-20 години с оглед оценка на влиянието на климатичните изменения за да се прецени дали да се ползва цялата редица или само част от нея.
3. Оценка на статистиките на редицата – стандартно отклонение, коефициенти на вариация и асиметрия на годишния и месечния приток.
4. Построяване на емпиричната и теоретичната крива на обезпечеността на годишния приток.
5. Генериране на синтетична редица чрез някой стохастичен модел като възможност за по-добро представяне на вариацията на притока.

Методите за извършване на тези оценки са изложени подробно в Приложение 2. Тук само се маркират.

IV.1.2 Оценка за представителността на редицата

Представителността на хидроложките редици се установява чрез [1]:

- Установяване на еднородността на хидроложките редици, т.е. принадлежността на членовете на редицата към една генерална съвкупност;
- Оценка на представителността на хидроложките редици от гледище на точността на оценките на статистическите им параметри.

Установяване на представителността на хидроложките редици от гледище на еднородността им

Проверка за наличие на нарушение на еднородността на годишните редици от водни обеми се прави при съмнение за нарушението на естествения режим на притока. Тогава редицата се разделя на две части X и Y, съответно с дължина n_X и n_Y , като втората започва от годината, когато е настъпило нарушението.

За количествена оценка на еднородността на членовете на двете хидроложки редици се използва един от най-строгите непараметрични критерии – критерият на Уилкоксон. Предимството при него е, че не се изисква предварително познаване на типа и параметрите на съответната функция на разпределение на вероятностите.

В основата на критерия стои отхвърлянето или не на нулевата хипотеза „ H_0 ”. Според нулевата хипотеза сравняваните частични съвкупности X и Y на редицата принадлежат към една обща генерална съвкупност, т.е. различията между тях имат случаен, а не систематичен характер.

Установяване на представителността хидроложките редици по отношение на дължината им

За представителността на хидроложките редици по отношение на дължината им може да се съди по точността на получените оценки за техните статистически параметри, т.е. по вероятните отклонения на статистиките x (изчислени на базата на извадката от наблюдаваните данни) от реалните стойности x_0 на параметрите (съответстващи на генералната съвкупност).

За стандартните грешки $\sigma_{x,\beta}$ и $\sigma_{C_v,\beta}$ при определяне на \bar{x} и C_v на хидроложката редица на притока по нормативите, приети у нас, трябва да е изпълнено:

$$\frac{\sigma_{x,\beta}^-}{\bar{x}} \cdot 100\% < 10\%$$

$$\frac{\sigma_{C_v,\beta}}{C_v} \cdot 100\% < 20\%$$

Дължината на хидроложките редици се определя чрез преобразуване на формулите за стандартните грешки на параметрите.

От формулата за стандартната грешка на средното значение се получава :

$$\frac{\sigma_{x,\beta}^-}{\bar{X}} \cdot 100 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot \frac{100}{\bar{X}} = \frac{C_v \cdot \bar{X}}{\sqrt{n}} \cdot \frac{100}{\bar{X}}, \quad (15)$$

или относителна стандартна грешка (с приета доверителна вероятност на членовете на редицата $\beta=68\%$) за нормата на оттока е:

$$10\% > \sigma_{x,\beta}^- = \frac{C_v \cdot 100}{\sqrt{n}} \%, \quad (16)$$

т.е. може да се получи необходимото число години на наблюдения за получаване нормата на оттока с точността, зададена по норматив:

$$n > C_v^2 \cdot 100 \quad (17)$$

Определяне тренда на годишните хидроложки редици

През последните десетилетия в хидрологията се отделя много внимание на количествените оценки на наблюдаваните промени във водните ресурси, свързвани с измененията в климата.

Главното средство за разбирането на потенциалните бъдещи промени във водните количества в резултат на атмосферната активност, е определянето на тренда на хидроложките данни върху изминал период, като за оценяване степента на значимост на този тренд се прилага статистически тест.

Трендът е представен от права линия, апроксимираща хидроложките данни във времето. За изчисляване на уравнението на правата линияя:

$$x = b \cdot t + a$$

се използва методана най-малките квадрати, а именно:

$$b = \frac{n \sum_1^n x_i t_i - \left(\sum_1^n x_i \right) \left(\sum_1^n t_i \right)}{n \sum_1^n t_i^2 - \left(\sum_1^n t_i \right)^2} \quad (19)$$

$$a = \frac{\sum_1^n x_i - b \sum_1^n t_i}{n} = \bar{x} - b \cdot \bar{t} \quad (20)$$

Изследването върху значимостта на изменението на тренда се провежда с помощта на статистическия Ман-Кедал(МК) тест.

IV.1.3. Оценка на статистическите параметри на редицата

Съществуват редица методи за оценка на параметрите, като най-използваните са три:

- метод на моментите;
- метод на опорните квантили;
- метод на най-голямото правдоподобие.

Методът на моментите за оценка на параметрите на хидроложките редове и разпределенията дава достатъчно добри теоретични криви на апроксимация на

разпределенията при сравнително голяма дължина на редовете. Получените оценки за статистическите параметри, обаче, не притежават статистическото качество ефективност, т.е. техните дисперсии не са минимални.

Преимуществото на метода на най-голямо правдоподобие е, че случайните грешки при оценката на параметрите, дължащи се на непълното съответствие на емпиричните вероятности на извадката с ограничен обем, се свеждат до минимум.

Доказано е, че за нормално разпределени величини оценките на параметрите по метода на моментите съвпадат с оценките на параметрите по метода на най-голямото правдоподобие.

Методът на опорните квантили дава възможност подобно на метода на най-голямото правдоподобие да се получат ефективни оценки, така че да се определи теоретично разпределение с минимални отклонения от емпиричното. За разлика, обаче от метода на най-голямо правдоподобие, този метод е субективен, защото е графо-аналитичен и изисква графично изравняване на емпиричните точки със загладената емпирична крива. Тук се излага само метода на моментите като най-прост и най-широко използван, като останалите методи са изложени в Приложение 2.

– Определяне на параметрите по метода на моментите

Първите два момента са:

- средно значение:
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (26)$$

- стандартно отклонение:
$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (27)$$

Освен това:

- коефициент на вариация:
$$C_v = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \quad (28)$$

- коефициент на асиметрия:
$$C_s = \frac{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^3}{\sigma^3} \quad (29)$$

IV.1.4. Построяване на емпиричната и теоретичната криви на обезпечеността на годишния приток

Изборът на най-подходяща функция на разпределение на вероятностите, описваща колебанията на оттока в генералната съвкупност е една от най-отговорните задачи на хидроложките изследвания. От правилния избор на функцията зависи адекватността на математическото моделиране на речния отток.

За описание на оттока се използват само онези теоретични функции на разпределение, които най-добре отразяват закономерностите на връзката между оттока и неговата повтораемост.

– Емпирична крива на обезпечеността

Емпиричната крива на обезпечеността е необходима за отчитане на обезпечеността на притока, нужен за задоволяване на дадено водоползване при изчисляване на водностопанските баланси и определяне на обема на язовирите. Стойностите на емпиричната крива се получават като членовете на редицата се

подреждат в низходящ ред и на всеки член се присвоява обезпеченост P , изчислена по формулата на Алексеев:

$$P = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\% , \quad (51)$$

където m е поредният номер на члена в редицата, а n е общата дължина на редицата.

– Теоретични криви на обезпечеността

Теоретичната крива на обезпечеността на годишния приток е необходима преди всичко за генериране на моделирани редици. Те са: **Трипараметрично логнормално разпределение** и **Трипараметрично гама разпределение**.

Избор на най-подходяща функция на разпределение

Изборът на най-подходящата функция включва редица проверки чрез критерии за установяване на съответствието на приетия тип разпределение с емпиричното разпределение на наблюдаваните данни. Най-прилаганите критерии са следните два:

- a. **Критерий на Колмогоров**
- b. **$n\omega^2$ - критерий**

IV.1.5. Генериране на синтетични редици на месечния приток

Извършените изследвания по оценката на представителността на разглежданите хидроложки редици, предшестващи определянето на параметрите на оттока и избора на най-подходящата теоретична функция на разпределение на вероятностите, създават необходимата основа за осъществяване на математическо моделиране на редици. Необходимостта от него се обуславя от недостатъчната дължина на наличните хидроложки редици, които не могат да възпроизведат вероятностните процеси в тяхната генерална съвкупност.

Чрез математическо моделиране могат да бъдат генерирани дълги изкуствени хидроложки редици, които по отношение на функциите на разпределение и на статистическите характеристики да имат значения близки до тези на изходните, но по отношение на редуването на многоводни и маловодни групировки и на представянето на кривите на обезпеченост в екстремните им участъци (за високите и ниските значения), да съдържат много по-богата информация.

В настоящата разработка се използва модел, основан на:

- a) Генериране на годишните значения с помощта на регресионен модел по метода на последователното определяне на линейната авторегресия (ПОЛАР) [3];
- б) Генериране във вътрешногодишен разрез на фрагменти от месечен отток по метода на фрагментите [3].

Тази декомпозиция на моделирането, извършвано в два етапа, дава възможност за адекватно възпроизвеждане на основните стохастически закономерности, както на годишния водни обеми, така и фрагменти на месечните обеми.

Литература

1. Николова, Н.К., Хидроложки основи на водностопанските изследвания, Изд. БАН, 1979.
2. Смирнов, Н.В. и И.В. Дунин-Барковский, Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений, М., Наука, 1963.
3. Сванидзе, Г.Г., Моделирование гидрологических рядов с учетом внутригодового распределения стока, АН СССР, 1963.

4. Алексеев, Г.А., Графоаналитические способы определения и приведения к длительному периоду наблюдений параметров кривых распределения, ТР ГГИ, вып.73, 1960.
5. Hamed, K. H., Trend detection in hydrologic data: The Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis, Journal of Hydrology, 349, (2008).
6. Kendall, M.G., Rank Correlation Methods. Griffin, London, 1975

IV.2. Оценка на настоящото и очакваното в рамките на прогнозен период водоползване

Подробно този въпрос е изложен в методиката за определяне на лимитите за източване на язовири. Тук само ще се маркират основните пунктове на методиката.

IV.2.1. Общи бележки

Според Закона за водите водоползването включва всякакъв вид използване на водата, т.е. и водопотреблението и водоползването, като основни компоненти в разходната част на водностопанския баланс на водохранилищата.

Водоползването трябва да се изчисли за края или за междинни моменти на бъдещ период от време, в който може реално то да се прогнозира.

Поради вероятностния характер на прогнозите, те трябва да се изчисляват в няколко възможни за реализация варианти. Даже когато се приемат настоящите им стойности, те представляват прогноза за срока, за който балансът е валиден.

Като части на разхода на язовира, водопотреблението и водоползването принципно не се различават. Водоползването не е разход само в случаите, когато не се изтака вода от язовира, например за риборазвъждане или рекреация. Такъв вид водоползване не се има предвид при настоящата разработка.

Интервалът, за който се изчислява водоползването обикновено е за цикъл от една година, като се приема, че вътрешногодишната неравномерност общо взето се повтаря всяка година. Изключение от това правило може да е водоползването за напояване, зависещо от водността на годината.

Основните елементи на водоползването по реда на техните приоритети са:

- Водоснабдяване – приоритет 1;
- Оводняване на речните корита - приоритет 1;
- Напояване - приоритет 2;
- Хидроенергетика - приоритет 3;
- Изпарението не е водоползване, но е елемент на водностопанския баланс на язовира.

IV. 2.2. Определяне на водоползването за водоснабдяване

Определянето, респ. прогнозирането, на питейно-битовото водоползване може да се реализира чрез различни подходи, определени като преки и опосредствени (математико-статистически).

Преките начини са:

- чрез прогнозиране на броя на населението и водоснабдителните норми;
- чрез отчетеното по общини в НСИ фактическо водопотребление за предходните години;
- чрез разрешителните на ВиК системите.

Косвените начини са математико-статистическите - екстраполацията и регресионния анализ за прогнозиране в бъдеще въз основа на данни за водоползването от минали години.

Определянето на промишленото (производствено) водоползване също се извършва по преки (специфични данни за водоемкостта на производствата и размера им, разрешителните) или същите косвени подходи.

Накрая трябва да се каже, че водоснабдяването от язовири, които функционират от години, има вече установено потребление, което може да се отчете от баланса. То трябва да се приема като актуално водоползване за първа опция при определяне на лимитите. Въз основа на анализ на

възможното развитие на водоползването в бъдеще, може да се направи приблизителна прогноза за възможни опции на размера на водоползването за 16-20 годишен период. Въз основа на наличния ресурс може да се направи оценка на обезпечеността на тези опции и съответно необходимите ВС оценки за определяне на лимити за тези опции, които могат да се осигуряват с необходимата обезпеченост. Така изготвените лимити ще съответстват на няколко нива на водоползване, и те ще се ползват в зависимост от размера на актуалното потребление.

IV.2.3. Определяне на водоползването за напояване

Водоползването за напояване не е еднакво за всяка година, а се изменя в зависимост от количеството на валежите през вегетационния период април – октомври. Тази връзка е сложна.

Задачата може да се реши по два начина:

- чрез приемане на съответствие между обезпечеността на напоителното водоползване и обезпечеността на валежите през напоителния период за всяка година от редицата на притока и

- чрез търсене на връзка между напоителната норма и притока за съответния месец. Тогава напоителното водоползване се определя чрез приемане на съответствие между обезпечеността му и обезпечеността на месечния приток от вегетационния период на редицата.

Сложните методи за определяне на обемите за напояване утежняват воднобалансовите оценки. По улесняващо е приемането на осреднени норми при суха година за прикрепените към язовира напоителни площи и изчисляването с тях на обемите за напояване независимо от притока. **Този начин е подходящ за оразмеряване на сезонни изравнители.**

При многогодишни изравнители това може да доведе в изчисленията до нереалистично изразходване на ресурса във водни години и по този начин ще попречи на акумулирането в него на многогодишни обеми и нереалистична оценка на възможностите на ресурса да задоволява дадено напояване в многогодишен период. **Затова при такива язовири е подходящо да се приемат норми за средно суха година**

Оценката на напоителното водоползване по разрешителните на напоителните системи не е надежден начин за оценка на актуалното водоползване в близкото бъдеще у нас.

IV.2.4. Определяне на водоползването за енергопроизводство

Във ВСБ като перо от разхода се отчитат само обемите вода, подадени от ВЕЦ-овете за енергопроизводство с независим режим на работа.

Определяне на обемите за водоползване от ВЕЦ

Планираните обеми вода за електропроизводство за ВЕЦ-ове на независим режим при определен месечен график трябва да се търсят от НЕК. Те трябва да се обезпечат с исканите от НЕК проценти или да се приеме около 80 – 85 % съгласно нормативи в миналото. При невъзможност да се получат данни от НЕК, може да се постъпи и по някой косвени начини, които не са особено надеждни.

При преобладаващо енергийни язовири, каквито са тези по родопските каскади например, съществуват планирани обеми за енергопроизводство. Като се има предвид строгата организация в енергопроизводството, подчинена на централно диспечерско управление, въвеждането на лимити едва ли ще бъде много актуално при тях. Ако такива ще се изчисляват това трябва да стане съгласувано с НЕК. Това, което ще бъде полезно при ВС оценки за тези язовири, е възможната оценка на

обезпечеността на различни размери на енергопроизводство при актуалните хидроложки условия.

IV.2.5. Определяне на водоползването за оводняване

Оводняването съгласно чл. 117 (1) от ЗВ в определени случаи се въвежда чрез задължително изпускане на водни количества от язовирите.

До разработване на методика (съгласно чл. 135, т. 1 от ЗВ) за определяне на минимално допустимия отток в реките се препоръчва (Заповед № РД-1383/18.11.2003 г. на МОСВ) да се осигурява в реките отток, равен на 10 % от средномногогодишното водно количество, определено въз основа на информацията от представителен период. Това водно количество не може да бъде по-малко от минималното средномесечно водно количество с обезпеченост 95% за съответния месец и съответния пункт при ненарушен режим.

След водохранилищата, които са в експлоатация повече от 25 години, чрез постепенно (в зависимост от техническите възможности) увеличаване на подаваното водно количество, се възстановява минимално допустимия отток.

От водохранилища с водоснабдително предназначение разбира се приоритетно се задоволяват нуждите на водоснабдяването.

IV.2.6. Оценка на загубите от изпарение и филтрация

Загубите във водохранилищата се състоят преди всичко от филтрация и изпарение. Последните могат да бъдат понякога значително перо в разхода.

Точното изчисляване на загубите от изпарение за баланса изисква за всеки интервал от време в зависимост от полезния обем, да се определя площта на водното огледало F (водната повърхност на езерото) от връзката $F = f(W_{\text{яз}})$.

IV.2.7. Заключение бележки

Описаните дотук методи за определяне на водоползването от язовирите могат да се използват при обосноваване на максималните размери на водоползването на съществуващи или новостроящи се водностопански системи при различни варианти. Те изискват сериозни проучвания и множество данни. **Тъй като продуктите на методиката трябва непосредствено да се използват в практиката в продължение на недългия срок за ВС оценка, основно изискване при определянето на водоползването от конкретен язовир е то да е напълно актуално и валидно в този срок.**

При определяне на водоползването най-напред трябва да се съобразява с настоящия му вид и размер. Затова трябва да се прави анализ на източването от язовира през последните години. Въз основа на тях, с оглед на реалните възможности за нарастването или намаляването му в предвидим бъдещ срок, да се набележат няколко възможни нива, за които да се направят необходимите водностопански оценки и изчислят МПО, месечните напълвания и лимити в няколко опции. Така изготвените лимити съответстват на няколко нива на водоползване, и те ще се ползват в зависимост от размера на актуалното потребление. Лимитите се изготвят за таван на нуждите. Действителните нужди могат да варират в определен интервал, като остават по-малки или равни на тавана. Когато този интервал е голям, т.е. нуждите са доста по-малки от предвидения таван, се стига до нерационално използване на водохранилището, особено когато водоползвателите имат различни приоритети. Затова лимити трябва да се изготвят за степенувани нива и да се прилагат, когато нуждите надхвърлят предишното ниво.

Тези въпроси са специфични за всеки язовир и неговото потребление трябва да се решава така, че да се достигне до максимално възможното задоволяване на отделните водоползватели с различни приоритети.

Литература

1."Методика за съставяне на водостопански баланси на речни басейни".
МОСВ,2004 г.

IV.3. Определяне на необходимия полезен обем за задоволяване на водоползването, на ограничителните месечни напълвания за освобождаване на обеми, на лимитите за изпускане на «излишни» води и водоподаване от многоцелеви язовири.

IV.3.1. Уводни бележки

Целта на настоящия параграф е да опише методите за определяне на месечните напълвания в язовира, които трябва да бъдат инструмент за управление на освобождаването на обеми за голям приток и за водоподаване съобразно приоритетите на водоползвателите.

Съгласно изложеното в параграф 1 при един едноцелеви язовир има два комплекта характерни месечни напълвания – **ограничителни - ОМН и минимални - ММН**. ОМН може да се приемат, че са минималните месечни напълвания, които са необходими за язовира да осигури регулирането на притока и да задоволи потребителя в целия прогнозен период с приетата обезпеченост. С тях се ограничава изпускането на води за освобождаване на обеми. На тяхна основа и наличния в началото на месеца полезен обем в язовира трябва да се определят месечните лимити за изпускане. ММН от своя страна могат да се приемат, че очертават границата на зоната, под която се очаква дефицит във водоподаването. На тяхна основа се определят лимитите за водоподаване на потребителя.

При многоцелеви язовири по същата логика за всяка група водоползватели с еднакъв приоритет с индекс “i” могат да се определят **ОМН_i** и **ММН_i**. Те съответно ограничават водоподаването за потребителя с приоритет по-нисък от приоритета на потребителя с индекс “i” и очертават зоната на дефицита за него. В този случай ОМН на най-нископриоритетния потребител ограничава зоната на изпускането на води с цел освобождаване на обеми от язовира, тъй като заделения за него обем е разположен най-високо. Тези характерни напълвания определят лимитите за водоподаване на потребителя с индекс “i”.

МПО и ОМН се определят за установен график, размер и необходима обезпеченост на планираното водоползване в прогнозен период и хидроложките данни за притока, представени от БХР. Последните са предмет на разглеждане в предишните два параграфа.

Оценката на ОМН_i и ММН_i на язовира се основава на общоприетия метод на баланса между месечния приток и разход в язовира. При съвременните изчислителни възможности този баланс се проследява за очаквания приток в приетия прогнозен (изчислителен) период при зададен МПО. Поради липса на друга по-добра възможност очакваният приток се представя от притока в минал период, който се приема за аналог на бъдещия такъв, в случая БХР. Чрез итерации МПО се определя така, че водоползването да е осигурено с набелязана обезпеченост и желана вероятност на превишение в прогнозния период. **За целта в т. IV.3.2 на настоящия параграф е описана накратко концептуално нова методика за провеждане на изчисленията за определяне на обезпечеността на потреблението в зададен бъдещ период.** Новият елемент се състои в нейната оценка при всички възможни реализации на притока в прогнозния период, които могат да се извлекат по определен начин от БХР. Методиката дава възможност за получаване на множество стойности на обезпечеността в прогнозния период с оценена вероятност на надвишение.

Всички изчисления се извършват с изготвена за целта фортранова програма за РС **RESERVOIR1**. Тя служи както за изчисление на баланса, с цел определяне на МПО и ММН, така и за симулиране на източването на язовира съгласно изложените правила със зададен прогнозен приток и редица на действителния приток. Програмата изчислява баланса и определя обезпеченостите за зададен брой

възможни реализации на притока в прогнозния период. Тя работи в среда на MSDEV, който софтуер също се прилага към методиката.

IV.3.2. Общи принципи на методиката за определяне на полезния обем на язовира и безопасността на водоползвателите

Максимален полезен обем за дадено водопотребление се търси при действащи язовири, на които обемът надвишава нуждите на настоящето потребление и излишният в такъв случай обем може да се използва или за нови потребители или за задържане на високи води. В обратния случай при настоящия максимален полезен обем се определя безопасността, с която се задоволява съществуващото или прогнозираното потребление.

Полезният обем на язовира се определя с цел да се задоволи потреблението с желана безопасност в някакъв бъдещ срок. Този срок зависи от възможността за надеждно прогнозиране на размера на потреблението. Зависи също от желанието на инвеститора с оглед срока на възвращаемост на инвестицията и възможните печалби. Примерно, ако става въпрос за енергодобиване, сроковете могат да бъдат дълги, например 20 – 30 и повече години, доколкото енергия винаги ще бъде необходима. Освен това размерът на произведената енергия в свързана преносна система при ВЕЦ се лимитира от притока, а не от никакви прогнози за задоволяване на нужди. При водоснабдяване сроковете ще са по-кратки, доколкото потреблението на водоснабдените селища поради демографски или технико-икономически причини може трайно както да расте, така и да намалява. Още по-кратки ще бъдат сроковете при промишленото водоснабдяване. Така стои въпросът и при водоползването за напояване. Даже и да се планират напоявани площи, достигащи лимита на водния ресурс, т.е. да няма нужда от прогнози за размера им, безопасността на задоволяване на напояването с оглед на рентабилността се търси в някакъв ограничен срок.

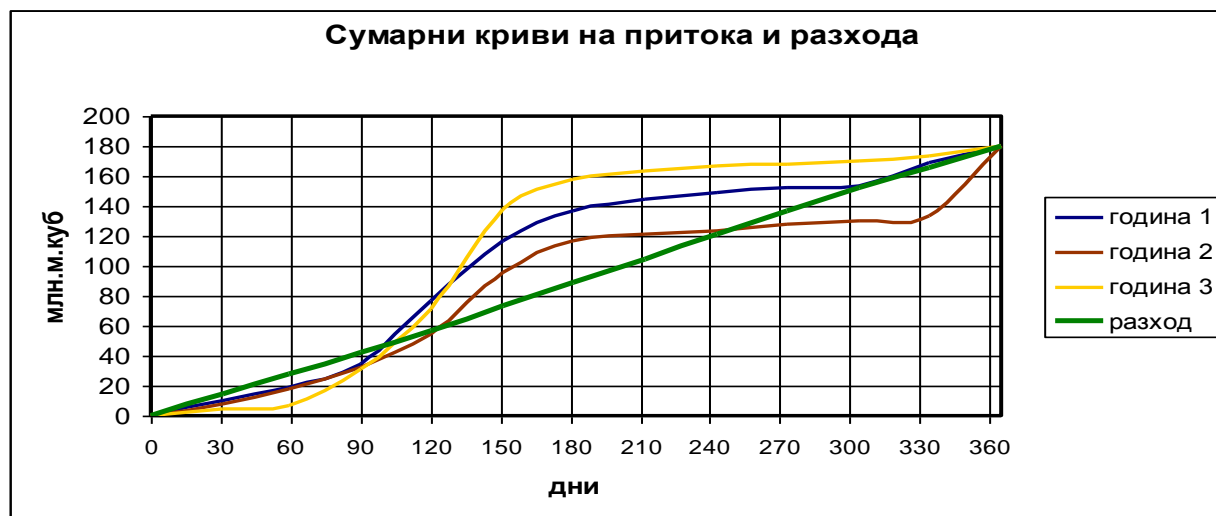
Оценката на безопасността на водоползването по отношение на задоволяването му от язовира в прогнозния период трябва да става така, както съответният водоползвател би го изчислил, ако този период е минал. Примерно, ако той иска да знае каква е била тя за последните 10 години, безопасността по обем ще я изчисли като раздели обема на получената (подадената) през това време вода W_s на обема на поисканата такава W_d , т.е. $P_{об} = W_s / W_d$. Безопасността по години ще бъде отношението на годините $N_{100\%}$ със 100% задоволяване на нуждите към целия брой години, т.е. $P_{год} = N_{100\%}/10$. Размерът на подадената вода ще зависи от притока през тези 10 години.

Очевидно по същия начин трябва да се постъпи когато искаме да оценим безопасността на прогнозираното (или планираното) потребление за бъдещия експлоатационен период. Определянето на подадената вода се извършва чрез изчисляване на баланса (най-често в месечни интервали) в този период между притока и потреблението с участието на язовира, чийто полезен обем ще служи като регулатор на несъответствието между притока и потреблението. **Проблемът е в определянето на притока в този ограничен период.** Очевидно е, че този бъдещ приток ще има най-различни, възможни за водосбора на язовира, реализации в този срок. От това следва, че и безопасността ще има различни стойности, освен, ако винаги е 100%. Колкото е по-къс периодът, толкова притокът ще има по-различни реализации и безопасностите ще варират в по-голям диапазон. Следователно безопасността има вероятностен характер и не е детерминирана величина, както се изчисляваше по досегашните методи, приложени в „Генералните схеми...” и описани в [3]. Метод за определяне на безопасността при такава постановка е изложен в [1,2]. Тук съвсем накратко е описана основната идея.

Както е известно за определяне на обема на язовира за осигуряване на приета безопасност на планирано потребление се използва разполагаемата многогодишна

редица на месечния приток (БХР) в минал период. Тази хидроложка редица се счита за аналог на бъдещия приток. Нейните характеристики (средна стойност, вариация, асиметрия) с определена грешка, намаляваща с дължината на редицата, се считат за характеристики на генералната съвкупност, представяща месечния приток.

За по-голяма яснота по-долу накратко са описани класическите начини за определяне на полезните обеми на язовирите в миналото при липса на съвременните изчислителни възможности. Условно язовирите се категоризират на сезонни и многогодишни. Определянето на обема на язовир за сезонно регулиране на притока при приета обезпеченост най-елементарно се извършва с използване на месечния хидрограф на годишен приток с обем равен на потреблението със загубите. Графично това става по следния начин. Изчертават се сумарните криви на притока и потреблението от нулева изходна точка. Обемът на язовира се получава като сума от максималното положително и максималното отрицателно отклонение между ординатите на кривите на притока и разхода. Това е показано на фигура IV.3.1. Разходът е приет като равномерно разпределен. За отчитане на вариацията на месечното разпределение са изчертани кривите на три различни по разпределение месечни хидрографа с еднакъв годишен обем на притока, равен на обема на потреблението. Обемът на язовира се определя от отклоненията между притока на година 2 и разхода и приблизително може да се отчете от фигурата, че е равен на $20 + 70 = 90$ млн.м³. По точно определянето на обема на язовира може да стане елементарно чрез изчисление на баланса между притока и разхода от язовира по месеци. Този обем може условно да се означи с $V_{\text{сез}}$.



Фиг. IV.3.2.1

Когато обезпечеността в БХР на годишния обем на този приток е равна на исканата обезпеченост по години на потреблението, язовирът може да се счита за сезонен и обемът му да е равен на $V_{\text{сез}}$. Когато тази обезпеченост е по-ниска, например искаме да обезпечим потреблението с 90%, а притокът с необходимия обем има 70% обезпеченост в БХР, се налага обемът на язовира да е по-голям от $V_{\text{сез}}$ и да е равен на $V_{\text{сез}} + V_{\text{мнг}}$. Многогодишният обем $V_{\text{мнг}}$ е необходим, за да акумулира води през многоводните години, с които да компенсира недостига им за задоволяване на потреблението в години с по-малък приток от разхода. Този обем трябва така да се определи, че потреблението в периода на оценка да бъде задоволено с желаната обезпеченост 90%. Определянето на $V_{\text{мнг}}$, когато нямаше компютри, се извършваше чрез доста сложни сметки с използване на БХР чрез поредици от сухи години и оценка на обезпечеността.

При тези методи определените обеми и осигуряваните от тях обезпечености се оценяват за приток, представен от цялата дължина на БХР. Тя не е свързана с периода на оценка (прогнозния период) и притока в него. Определените обезпечености се дават като детерминирани стойности, които не варират. Те не отчитат вероятностния характер на реализациите на притока в периода на оценка. Теоретично тези оценки с някаква грешка може да се считат валидни при безкраен период на задоволяване на планираното потребление. Този начин на оценка е съответствало на изчислителните възможности преди въвеждането на компютрите.

След въвеждането на компютрите определянето на МПО на язовира вече се извършва с компютърна програма чрез изчисляване на баланса между притока, водоподаването и изменението на обема на язовира в месечен интервал в многогодишен период, равен на дължината на цялата хидроложка редица (БХР). Тази оценка също не е свързана със срока на прогнозиране и планиране и не отразява вероятностния характер на реализацията на притока в този срок. Тя е вярна само когато обезпечеността се осигурява със 100%. Този метод е описан в изготвената по поръчка на МОСВ "Методика за съставяне на водностопански баланси за речни басейни" [3]. Този начин на изчисление е една ориентируваща оценка, информираща само дали обезпечеността е под 100%. При съществуващите изчислителни възможности този въпрос би трябвало да намери по адекватно решение и преди всичко да изрази неговия вероятностен характер, т.е. факта, че обезпечеността в срока за оценка, в зависимост от реализацията на притока, варира между минимална и максимална стойности.

Методиката, която е описана подробно в [1,2], предвижда оценката на обезпечеността на планираното потребление в предвидения прогнозен срок да се прави по подобие на оценката за минал срок. Но тъй като притокът в този срок не е известен оценката ще трябва да се прави за възможните реализации на притока в този период. Теоретически броят на тези реализации е безкраен. Практически за определяне на част от възможните реализации на притока може да се използва БХР. Притокът последователно се представя с всички или само с група от различни извадки с дължина равна на прогнозния срок, които могат да бъдат извлечени от БХР.

Ако БХР е дълга N години, а периодът за оценка (прогнозния период) е дълъг m години, броят на различаващите се една от друга извадки, които могат да бъдат извлечени от нея е

$$B = N - m + 1 \quad (1)$$

Тези извадки са така подредени, че всяка следваща извадка застъпва всички членове на предишната без първия член. Така се получават B броя различни извадки, за които ще се изчислява балансът и ще се определят B на брой обезпечености на потреблението при зададен обем. Тяхната стойност зависи както от средногодишния обем, така и от вариацията на годишния приток на всяка извадка. При такъв начин на изчисление, при зададен обем ще се получат различни обезпечености вариращи между минимална и максимална ($\leq 100\%$) стойности. Те могат да се подредят низходящо и да се изчисли емпиричната им вероятност. Минималната стойност ще се получи при най-наблагоприятната по разпределение и среден приток извадка и ще има вероятност на превишение $B/B+1$. Например, ако БХР е с дължина 50 години, а прогнозния срок е 20 г. $B=50-20+1=31$ броя извадки. то $P_{\max}=31/32=0,969$ или 96,8%. Ако БХР е синтетична, с дължина примерно 500 години, $B=481$, $P=481/482=0,998$ или 99,8%. При всички други реализации (извадки) обезпеченостите ще бъдат по-големи.

По този начин получените обеми и обезпечености имат вероятностна оценка и дават представа за вероятността, с която желаната обезпеченост е осигурена при зададения обем на същия.

Обикновено интересът е насочен към стойностите на тези величини, които осигуряват най-голяма вероятност на реализация, т.е. към максималния необходим обем или минималната обезпеченост на потреблението. Те могат да бъдат изчислени като се използват ограничен брой извадки от редицата – тези с най-неблагоприятен за потреблението приток. Най-неблагоприятна може да се счита извадката, съчетаваща малък средногодишен приток с неблагоприятно разпределение на годишния приток.

За целта извадките се подреждат низходящо по средногодишния приток и им се съставя емпиричната крива на обезпечеността. Най-сухата извадка ще има най-голяма вероятност на надвишение P_{\max} (най-голяма обезпеченост на средния приток). Няма гаранция, обаче, че при тази извадка ще има най-неблагоприятното съчетание между средния приток и вариацията на годишния и месечния такъв. Затова за водобалансовите изчисления се избира група извадки с обезпеченост на средния приток от P_1 до P_{\max} . Тази група извадки за краткост по-нататък ще **наричаме оразмерителна група извадки (ОГИ)**. За тази група извадки се изчислява обезпечеността на потреблението. Минималната ѝ стойност има вероятност на надвишение **V/V+1**. Тъй като за РС обемът на сметките в случая не е проблем най-добре е ОГИ да включва всички извадки с обезпеченост на средния приток от P_{\min} до P_{\max} . Това дава възможност да се построи емпиричната крива на вероятността на превишение на изчислените множество обезпечености.

Цялата изчислителна процедура е програмирана на Fortran. Програмата с название RESERVOIR се прилага към методиката с инструкцията за ползването ѝ.

Литература.

1. Santourdjian O., D. Shopova. "Probability Estimation of Water Supply Reliability Assessments", BALWOIS, 2006, Ohrid
2. Вероятностна оценка на обезпечеността на водоползването в планиран бъдещ период. Научен отчет. Инст. водни проблеми, БАН, 2008.
3. "Методика за съставяне на водностопански баланси за речни басейни.". МОСВ, 2004.

IV.3.3. Кратко описание на предназначението, структурата и работните опции на програмата за РС “RESERVOIR1”

Описание на програмата “**RESERVOIR1**”, на входните данни с инструкция за попълването им и на изходните резултати е изложено в **Приложение 4**. Тук се маркират основните елементи и възможностите на програмата за приложение на методиката.

Програмата е предназначена за оценка на безопасността на водоползването от язовир за ограничен период от време по зададени МПО, месечни нужди и месечен приток в този период. Това става чрез пресмятане на баланса между притока и разхода в язовира в продължение на зададения времеви период (прогнозния период), последователно за дискретни стойности на времето, които е прието да са равни на месец. Притокът се представя с БХР, която се въвежда като входна данна. Програмата извършва необходимите сметки за формиране на комплект с **В** (по формула (1)) на брой извадки с дължина равна на прогнозния период, извлечени от БХР по начина указан в &III.3.2. При едни и същи нужди балансът се пресмята за притока на всяка една извадка от зададена орамерителна група извадки (ОГИ). За всяка извадка се пресмята безопасността по обем, месеци и години. Стойностите на безопасността по години се подреждат в низходящ ред и за всяка от тях се пресмята емпиричната вероятност на превишение по формулата **$N/V + 1$** като **$1 \leq N \leq V$** .

Безопасността се определя в **две опции**. При първата опция източването на язовира става според нуждите и разполагаемия ресурс - докато има вода в язовира, като при празен язовир водоподаването се ограничава от притока в него. Не се предвижда изпускане на вода за освобождаване на обеми и ограничаване с цел преразпределение на дефицита. Първата опция се използва за оценъчни сметки - определяне на МПО на язовира при зададени безопасности на потребителите при желани вероятности на превишение (ВПр) или определяне на последните при разполагаемия МПО. **Тя може да се нарече „оразмерителна” опция.**

Втората опция изчислява безопасностите на водоползването при определен МПО, получени при „реално” управление на язовира. То се симулира чрез изтакане, съгласно определените в началото на месеца лимити за изпускане и водоподаване и намаляване на водоподаването чрез частично или пълно отчитане на дефицита при навлизане в неговата зона за ПП. Лимитите се определят съгласно приет прогнозен приток. Обемът му в края на месеца, обаче, се изчислява при действителния приток, зададен с хидроложка редица. Изборът на опциите се извършва с входна данна. Втората опция дава възможност да се оцени целесъобразността на приетите правила за изпускане и водоподаване, съобразени с характерните месечни напълвания (зоните) при реално изтакане от язовира. Критерий за целесъобразност е доближаването до безопасностите, постигнати при оразмеряването. **Втората опция може да се нарече „тестваща” опция.**

Програмата е разработена на език Фортран. Удобно е да се използва в среда на софтуера MSDEV, която предлага много удобства при попълване на данните, пускане на програмата, четене на резултатите. Освен това в нея може да се променят *source* модулите и да се транслират наново.

Програмата се състои от главна програма, записана във файл Reservoir1.for и три подпрограми записани във файли Balanse1.for, Balanse2.for и Balanse3.for. Подпрограмите, според номерацията им, изчисляват баланса на язовир с групи потребители, съответно с един, два или три приоритета. Това е направено за простота на алгоритъма. Главната програма въвежда данните, избира групата извадки ОГИ, ограничени в зададен интервал между максимална и минимална безопасности на средния им приток. За всяка извадка от ОГИ вика според броя на

приоритетите една от подпрограмите за изчисление на баланса, изчислява вероятностите на превишение на обезпеченостите, изчислени за всяка извадка и записва на изходен файл резултатите от цялото изчисление. Подпрограмите изчисляват баланса за всяка извадка, като управляват водоподаването, според броя на приоритетите. Счетено е, че в България няма многоцелеви язовир с повече от три значителни независими водоползватели с различни приоритети.

Управлението на начина на източване от язовира зависи от опцията на изчисление.

Първа - «оразмерителна» опция». Общото при тази опция при всички видове водоползвания е, че не се изпускат води за освобождаване на обеми. При напълване язовирът прелива. Също при наличие на дефицит не се ограничава водоподаването, а се източва до изпразване на язовира, тъй като оразмерителните оценки се съобразяват с нормативни изисквания към обезпеченостите по години. Те са определени при такива условия на изтакане – без управление на дефицита, което може да бъде най-различно и да измени обезпечеността по години и без ограничаване на преливането с изпускане на обеми. Управлението на водоподаването зависи от броя на приоритетите:

- при водоползватели с един приоритет водоподаването не се ограничава от правила. Източва се според нуждите до изпразване на язовира.

- при водоползватели с повече приоритети водоподаването се управлява по начин да се осигури обезпечеността на всяка група водоползватели съгласно техния приоритет. Язовирът се разделя на зони по височина за потребители с различни приоритети, както е споменато в &I.1 на раздел I. Може да има максимум 5 зони. Зона 1 – на дефицита, най-ниската, зона 2 – зоната на водоподаване само на ПП, зона 3 - зоната на водоподаване само на ПП и ВП, зона 4 - зоната на водоподаване на ПП, ВП и ТП, зона 5 - зоната на изпускане на води.

Водоподаването (месечният обем) става според разположението на наличния обем в язовира в някоя от зоните в началото на месеца. Вода се подава за всички потребители с приоритет равен и по-висок от приоритета на зоната, в която се намира наличния обем. Например, когато той е в зоната на потребител с приоритет 3, вода се подава за потребители с приоритет 1, 2 и 3. Когато е в зоната на потребител с приоритет 1, вода се подава само за потребители с приоритет 1.

Критерий за водоподаване в алгоритъма на програмата е сумата от наличния обем плюс месечния приток минус сумата от нуждите, изпарението и необходимото напълване в края на месеца (стойността на линията на месечните напълвания ограничаваща зоната отдолу) да е по-голяма или равна на нула.

Втора – «тестваща» опция. Тази опция има за задача да симулира изменението на обема на язовира и да оценява реалната обезпеченост на потреблението от него при водоподаване съгласно планираните нужди и правилата съобразно приоритетите и наличния обем. Тези правила са еднакви с тези при първата опция, но се прилагат при прогнозен приток. Освен това, когато наличният обем на язовира е в зоната над ОМН, «излишните» води (лимитът за изпускане) се изпускат и обемът в язовира се поддържа равен на ОМН. Този лимит е равен на разликата между сумата на наличния обем плюс прогнозния приток минус сумата на изпарението и ОМН в края на месеца. В допълнение, когато наличният обем на язовира е в зоната на дефицита (под ММН1), дефицитът може да се редуцира с приет коефициент ≤ 1 , при което се подава вода с отчитане на целия или част от дефицита за този месец. Всички изчисления се извършват с приет прогнозен приток.

Това тестване може да стане за действителен приток представен от ОГИ или друга хидроложка редица от месечни стойности на притока. Когато се приема ОГИ получените обезпечености могат да се сравнят с оразмерителните и да се съди за

целесъобразността на зоните и на правилата за изтакане. Обемът на язовира в края на месеца се изчислява с отчитането на действителния приток (ОГИ). С него се съобразява и водоподаването, когато язовирът се изпразни.

Входните данни не са много на брой и се подават чрез входен файл. Изходните файли съдържат много информация, която се управлява чрез входни кодове. Обезателно се записва входната информация и обезпечеността по обем и години на всяка група водоползватели по реда на номерата на извадките и също във възходящ ред на вероятността за надвишение на обезпеченостите. Подробности за тях са дадени в Приложение 4.

IV.3.4. Подбор на представителен единичен годишен хидрограф на месечното разпределение на притока

Характерните месечни напълвания OMH_i и MMH_i за задоволяване на потребителите с приоритет от 1 до "i", съгласно изложеното в точка IV.3.1 и IV.3.2, варират месечно. Условно може да се приеме, че OMH_i съдържат две съставки – обемът $V_{сез}$, необходим за регулиране на месечната неравномерност на притока и буферния обем $V_{мнг}$, необходим за регулиране на неравномерността на годишния приток в прогнозния период. Може да се приеме, че $V_{мнг}$ варира в рамките на периода, но не и месечно.

Сезонната съставка на полезния обем варира всеки месец и по правило трябва да се изменя между 0 и $V_{сез}$. Тя трябва да формира MMH_i .

Определянето на $V_{сез}$ и месечните обеми се извършва чрез изчисление на баланса при регулиране на годишен приток с обем равен на обема на потреблението. За целта трябва да се използва месечен хидрограф на такъв приток. Използването за тази цел на реални хидрографи (фиг. IV.3.1), избрани от БХР, води до резултати съответстващи на месечното разпределение на притока, присъщо на тези конкретни хидрографи. Тъй като месечното разпределение на притока е силно варираща величина, с $C_v >> 0,15$, всеки реален хидрограф ще има различно месечно разпределение.

Минималните месечни напълвания, определени с такива хидрографи с приблизително еднаква обезпеченост на годишния обем, но с различно разпределение, ще се разминават разнопосочно. Ако си представим, че определим месечните напълвания при регулиране на хидрографи с всички възможни месечни разпределения, за всеки месец ще се получи една минимална и една максимална стойност. Разликата между тях за различните месеци не е една и съща, защото притокът в месеците в годината варира различно – през есенно-зимните месеци вариацията е по-малка и по-голяма през пролетно-летните месеци. Това води до изравняване на месечните разлики както на минималните, така и на максималните месечни напълвания, получени по този начин. Нито минималните, нито максималните стойности ще отразяват реалното изменение на месечните обеми в язовира. Затруднява се изборът на MMH_i при използване на такива хидрографи. Освен това не е възможно да се отчетат хидрографи с всички възможни месечни разпределения.

Затова в методиката се приема, че месечните напълвания при сезонно регулиране на притока се състоят от MMH_i , и буферен обем, който трябва да компенсират разликите в месечното разпределение на притока с обем равен на потреблението.

За определяне на MMH_i се използва хидрограф с представително за притока месечно разпределение с обем равен на потреблението. Определянето на буферния обем ще се извърши чрез пресмятането на баланса на язовира при приток представен от ОГИ. Този обем може да се счита като част от $V_{мнг}$, още повече, че се определя по същия изчислителен път.

Получената чрез него месечна неравномерност на напълванията най-малко ще се отклонява в двете посоки от получената такава при реалните хидрографи със същия приток. Това приемане е инженерно и води до опростяване на проблема за определяне на $V_{сез}$ и месечните напълвания. То, обаче, се налага от невъзможността да се решава проблема в цялото му многообразие. Така всъщност се определя по-малко $V_{сез}$, но за сметка на това се определя буферен обем, който съгласно начина му на определяне, ще осигури регулирането на притока за задоволяване на зададеното потребление.

Такива хидрографи с представително месечно разпределение и обем равен на потреблението могат да се получат на базата на единичен хидрограф с

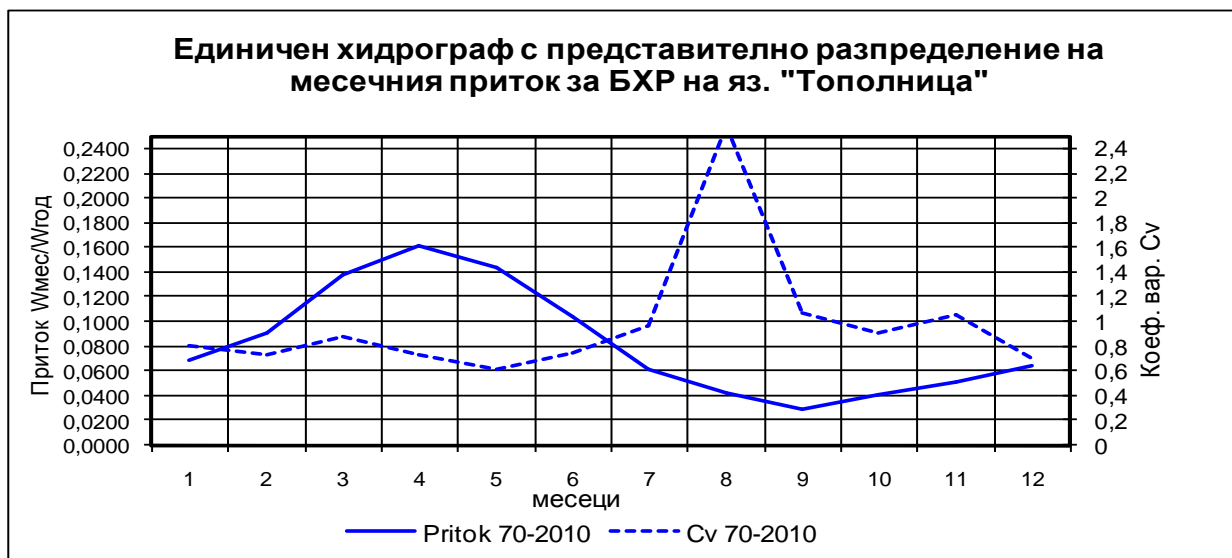
представително разпределение. Такъв би могъл да бъде единичен хидрограф със средностатистическо за БХР месечно разпределение или разпределение с най-голяма честота на случване в рамките на същата БХР.

Въпросът кой от тях да бъде избран е изследван експериментално и описан в **Приложение 5**. Там също с конкретни данни е показан начинът за получаване на единичния хидрограф с представително разпределение на месечния приток. От тези изследвания се прави изводът, че най-подходящ за целите на разглежданата в тази методика задача е средностатистическият единичен хидрограф. Той се получава като цялата БХР се преобразува в състояща се от единични годишни хидрографи чрез разделяне на месечния приток на всеки годишен хидрограф на обема на неговия годишен приток. След това се съставя средностатистическият единичен годишен хидрограф, състоящ се от средната стойност на месечния приток на цялата БХР от единични хидрографи. Той може да бъде наречен единичен годишен хидрограф със средностатистическо разпределение(ЕХССР).

След като бъде подбран единичен хидрограф с представително за хидрологията на района месечно разпределение на негова основа могат да се съставят хидрографи с всякакъв обем, респективно обезпеченост. Това става като месечните стойности на единичния хидрограф се умножат с годишния приток. Те по-нататък ще се използват във водобалансовите изчисления за определяне на годишния обем и необходимите месечни напълвания на язовира. Така също могат да се изчислят и хидрографите на така наречените характерни годишни притоци с обезпечености 50%, 75%, 85%, 95% и т.н.

Трябва да се отбележи, че месечните стойности на тези хидрографи нямат обезпечеността на годишния им обем. Например обезпечеността на месечните стойности на хидрограф с обезпеченост на притока 75% варират около 75%. В някои месеци са с по-голяма, а в други – с по-малка обезпеченост от 75%. Във всеки случай тази вариация е по-малка отколкото вариацията на обезпеченостите на месечните обеми на реалния хидрограф на притока от БХР с обезпеченост 75% на годишния обем.

На фигура IV.3.1 е е показан за илюстрация единичният хидрограф за редица на притока в яз. Тополница за период 1970-2010. Прави впечатление много високия Cv за месечния приток за м.август, дължащ се на големия приток в 2005 г.



Фиг. IV.3.4.1

IV.3.5. Определяне на максималния ползешем обем, ограничителните и минималните месечни напълвания (ОМН_i и ММН_i) и лимитите за изпускане на води и водоподаване от язовирите

IV.3.5.1.Общи съображения

При определянето на МПО, ОМН и ММН и лимитите за изпускане и водоподаване от функциониращи язовири могат да са налице два случая. В първия случай задоволяването на водоползването с необходимата обезпеченост изисква по-малък обем от МПО на язовира. Тогава се търси размера на МПО, необходим на водоползването. Останалата част от обема на язовира може да остане като ретенционен, ако има нужда, или да се определи друг независим водоползвател – ВЕЦ, ако има такъв. При втория случай се определя възможният размер на водоползването, което може с необходимата обезпеченост да се задоволи с разполагаемия МПО на язовира. И в двата случая изчислението се извършва с програмата RESERVOIR1, като се задава МПО и се търси обезпечеността на зададено потребление. В първия случай, обаче, задава се потреблението с исканата обезпеченост и се търси чрез итерирание с различни стойности на МПО тази негова стойност, при която се постига желаната обезпеченост. При втория случай, при зададен МПО, се изменя потреблението за да се определи тази негова стойност, която се задоволява с исканата обезпеченост. Може и само да се определи обезпечеността, с която се задоволява някакво, вече установено потребление. Когато се споменава понятието обезпеченост оттук нататък винаги ще се подразбира, че тя се оценява за ограничен прогнозен период и е свързана с вероятност на превишение в този период.

При язовири с голям многогодишен обем началният обем има съществено значение за оценката на обезпечеността в прогнозния период. В ОГИ, с която се прави оценката, може да има извадки започващи със сухи години, при които началният обем на язовира има значение. Също може да има извадки със среден приток по-малък от обема на потреблението и недостигът трябва да се взима от язовира. Затова при такива случаи, когато при зададен МПО на язовира се цели определяне на възможното потребление, което може да се задоволи със зададена обезпеченост, то се определя за различни стойности на началния обем. Тези оценки дават възможност въз основа на наличния обем в язовира в момента да се прецени каква ще бъде вероятността в прогнозния период потреблението да бъде задоволено с желаната обезпеченост. Пример за такъв вид оценки е показан при определянето на правилата за управление на яз. „Искър”, определени като приложение на тази методика.

Трябва да се изтъкне, че е важно общият обем на водоползването да е под средния приток на най-сухата извадка от ОГИ. Само при такъв случай чрез МПО на язовира практически може да се осигурят високи обезпечености за отделните потребители.

Определянето на максималния ползешем обем (МПО) на язовира с водоползватели с еднакъв приоритет и обезпеченост не изисква предписване на специално управление на изтакането на язовира. Даже напротив, при оценка на обезпечеността на водоползвателите не трябва да се предвижда никакво преразпределяне във времето на източването при воден недостиг, защото то води до намаление на оценката на обезпечеността по години. Оценката на обезпечеността по години е предназначена за сравнителни цели при технико-

икономическите оценки на водопотреблението. Последната е условна величина и се преценява с оглед на задоволяване на някакви референтни (нормативни) обезпечености, определени в миналото, при които не се предвижда преразпределение на източването с цел намаляване на остротата на дефицита. Не се предвижда също изпускане на „излишни“ води за освобождаване на обеми по зададени лимити, защото при тази дейност има възможност да се изпуснат и необходими води. Приема се, че язовирът прелива свободно, когато се напълни.

При определяне на МПО при водоползватели с различни приоритети се налага управление на изтакането на язовира, но само с цел осигуряване на приоритетите на различните потребители.

Реалното управление на водоподаването не е обвързано с тези условности и трябва да се извършва по правила, описани по-нататък в тази методика.

Накрая трябва да се отбележи, че при съвременните методи за оразмеряване, разделянето на **язовирите на сезонни и многогодишни е доста относително**. Определянето на МПО на язовирите се извършва по един и същи начин чрез проследяване на баланса при приток представен с хидроложка редица. Всеки язовир при експлоатация в някаква степен се явява като многогодишен регулатор. Степента на изравняване на многогодишния приток определя неговия обем и това дали язовирът се счита за многогодишен или сезонен. **Поради тези съображения при описание на методиката по-нататък язовирите не се разделят на сезонни и многогодишни. За улеснение на изложението условно ще използваме величината $V_{\text{сез}}$. Това е обемът, необходим на язовира за пълно регулиране на месечната неравномерност само на “оразмерителния” приток, представен с ХССР, но не и на останалите възможни реализации на притока.**

IV.3.5.2 Язовири с група водоползватели с еднакъв приоритет

Определянето на МПО се извършва на два етапа.

Първи етап

На първия етап се определя необходимият обем $V_{\text{сез}}$ и месечните напълвания **ММН** за месечно регулиране на приток равен на разхода. Това става по класическия метод чрез баланс между притока и разхода в рамките на едногодишен период. Този приток по-нататък ще наречем условно „оразмерителен“, тъй като той ще определя месечното изменение на необходимите напълвания в язовира. **Оразмерителният приток се представя от годишен хидрограф със средностатистическо за хидрологията на района месечно разпределение (ХССР) и обем равен на разхода.**

Разходът включва зададеното водоползване със съответния месечен график на разпределение, изпарението и всички останали загуби. Изпарението зависи от сезона и площта на езерната повърхност. Поради това представянето на разхода може да стане само приблизително и може да се уточни итерационно с едно предварително изчисление, при което се установява размера на месечното и годишното изпарение. Изчислението на баланса може да стане ръчно, графично или чрез симулираща програма. За първите два начина съществуват елементарни инженерни методи, които не е необходимо да се използват при наличие на РС и софтуера **RESERVOIR1** описан в т. IV.3.2.

При този баланс месечният полезен обем на язовира извършва пълен цикъл между максимум и минимум, който трябва да е близо до нула. **Това са всъщност минималните напълвания на язовира (ММН) в края на всеки месец, които се получават при цялостно задоволяване на потреблението при регулирането на годишен приток с обем равен на потреблението и средностатистическо месечно разпределение.**

Разликата между минималната и максималната стойности на месечните обеми определя $V_{\text{сез}}$ на язовира. Разликата между минималната месечна стойност и обема във всеки месец определя минималните месечни напълвания ММН.

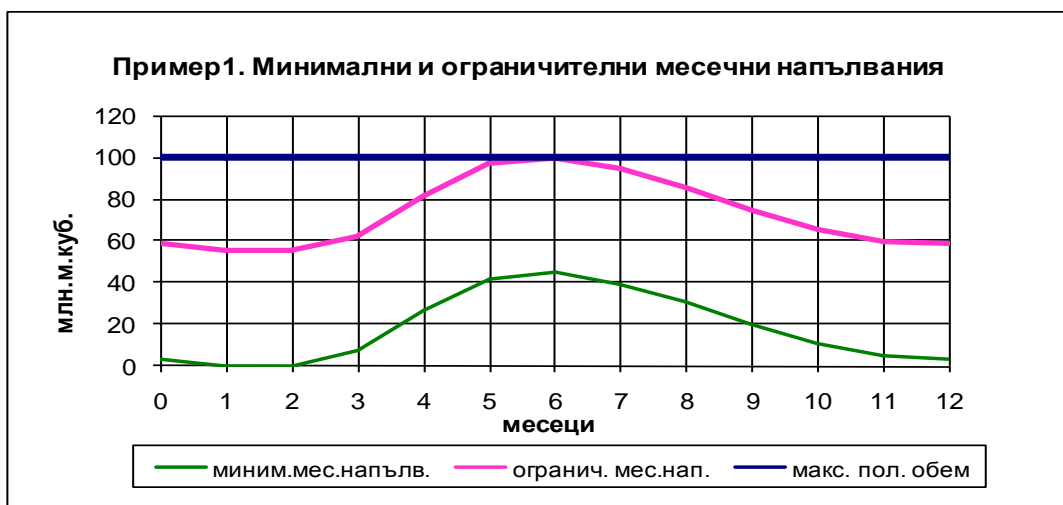
Втори етап

На втория етап се определя МПО. Това се постига като при зададен МПО и начален обем се изчислява баланса на язовира и обезпечеността на зададеното (установеното) водоползване в прогнозния период за приток представен от ОГИ. Чрез итерирание се определя стойността на **МПО**, при която се получават исканите обезпеченост и вероятност на превишение на водоползването. За целта се използва пак софтуера **RESERVOIR1**.

Проверява се дали така определенният МПО е по-малък или равен на действителния МПО на язовира. Ако е по-малък значи, че язовирът има възможност да задоволява и друг независим водоползвател или да отделя излишен обем за ретензионни цели (запазен свободен обем). Ако е по-голям, или трябва да се намали потреблението, или трябва да се изчисли по същия начин реалната обезпеченост на установеното водоползване при действителния МПО на язовира. В последния случай ММН не се променят.

Ограничителните месечни напълвания ОМН се определят като към ММН се прибави разликата между МПО и $V_{\text{сез}}$.

Описаната методика е демонстрирана чрез два примера, описани в Приложение 6. На фиг. IV.3. 5.1 са показани линиите на ОМН и ММН за язовир с цел водоснабдяване.



Фиг. IV.3. 5.1

Очертани са три зони на полезния обем на язовира. Зона 3 е зона на „излишните” води, които могат да се изпускат. Зона 2 е зона на безпроблемно водоподаване. Зона 3 е зона на дефицита.

Управлението на язовира при водоползватели с еднакъв приоритет има за цел: когато е препълнен (зона 3), ако преливането не е желателно, да изпускат „излишните” води, да подава вода според нуждите, когато обемът му е между ОМН и ММН и да въвежда икономии във водоподаването, когато той е под ММН. **КО** контролира изтакането от язовира чрез спуснати **лимити** в началото на всеки месец. Лимитите се определят въз основа на наличния обем в язовира в началото на месеца W_0 , приетия прогнозен приток и ОМН или ММН.

Лимитът за изпускане $W_{\text{изпускане}}$ се определя като от сумата на **наличния обем W_0 плюс прогнозния приток $W_{\text{прог.пр.}}$** се извади сумата от **водоподаването за нуждите $W_{\text{нужди}}$, изпарението $W_{\text{изп}}$ и ОМН** в края на месеца :

$$W_{\text{изпускане}} = W_0 + W_{\text{прог.пр.}} - W_{\text{нужди}} - W_{\text{изп}} - \text{ОМН} \quad (1)$$

Лимитът за водоподаване W е равен на планираните нужди, ако разликата между сумата от наличния обем плюс прогнозния приток и сумата от нуждите плюс изпарението, изпуснатите води и ММН в края на месеца **е по-голяма или равна на нула.**

$$W_0 + W_{\text{прог.пр.}} - W_{\text{нужди}} - W_{\text{изп}} - \text{ММН} - W_{\text{изпускане}} \geq 0 \quad (2)$$

Въз основа на тези правила за дискретни стойности на обема на язовира от 0 до МПО може да се съставят таблици с изчислени стойности за лимита за изпускане и водоподаване за всеки месец от годината. Чрез ползване на тези таблици за актуалния обем в язовира в началото на месеца КО ще спусне лимитите. В Приложение б са показани такива таблици. Показана е също и електронна Таблица – калкулатор с програмирани, въз основа на уравнения (1) и (2) клетки, чрез която задавайки наличният в язовира в началото на всеки месец обем се изчисляват за месеца лимитите за изпускане и водоподаване. При наличие на реална прогноза за притока тя също може да се въведе за изчислението.

Лимитите могат да служат за начален ориентир на ръководния персонал на язовира при изпускането и водоподаването. При изпускането той трябва да се съобразява с действителния приток и когато той е под прогнозния такъв, да се стреми обемът на язовира да не слиза под линията свързваща ОМН. Също да увеличи изпускането в обратния случай. При водоподаването ще се придържа към действителните нужди, ако са равни или под планираните. Така ще се коригира неточността на прогнозния приток.

Прогнозният приток не е от фатално значение за правилното управление на язовира. Влиянието на отклоненията от действителния приток, както се обясни по-горе, могат да се притъпят тежко в месеца. Лимитите се определят според действителния начален обем W_0 , поради което няма опасност от натрупване на грешки. Когато липсва актуална месечна хидроложка прогноза за притока (такава, както се вижда от раздел II, е много трудно да се набави) най-добре е за прогнозния приток да се приеме „оразмерителния” ХССР, с която е определена месечната неравномерност на ОМН.

Той има определена обезпеченост на средната си стойност, а обезпечеността на месечните стойности варира около нея. При конкретния пример в редиците на притока, представен с различните извадки, обезпечеността на ХССР варира между 95% и 85%. Следователно вероятността действителният годишен приток да е по-голям от прогнозния варира в същите граници, а на месечният – в по-широки граници около обезпечеността на годишния приток, който също може да се оцени.

Проведени са числени експерименти с определяне на обезпечеността на потреблението при реално изтакане (изпускане и водоподаване) на язовира, съобразно лимити, определени с прогнозен приток и действителен приток, представен от ОГИ. Те показват, че тя е най-висока и най-близка до оразмерителната, когато прогнозният приток е равен на „оразмерителния” ХССР.

Трябва да се отбележи, че когато прогнозният приток е равен на „оразмерителния” лимитите могат да се отчетат от графиките на фиг. 2. Те са равни на разликата между наличния обем в началото на месеца и ОМН в края на предшестващия месец. Например лимита за януари (обема, който трябва да се

изпусне до края на януари) е равен на разликата между обема в язовира в началото на януари и ОМН в края на декември, т.е. в един и същ момент.

IV.3.5.3. Язовири с две групи водоползватели с различен приоритет

Когато един язовир задоволява водоползватели с различен приоритет, по-високият приоритет обикновено е свързан с по-голяма обезпеченост. По-голяма обезпеченост означава в по-суха година да се осигурява вода на потребителя с по-голямата обезпеченост и да се ограничава или спира подаването на вода на потребителите с по-ниска такава. Следователно степенуването на приоритетите съответства на обезпеченостите на задоволяване, иначе не е възможно спазването им.

Обикновено язовирът има един основен водоползвател, като останалите или са с незначително потребление или имат подчинен статус. Такива са повечето язовири за напояване или водоснабдяване. При тях почти винаги има построена ВЕЦ, която по проект работи на подчинен, на основния потребител, режим. Това би трябвало да се нарича комплексно използване на водите.

Язовири с два и в редки случаи с три значителни независими водоползвателя са рядкост и това са предимно многогодишни изравнители с големи обеми. Такива язовири би трябвало да се наричат многоцелеви.

Трябва сумата от годишните обеми на всички независими водоползватели да е по-малка от средногодишния приток в язовира, определен от БХР. Максимум при такава потребление може да осигури водоползване с високи обезпечености при съответния полезен обем на язовира. Средногодишният приток на нашите реки в горното и средно течение, където се строят язовири, ограничава броя на значителните независими водоползватели. Освен това управлението на изтакането на такъв язовир е по-трудно. В настоящия момент, обаче, поради силно редуцираното напояване, много напоителни язовири могат да имат два независими потребителя – електропроизводство и напояване. В случая напояването трябва да има по-висока обезпеченост, защото е с по-висок приоритет.

Особеното при определяне на максималния полезен обем (МПО) при водоползватели с различни приоритети е в това, че източването на язовира трябва да се извършва по начин, осигуряващ при нисък приток запазването на обеми за гарантиране на водоподаване с необходимата обезпеченост на потребителите по реда на приоритетите. За тази цел за ползвателя с по-високия приоритет (ПП) се определят ограничителни месечни напълвания (ОМН1), под които не се подава вода за нископриоритетния ползвател. Те са свързани с необходимия полезен обем МПО1 за задоволяване на ПП с необходимата обезпеченост.

Изчисленията и определянето на МПО и в този случай се извършва на два етапа.

Първи етап

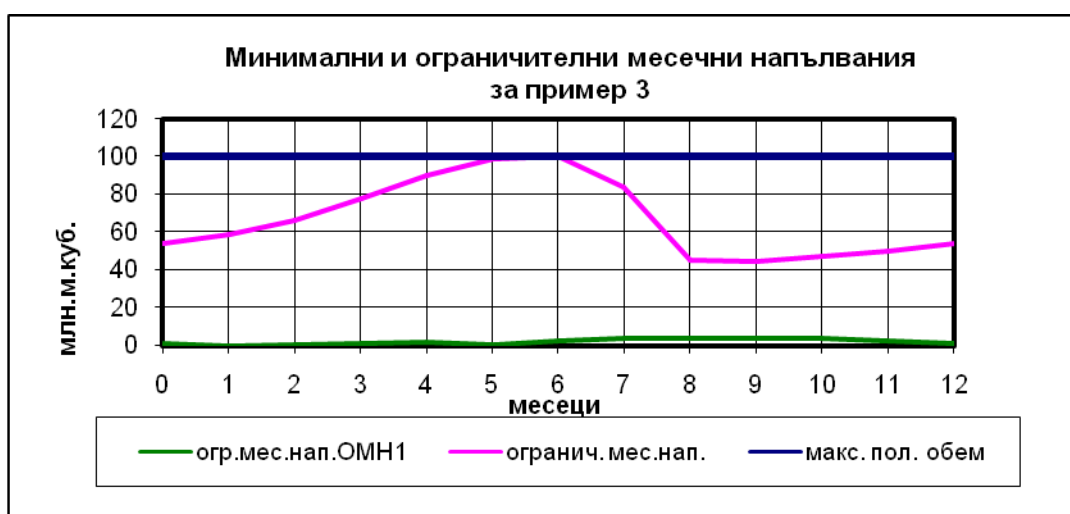
На първия етап се определят МПО1 и ОМН1 за първостепенния ползвател (ПП) на две стъпки. На първата стъпка чрез баланс между притока и разхода в рамките на едногодишен период се определят V_{ce31} и **ММН1** на ПП. Това се извършва чрез изчисляване на баланса при приток равен на ХССР1 с обем равен на потреблението на ПП. На втората стъпка с проследяване на баланса при всички извадки на ОГИ се определя итеративно необходимия МПО1 осигуряващ за ПП зададена обезпеченост по години с желана вероятност на превишение. Той е необходимият обем за задоволяване на ПП с исканите водностопански параметри. Съответно се определят ОМН1 като към ММН1 се добави разликата **МПО1** – V_{ce31} . ОМН1 са месечните напълвания ограничаващи водоподаването на ВП.

Втори етап

На втория етап се определят **ОМН** и **МПО** пак на две стъпки. На първата стъпка се определят необходимите месечни напълвания ММН2 и V_{ce32} , съответстващи на водоподаването за нуждите ПП и второстепенния ползвател (ВП) едновременно.

Това е необходимо, за да се определи неравномерността на необходимите месечни напълвания за регулирането на притока, съответстваща на двете водопотребления заедно. Това става чрез изчисление на баланса при приток ХССР2, който има обем равен на сумата от обемите на потреблението на ПП и ВП. При това изчисление източването се управлява като при обеми под ОМН1 вода се подава само за ПП. Така се осигурява неговият приоритет и обезпеченост. На втората стъпка се определя окончателният полезен обем на язовира като се пресмята баланса между притока и разхода, включващ и двете потреблениа, за редици на притока представени от ОГИ. Така се отчита вариацията на месечното разпределение на притока, както и необходимостта от акумулиране на многогодишни обеми. Изтакането се управлява както по-горе е описано. След това се определят ОМН като към ММН2 се добави разликата **МПО- V_{сез2}**.

Изчислението е илюстрирано на Приложение 7, а на фиг. IV.3.5.2 – получените ОМН1 (зелената линия) и ОМН (розовата линия).



Фиг. IV.3.5.2

Над розовата линия е зоната за изпускане на излишните води. Техните месечни лимити могат съвсем просто да се изчислят, като от наличния обем в началото на месеца се извади ОМН в края на предшестващия месец. Между розовата и зелената линия е зоната за безпроблемно водоподаване за напояване и оводняване. Под зелената линия вода се подава само за оводняване. И тук могат да се съставят таблици с лимитите за изпускане и водоподаване и таблицата калкулатор.

Лимитът за изпускане $W_{\text{изпускане}}$ се определя като от сумата на наличния обем W_0 плюс прогнозния приток $W_{\text{прог.пр.}}$ се извади сумата от водоподаването за нуждите $W_{\text{нужди}}$, изпарението $W_{\text{изп}}$ и ОМН в края на месеца :

$$W_{\text{изпускане}} = W_0 + W_{\text{прогн.пр.2}} - W_{\text{нужди}} - W_{\text{изп}} - \text{ОМН} \quad (3)$$

Прогнозният приток $W_{\text{прог.пр.2}}$ се приема равен на ХССР2, с който е определена месечната неравномерност на ОМН.

Лимитът за водоподаване W_2 за ВП е равен на планираните нужди, ако разликата между сумата от наличния обем плюс прогнозния приток и сумата от нуждите $W_1 + W_2$, плюс изпарението, изпуснатите води и ОМН1 в края на месеца е по-голяма или равна на нула.

$$W_0 + W_{\text{прогн.пр.1}} - W_1 - W_2 - W_{\text{изп}} - \text{ОМН1} - W_{\text{изпускане}} \geq 0 \quad (4)$$

$W_{\text{прог.пр.1}}$ е равен на ХССР1, с който е определена месечната неравномерност на ОМН1.

Лимитът за водоподаване W_1 за ПП е равен на планираните нужди, ако разликата между сумата от наличния обем плюс прогнозния приток и сумата от нуждите за ПП, изпарението, изпуснатите води и ММН1 в края на месеца **е по-голяма или равна на нула**.

$$W_0 + W_{\text{прог.пр.1}} - W_1 - W_{\text{изп}} - \text{ММН1} - W_{\text{изпускане}} \geq 0 \quad (5)$$

На горната фигура ММН1 и ОМН1 съвпадат.

IV.3.5.3. Язовири с три групи водоползватели с различен приоритет

Три значителни групи водоползватели с различни приоритети се срещат рядко, тъй като изискват големи обеми на язовирите и управлението им също е по сложно. Ако, обаче, се приеме оводняването на реките след язовирите като сериозен консуматор, доста язовири с цел напояване и енергодобив, могат да се окажат, че са с три групи водоползватели с различни приоритети.

Основен принцип при управление на изтакането на язовири с ползватели с различни приоритети е осигуряването на обезпечеността на по-високоприоритетния ползвател. Това може да стане повече или по-малко строго в зависимост от нивото на ограничаване на водоподаването за по-нископриоритетния ползвател. При наличие на три приоритета единият водоползвател може да е много важен (това е водоснабдяването) и за него да трябва да се предвиди голяма сигурност. Това ще стане като водоподаването за следващия по приоритет водоползвател (напояването) се ограничи при месечни напълвания $ОМН1$, които осигуряват задоволяване на ПП с необходимата обезпеченост. За останалите два водоползвателя, които могат да бъдат напояване и енергодобив, не е необходимо да се поставят такива изисквания.

Определянето на необходимите обеми на язовира и $ММН$ за всеки от трите водоползвателя може да стане по следната примерна методика на три етапа.

На първия етап първата стъпка се определя $МПО1$ на ПП, както при всички описани досега в т. IV.3.5.2 и IV.3.5.3 методи. Първо се изчислява $V_{ceз1}$ и $ММН1$ чрез $ХССР1$, който има обем $W_{потр1}$ на водоподаването на ПП. След това, на втората стъпка, чрез проследяване на баланса на язовира при приток представен от оразмерителната група извадки (ОГИ) се определя необходимият $МПО1$ за осигуряване на ПП с исканата обезпеченост и вероятност на превишение в прогнозния период и съответно се определя $ОМН1 = ММН1 + МПО1 - V_{ceз1}$.

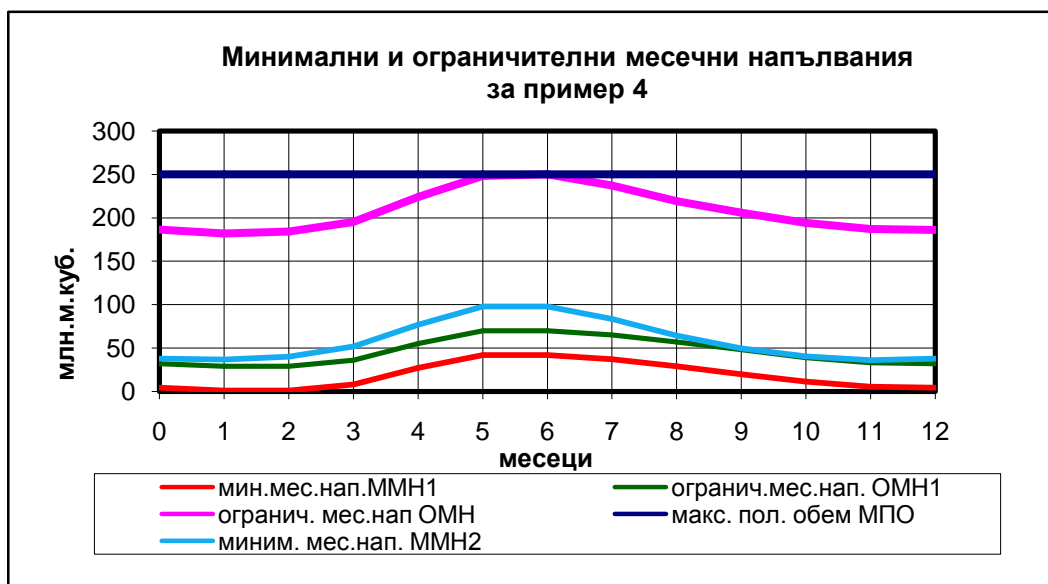
На втория етап на първата стъпка чрез $ХССР2$ с обем $W_{потр1} + W_{потр2}$ ($W_{потр2}$ е потреблението на ВП) се определят $V_{ceз2}$ и $ММН2$. При това изчисление водоподаването за ВП се ограничава от $ОМН1$ (ако изискванията за осигуряването на ПП не са толкова строги може да се приеме и $ММН1$), а за ПП няма ограничения. След това на втората стъпка чрез баланс с ОГИ може да се определи $МПО2$ и $ОМН2 = ММН2 + МПО2 - V_{ceз2}$.

На третия етап първата стъпка чрез $ХССР3$ с обем $W_{потр1} + W_{потр2} + W_{потр3}$ ($W_{потр3}$ е потреблението на третоприоритетния водоползвател (ТП)) се определя $ММН3$ и $V_{ceз3}$. При това изчисление ВП се ограничава от $ОМН1$, а ТП се ограничава от $ОМН2$ или $ММН2$ по преценка. След това се определя окончателният обем $МПО$ на язовира, който се изчислява като се проследява баланса му при приток представен от ОГИ и потребление $W_{потр1} + W_{потр2} + W_{потр3}$. При това изчисление водоподаването за ПП не се ограничава, за ВП се ограничава от $ОМН1$, а за ТП – от $ОМН2$ или $ММН2$. След това се определят $ОМН = ММН3 + МПО - V_{ceз3}$.

Приложението на описаната методика е показана в Приложение 8.

В резултат се получават 5 зони в язовира.

На фиг. IV.3.5.3 са нанесени линиите на тези зони.



Фиг. IV.3.5.3

Те очертават 5 характерни зони на полезния обем на язовира. Когато наличният обем в началото на месеца е между розовата и тъмносинята линия (ОМН и МПО), лимитът за изпускане е по-голям от нула и може да се изпусне за освобождаване на обеми. Когато наличният обем е между розовата и светлосинята линия, лимитът за източване е равен на нуждите и на трите водопотребителя и може да се водоподава според нуждите на трите потребителя. При налични обеми в зоната между светлосинята и зелената линия се източва само за нуждите на потребителя с първи и втори приоритет. При налични обеми в зоната между червената и тъмнозелената линия се източва само за ПП. Под червената линия е зона на дефицита. Източва се с недостиг.

Лимитът за изпускане $W_{\text{изпускане}}$ се определя като от сумата на наличния обем W_0 плюс прогнозния приток $W_{\text{прог.пр.}}$ се извади сумата от водоподаването за нуждите $W_{\text{нужди}} = W_{\text{потр1}} + W_{\text{потр2}} + W_{\text{потр3}}$, изпарението $W_{\text{изп}}$ и ОМН в края на месеца :

$$W_{\text{изпускане}} = W_0 + W_{\text{прог.пр.2}} - W_{\text{нужди}} - W_{\text{изп}} - \text{ОМН} \quad (6)$$

Прогнозният приток $W_{\text{прог.пр.3}}$ се приема равен на ХССР3, с който е определена месечната неравномерност на ОМН.

Лимитът за водоподаване $W_{\text{потр3}}$ за ВП е равен на планираните нужди, ако разликата между сумата от наличния обем плюс прогнозния приток и сумата от нуждите $W_{\text{потр1}} + W_{\text{потр2}} + W_{\text{потр3}}$ плюс изпарението, изпуснатите води и ОМН1 в края на месеца е по-голяма или равна на нула.

$$W_0 + W_{\text{прог.пр.2}} - W_{\text{потр1}} - W_{\text{потр2}} - W_{\text{потр3}} - W_{\text{изп}} - \text{ОМН2} - W_{\text{изпускан}} \geq 0 \quad (7)$$

Прогнозният приток $W_{\text{прог.пр.2}}$ се приема равен на ХССР2, с който е определена месечната неравномерност на ОМН2.

Лимитът за водоподаване $W_{\text{потр2}}$ за ВП е равен на планираните нужди, ако разликата между сумата от наличния обем плюс прогнозния приток и сумата от нуждите $W_{\text{потр1}} + W_{\text{потр2}}$ плюс изпарението, изпуснатите води и ОМН1 в края на месеца е по-голяма или равна на нула.

$$W_0 + W_{\text{прог.пр.1}} - W_{\text{потр1}} - W_{\text{потр2}} - W_{\text{изп}} - \text{ОМН1} - W_{\text{изпускане}} \geq 0 \quad (8)$$

$W_{\text{прог.пр.1}}$ е равен на ХССР1, с който е определена месечната неравномерност на ОМН1.

Лимитът за водоподаване W_1 за ПП е равен на планираните нужди, ако разликата между сумата от наличния обем плюс прогнозния приток и сумата от нуждите за ПП, изпарението, изпуснатите води и ММН1 в края на месеца е по-голяма или равна на нула.

$$W_0 + W_{\text{прог.пр.1}} - W_1 - W_{\text{изп}} - \text{ММН1} - W_{\text{изпускане}} \geq 0 \quad (9)$$

Прогнозният приток $W_{\text{прог.пр.1}}$ се приема равен на ХССРЗ, с който е определена месечната неравномерност на ММН1.

Въз основа на тези формули може да се съставят таблици с лимити за изпускане и водоподаване и за трите потребителя в зависимост от наличния в началото на месеца обем в язовира, както и таблица – калкулатор по подобие на същите в Приложение 5.

V. Определяне на размера на запазения свободен обем

V.1. Общи съображения

При настъпилите в последните години обилни валежи и наводнения, съчетани с несъобразното застрояване на долините след язовирите, преливането на големи водни количества стана опасно и нежелателно. Най-ефикасният начин за предпазване на земите след язовирите от наводнения и намаляване на преливното водно количество при нахлуване на ВВ с определена обезпеченост е поддържането на постоянно празни свободни обеми с необходимия размер.

Осигуряването на такива обеми има негативни последици. Намалява се полезният обем на язовира. Намалява средният напор на отработените от подязовирните ВЕЦ води. Усложнява се управлението на язовира. Следователно тази мярка ще трябва да се прилага там, където е доказана нейната необходимост, целесъобразност и възможност.

Такива са язовирите, при които има ограничение на максималното водно количество, което може безвредно да се проведе след тях. Същевременно намаляването на максималния полезен обем няма да се отрази съществено на водоползването или са възможни компромиси. **Неподходящи са язовирите от енергийните каскади и особено тези с подязовирни ВЕЦ.**

Оценка за необходимостта и възможността за оставяне на свободни обеми трябва да се прави за всеки отделен язовир с участието на стопаните му, водоползвателите от него и контролиращия държавен орган. За язовирите от списъка на Приложение 1 към ЗВ този орган е МОСВ. При всички случаи участие трябва да има органът, отговарящ за защита от наводнения.

Тъй като водоползването може да се изменя във времето, както е възможно след време да се подобрят условията за провеждане на води след язовира, на тази мярка може да се гледа като на **временна** – докато има необходимост и водоползването я позволява. Като се има предвид, че тя не иска никакви допълнителни конструктивни приспособления и капиталовложения, тази временност е присъщо качество на решението.

Понастоящем за много язовири у нас МОСВ определя всеки месец така наречените „контролни“ обеми, които язовирите не трябва да надхвърлят. Това е равносилно на запазването на дискутираните дотук свободни обеми. Резултатите от тази разработка ще дадат възможност за водностопанска и инженерно-техническа обосновка за тези „контролни“ обеми.

V.2. Определяне на размера на свободния обем

Размерът на свободния обем може да се определи от два аспекта:

– обемът, който е необходим за да може да се побере изцяло или частично ВВ с обезпеченост, определена от оценката на риска от наводнения след язовира или

– възможният размер, който след водностопански анализ на функцията на язовира се приема като допустим.

Оценката трябва да се извърши, съчетавайки тези две съображения.

В първия аспект обемът на ВВ, която трябва да се побере изцяло или частично, се определя от допустимото след язовира водно количество $Q_{\text{махдоп}}$, което не трябва да се надвишава с приета при оценката на риска от наводнения обезпеченост $P\%$. Например съгласно тази оценка след язовира X преливното $Q_{\text{прел}}$ не трябва да надвишава $Q_{\text{махдоп}}$ по-често от веднаж на 50 години. Това означава, че свободният обем трябва да побере такава част от ВВ с обезпеченост 2% , че $Q_{\text{прел}} < Q_{\text{махдоп}}$. Тази оценка трябва да се прави отчитайки включването на максималните

възможности на водоотвеждащите съоръжения на язовира след получаване на предупреждение за формиращата се ВВ. Тези съоръжения трябва да имат голяма надеждност. Може да се окаже, че $Q_{\text{прел}} < Q_{\text{махдоп}}$ и без свободен обем, дължащо се само на ретензионния ефект на язовирното езеро.

За да може да се направи тази оценка трябва да е определена теоретичната крива на обезпечеността на ВВ и пределното водно количество $Q_{\text{махдоп}}$. В раздел III е изложена методика за определяне на върха, обема и формата на ВВ и построяване на емпиричната и теоретичната криви на обезпечеността на максималното водно количество въз основа на измерения дневен приток в язовира. Оценката на $Q_{\text{махпред}}$ и на $P\%$ е въпрос за оценка на риска от наводнения за реката след язовира.

Във втория аспект въз основа на оценка на водностопански баланс на язовира се определя необходимият максимален полезен обем (МПО) за задоволяване на зависещото от този водоем потребление. Методиката за това е развита в Раздел IV. Разликата между действителния полезен обем плюс мъртвия обем и така получения МПО определя обемът, който може да се оставя празен за поемане на неочаквана ВВ.

Тук са възможни някои преценки в зависимост от важността на осигуряването на свободния обем и на възможността да се намали обезпечеността на потреблението. Тъй като достатъчно точна оценка на размера на потреблението, както за напояването, така и за водоснабдяването, реално може да се даде за период не по дълъг от 15-20 години, определянето на размера на свободния обем ще става също за такива срокове. Даже това може да стане за повече от една опция на водопотреблението така, че когато то се промени да не е нужно ново изчисление на баланса на язовира.

В зависимост от различните реализации на притока в рамките на този прогнозен срок потреблението с приета обезпеченост може да бъде осигурено с различни вероятности на превишение. Например потреблението може да е осигурено с 80% обезпеченост при 90% или при 50% от възможните реализации на притока в прогнозния срок. При двата случая ще са необходими различни МПО на язовира.

Изборът, както на обезпечеността, така и на вероятността на превишение зависи от потребителя. Този въпрос е както икономически, така и обществен, когато потребител е водоснабдяването, и не особено лек за решение. За това допринасят липсата на актуализирани норми на необходимата обезпеченост на потреблението, освен при водоснабдяването. Също и въвеждането на новото понятие „вероятност на превишение“ в прогнозния период, което оставаше скрито при определянето на обезпечеността като детерминирана величина по традиционните методи и предлага различни опции на избор. Засега няма никакви нормативни изисквания по отношение на комбинацията обезпеченост с вероятност на превишение.

Тогава както се вижда, преценявайки необходимия размер на свободния обем с оглед риска от наводнения по първия аспект и имайки предвид водностопанските оценки по втория аспект трябва да се стигне до необходимото решение.

Извършването на тези оценки, показани на пример с реални данни, отнасящи се за яз. „Тополница“, с използване на данните от примерите в раздел III и IV е подробно описано в Приложение 9.

VI. Дейности и оценки за освобождаване на обеми за очакван голям приток

Когато не се желае язовира да прелива или преливното водно количество с фиксирана обезпеченост трябва да е под някаква стойност, определена от оценката на риска от наводнения след язовира, е необходимо по възможност в него да има буферни обеми, които да поемат разликата между притока и разхода. Последният се състои от водното количество за задоволяване на нуждите и за производство на негарантирана енергия при многоводие и водното количество проведено през изпускателите. Размерът на тези буферни обеми се ограничава от максималните месечни напълвания, които гарантират задоволяване на водоползването в прогнозния период с набелязана обезпеченост и вероятност на надвишение. Това са така наречените ограничителни напълвания в края на всеки месец (ОМН), които се определят по методиката описана в Раздел IV („контролни“ обеми). Те са различни за всеки месец и може да се приеме, че ограничителният обем се изменя между тях линейно в рамките на месеца – розовата линия на фиг.VI.1. Разликата между МПО и този обем определя размера на буферния обем във всеки момент от времето.

Въз основа на ОМН по методиката описана в Раздел IV за различни стойности на полезния обем в началото на месеца се определят месечни лимити за изпускане. Те се задават от контролиращия орган на управлението на язовира и служат за ориентир при изпускането му. То от своя страна трябва да има грижата чрез регулиране на изпускането да се стреми да поддържа необходимото във всеки момент ОМН. Когато притокът е по-голям от максималното водно количество, което може да се отвежда при наличното ниво в язовира, той започва да се пълни и може да прелее. Проблемът се състои в ограничаването на това преливане в рамките на допустимото с оглед безопасността на земите след язовира.

В крайна сметка освобождаването на обеми за поемане на очакван приток при даден язовир се състои в реализирането на следните дейности и оценки:

– **Поддържане на ограничителните напълвания чрез източване за покриване на нужди и силодобив и изпускане на води от язовира в съответствие с актуалния дневен приток.** За целта трябва въз основа на оценения приток (БХР) и планираното потребление да са определени ОМН по методиката описана в раздел IV. Графиките със стойностите на ограничителните напълвания (ОН) трябва да са оперативен инструмент на управлението на язовира и чрез изтакането му обемът в него да се поддържа близо до ОН в момента. Увеличаване на изпускането и слизане под ОН може да стане при наличие на хидроложки прогнози за голям приток в няколкодневен или по-дълъг срок. Тъй като, както се вижда от описаното в раздел II, изработването на такива прогнози за конкретния язовир е свързано с доста сложни процедури като избора и калибрирането на подходящи хидроложки модели и други средства, трудно осъществими при нашите условия и язовири, ориентир могат да бъдат и метеороложките прогнози за очаквани интензивни валежи. В това се състои основната дейност за предпазване на язовира от преливане.

Тази дейност се улеснява когато въз основа на наличната информация за притока (БХР), възможностите за водоотвеждане и планираното водопотребление са извършени вероятностно-статистически оценки и са определени възможностите на язовира да се напълни и прелее в различните месеци на годината. Те са описани по-долу.

– В края на всеки месец в зависимост от ОМН язовирът разполага с различен буферен обем, в който да се акумулира разликата между разхода от язовира при действие на всички водоотвеждащи съоръжения и притока, надхвърлящ възможностите на изпускане и източване от язовира. Необходимо е да се направи оценка на възможността и размера на обема, който ще прелее през преливника за всеки месец от годината с оценена вероятност. Трябва да се направи приблизителна преценка на преливното водно количество, което да се съпостави с допустимото водно количество за провеждане след язовира с приетата вероятност на риска. Условие за тази оценка е в началото на месеца язовирът да е пълен до ОМН, т.е в предишния месец не е запълнен от приток с малка обезпеченост. Случване на приток с малка вероятност два месеца последователно е събитие с много по-малка вероятност от тази на голям приток в един месец и не влиза в обсега на тези оценки.

За да се направи преценката на **преливното водно количество** точно трябва да се изчисли баланса между притока и разхода в дневни интервали в месечен период. За всеки ден трябва да се зададе притока и разхода. Последният зависи от капацитета на основните изпускатели, които са функция на нивото в язовира в съответния дневен интервал.

Тази сметка, макар и проста, може да не е необходима, ако се окаже, че месечните обеми с обезпеченост равна или по-малка от приетата вероятност на риска от наводнение след язовира, се побират в буферния обем. Тогава е достатъчно да се изчисли за всеки месец **максималният воден обем, който може да се изпусне** докато буферният обем се пълни до кота преливник, като се приеме равномерен приток и разход. Разходът от изпускателите ще трябва да се изчисли за среден напор $H_1 + 2/3 H_2$, като H_1 е разликата между котата при ОМН и на оста на тръбопровода на основния изпускател, а H_2 е разликата между нивото в язовира при ОМН и МПО. За всеки месец могат да се изчислят тези обеми и да се съпоставят с месечния приток с интересоващите ни обезпечености.

За целта трябва да се построят емпиричните криви на обезпеченост на месечния приток на основата на БХР.

Най-рисковани могат да се окажат летните месеци, когато язовирът трябва да е пълен и ОМН=МПО. Тогава може да се разчита само на максималния капацитет на изпускателите. В тези месеци най-важна роля имат краткосрочните хидрометеороложки прогнози за ВВ, тъй като по правило в тези месеци притокът е незначителен. В такива случаи при прогнози за интензивни валежи изпускането на водите на язовира би трябвало да започне предварително.

Оперативното управление на изпускането на язовира изисква маневреност и съобразяване с актуалните условия. Направените оценки, лимити и всякакви предписания имат по-скоро ориентировъчен характер.

По принцип при язовирите с **ограничения на преливането** би трябвало обемът в язовира да се поддържа на нивото на ОН. Излишният приток трябва да се изпуска през подязовирната ВЕЦ, ако има такава, с което няма да се губи вода. Това, разбира се, води до риск язовирът да не се напълни, ако притокът бъде под ХССР, с който са определени ОМН. Тази вероятност е оценена и зависи от обезпечеността на обема на ХССР. Този проблем е по-съществен при язовирите с цел водоснабдяване. Затова при такива язовири трябва да се вземат мерки за отстраняване на причините за ограничаване на преливането им.

Проблем свързан със скоростта на изпразване на язовира възниква при земнонасипните стени. При такива стени бързото понижаване на водното ниво може да

доведе до нарушаване на устойчивостта на водния откос, което налага съобразяване на скоростта на изпразване с допустимата за запазване на тази устойчивост скорост.

Максималната скорост на изпразване м/ден се определя лесно като се знае максималната пропускна възможност от язовира при различни водни нива. Определя се водният обем, който може максимум да се изпусне за един ден при различни водни нива - $V_{изп.дн}(H) = V_{осн,изп}(H) + V_{вод.вз}$ като $котаМОС \leq H \leq котаНВРВН$. От H зависи само водното количество на основния изпускател. Като се знае $V_{изп.дн}(H)$ скоростта на понижение на водното ниво ΔH за един ден при различни водни нива H се определя от кривата $H=f(V)$ като $\Delta H = H(V_i) - H(V_i - V_{изп.дн}(H))$ м/ден.

В нормалния случай в експлоатационните правила на язовира трябва да е предписана максималната допустима скорост на изпразване. Трябва също при проектирането да е проверена стабилността на водния откос при аварийно изпразване на язовира през основния изпускател. В такива случаи трябва да се провери дали така определената максимална или средна по височина скорост $\Delta H=f(V)$ м/ден не надвишава допустимата скорост на изпразване.

Ако липсват такива данни извършването на оценки за определяне на допустима скорост на изпразване е доста сложна математическа задача. Тя е свързана с определяне на нестационарната депресионна крива на филтрация на водата през водния откос, свързана с понижението на водното ниво, едновременно с оценка на устойчивостта на откоса при различни положения на тази крива.

В такива случаи трябва да се направи глобална оценка на устойчивостта на откоса при водонаситена до НВРВН предна половина на стената по метода на кръгово цилиндричните хлъзгателни повърхнини на Терцаги, който метод е описан в учебниците и справочниците по хидротехнически съоръжения. Всички характеристики на хлъзгащите и задържащите сили трябва да са при водонаситено състояние. При стени с екран проверката трябва да се направи за хлъзгане по плоскостта на леглото на екрана.

Ако се окаже, че устойчивостта при тези условия е задоволителна, няма да има ограничение на скоростта на изпразване от язовира. Ако не, може да се направят приблизителни оценки на скоростта на дрениране на водния откос при различни понижения на нивата на водата в язовира с отчитане на скорост на филтрация с порядък 10^{-2} за земен насип и 10^{-4} за глина при наличие на екран. Тези изследвания са доста специализирани и изискват съответна квалификация.

Накрая остава тази скорост да се съобразява с опита на експлоатацията на язовира. Най-добре е предварително да се уточнят наличните данни, свързани с допустимата скорост на изпразване, които могат да направят излишни горните оценки.

Изпълнението на описаните горе оценки и процедури, свързани с освобождаване на обеми за поемане на очакван приток е показано на пример с данните на яз. „Тополница”. Примерът е описан в Приложение 10.

VII. Определяне на $Q_{\text{maxпрел}}$ при частично акумулиране на ВВ от свободния обем или при ретензиране на ВВ при пълен язовир

VII.1. Общо описание и теоретичен модел

Определянето на максималното преливно водно количество при нахлуване на висока вълна (ВВ) в язовира, водещо до неговото преливане, е важно звено от комплекса от методи, необходими за определяне на свободни обеми за поемане на голям приток или ВВ. Използването на Excel предоставя широки възможности за създаване на програмирани таблици, интерпретиращи модел на процеса на притока и разхода от язовира и изменението на неговия обем в продължение на зададен период от време, обхващащ времето на навлизане на ВВ 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 притока в язовира по зададен закон, изтичането през основните изпускатели, ако са отворени, източването през водоземните съоръжения и преливането, ако нивото на водата се е качило над преливника.

Таблицата изчислява за всяка стъпка във времето обема в язовира, водното ниво, преливното водно количество, водното количество на притока и т.н чрез задаване в редовете на първата ѝ колона, отнасяща се за момента $t=0$, на няколко начални или постоянни данни като:

- начален обем в язовира;
- върха и времето на подем и спад на ВВ;
- стъпката по време;
- котата на преливника или преливния ръб на клапите, когато не са спуснати до край;
- кота НВВН, преди момента на преливане (това е кота преливник или кота вдигнати клапи);
- основни данни като ширина на преливника, максималните водни количества на водоземането и изпускателите, ако работят, коефициентите пред членовете на полинома, определящ връзката ниво-обем $H=f(V)$ на язовира, височината на клапите, които не се променят.

В програмираните клетки на всяка колона на таблицата се изчисляват елементите на ВВ за момента T_{n+1} при нарастване на времето с Δt . Таблиците трябва да съдържат толкова колони за колкото стъпки във времето искаме да се изчислява ретензията. За n броя стъпки трябва да се копира втората колона на таблицата в n **последователни колони**.

Периодът на изчисление на ВВ се удължава като към таблицата се добавят за всяка стъпка Δt по една колона чрез копиране на колоната за предишната стъпка по време.

За да работи таблицата програмата Excel трябва да е в опция „automatic” изпълнение на формулите.

Автоматически се изчертава на графика изменението на някои величини като преливно водно количество, изменението на обема на язовира и водното ниво за целия период. Използването на таблицата е много удобно и лесно и много варианти могат да се изчислят за кратко време.

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

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

- 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 моделират с една и съща таблица чрез задаване на началния обем в язовира.

В модела са включени преливниците, чието напречно сечение е оформено по специална крива, еднаква с кривата на долната повърхност на свободно преливаща водна струя при максималното водно количество изчислено за конкретния язовир. Това е направено така с цел преливащата струя да не се отлепва никога от повърхността на преливника и да се получава вакуум. Тази крива е известна като крива на Кригер-Офицеров.

Разглеждат се два вида преливници:

– **Преливник без клапи или сегментни затвори.** Тогава ръба 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 над него с нахлуването 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 източеното 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 практически профил е около 0,48, ξ е коефициент на стеснение на струята. $\xi = 1 - 0,1n\zeta H(t)/B$. "n" е броя на стесненията $n=2k$ като k е броя отворите на преливника. $\xi \approx 0,9$ за преливник с един отвор.

– **Преливник с клапи или сегментни затвори.** При този тип преливници ръба на преливника е с H_k м под НВРВН. За задържане на водата над ръба на преливника и достигане на НВРВН се използват затворни органи като клапи или сегментни затвори. Клапите са падащи затворни органи. Те са монтирани на ръба на преливника с цел повдигане на нивото на водата с приетата височина H_k . Когато нивото на водата стигне горния ръб на клапата, т.е. НВРВН, тя пада и ляга на повърхността на бетона на преливника, така оформяйки неговата повърхност като практически профил. От този момент преливането започва направо с преливен слой H_k . Възможно е и частично сваляне на клапите, при което има преливане през остър ръб.

Този тип преливници се използват за намаляване на ширината на преливника, бързотока след него и водобойния басейн. Формулата при тях е:

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

като $\xi = 1 - 0,1n\zeta (h_k + h(t))/B$.

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 използва за водностопански цели.

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

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

като F е площ на сечението на тръбата, μ е скоростния коефициент на течението, $H(t)$ е напорът и зависи от нивото на водата в момент t , $\sum \xi_m \approx 1,25$ е сумата от местните загуби, $\lambda \approx 0,025$ е коефициент на триене по дължина, L е дължината на тръбата, а D е диаметъра. Приблизително за къси тръби като основните изпускатели $\mu = 0,6$ до $0,80$, а $\lambda = 0,025$.

В случая на пропускане на ВВ напорът $Z(t) = Z_{\max} + \Delta Z_k(t)$. Z_{\max} е разликата между котата на НВРВН и котата на оста на тръбата. Може да се пренебрегне повишението $\Delta Z_k(t)$, когато е доста по-малко от Z_{\max} .

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

Изчисляването на ретенцията има за цел да определи максималното преливно количество по време на процеса на повдигане на водното ниво над преливния ръб вследствие на навлизането на ВВ, достигането на максимално ниво и спад вследствие на намаляването на навлизания воден обем и изтичането през преливника. 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 процеса започва с втичането на ВВ. Едновременно текат два процеса – на пълнене на езерото от ВВ и празнене през преливника, ако водното ниво е над преливния ръб, изпускателите и водовземанията. От баланса между двата процеса се определя акумулирането на воден обем в езерото, повдигането на нивото му от началното положение и след определен момент над кота преливник, когато втичането е по-голямо от разхода, и след това спадането, когато нещата се обърнат. Изтичането може да продължава и след като нивото на езерото слезе под котата на преливния ръб. В този момент вече $Q_{\text{прел}} = 0$.

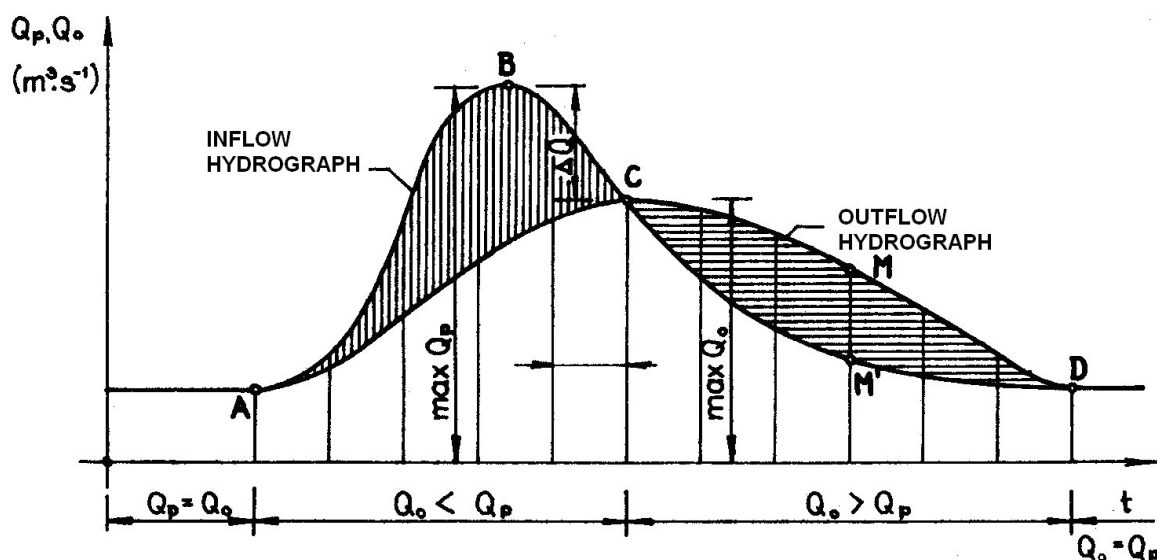


Fig. 3 Attenuation and lagging of the routed hydrograph. Inflow Q_p and outflow Q_o hydrographs $Q = f(\text{time})$. The water entering the storage is hatched vertically; the water leaving the storage is hatched horizontally

Горната фигура показва принципната схема на пълнене и празнене на язовира при навлизане на ВВ. При наличие на клапи, когато нивото стигне горния ръб на клапите те се отварят и изведнъж започва преливане с преливна височина равна на височината на клапите или на височината на частичното им сваляне. При сегментни затвори се предвижда само цялостното им повдигане. След това височината се

изменя в зависимост от количеството на притока. Не се предвижда повдигане на клапата по време на преливане, защото тази част на процеса, която е след достигането на преливния максимум, не е интересна за изчислението.

Този процес протича във времето, в което се изменят $Q_{\text{приток}}(t)$, $Q_{\text{прел}}(t)$ и $Q_{\text{осн.изп}}(t)$. $Q_{\text{приток}}(t)$ зависи от формата на ВВ. При триъгълна форма има два клона – на повдигане и спадане. При първия клон $Q_{\text{приток}}(t) = K_1 \cdot t + Q_{\text{осн}}$, а при спад $Q_{\text{приток}}(t) = Q_{\text{мах}} - K_2 \cdot (t - t_{\text{възх}}) + Q_{\text{осн}}$.

$Q_{\text{осн}}$ е нормалният приток в язовира преди ВВ. Коефициентите $K_1(t)$ и $K_2(t)$ са ъгловите коефициенти на възходящия и низходящия клон на триъгълника – $K_1(t) = Q_{\text{мах}} / T_{\text{възх}}$ и $K_2(t) = Q_{\text{мах}} / (T_{\text{низх}} \cdot T_{\text{възх}})$ и $T_{\text{низх}}$ са времената на възход и спад на вълната. Те се задават като части от цялото времетраене на вълната.

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

$$(Q_{\text{приток}}(t) - Q_{\text{разход}}(t)) dt = dV.$$

Това е обикновено диференциално уравнение с начални условия:

$$t_0=0, V=V_0, Q_{\text{оприток}}=0 \text{ или } Q_{\text{приток}}=Q_{\text{осн}}; Q_{\text{разход}}(0)=Q_0, Q_{\text{прел}}(0)=0 \quad (6)$$

$$h_0=0 \text{ или } h_0=h_k \quad Z=Z_0 \text{ - нивото в езерото в началния момент.}$$

Уравнението се решава в крайни разлики в явна схема, за да не са нужни итерации:

$$(Q_{\text{приток}}(t_n) - Q_{\text{разход}}(t_n)) \cdot \Delta t = \Delta V_n \quad (7)$$

$$\Delta t = n \text{ часа, } t_{n+1} = t_n + \Delta t; \Delta Z(t_{n+1}) = Z(V_{n+1}) - Z(V_n), V_{n+1} = V_n + \Delta V_n$$

$$Q_{\text{разход}}(t_n) = \epsilon m B \sqrt{2g} h(t_n)^{3/2} + Q_{\text{максекспл}} + Q_{\text{осн.изп}}(t_n) \quad h(t_n) = Z(V_n) - Z_{\text{мах}}$$

По описания изчислителен метод е съставен алгоритъм и са програмирани електронни таблици в Ексел и са изчислени два примера. Те са описани в Приложение 11. Таблиците могат да бъдат използвани за всякакви язовирни стени.