

Оханес Сантурджиян, професор, дтн, santurdjian@yahoo.com,
Пламен Никифоров, инж., „Станилов” ЕООД, psn1951@abv.bg,
Ваня Йончева, доцент, д-р, Нац. инст. по метеорология и хидрология,
vania_ioncheva@dir.bg,
Донка Шопова, гл.ас., Нац. инст. по метеорология и хидрология,
dshopova@gmail.com

АНАЛИЗ НА ФУНКЦИОНИРАНЕТО, ОЦЕНКА НА РЕГУЛИРАЩИТЕ ВЪЗМОЖНОСТИ И ПРИНЦИПИ НА УПРАВЛЕНИЕ НА ЯЗ. “ИСКЪР”

ANALYSIS OF THE OPERATION, ASSESSMENT OF THE REGULATION CAPACITY AND MANAGEMENT PRINCIPLES OF “ISKAR” RESERVOIR

Ohanes Santourdjian, Professor, DSc., santurdjian@yahoo.com
Plamen Nikiforov, Eng. , „Stanilov” LTD, psn1951@abv.bg,
Vania Ioncheva, Assoc.Prof., PhD, Nat. Inst. of Meteorology & Hydrology,
vania_ioncheva@dir.bg
Donka Shopova, Res. Assist. Nat. Inst. of Meteorology & Hydrology,
dshopova@gmail.com

Summary: *An analysis has been performed of the reservoir operation during the period 1961-2011. It revealed the causes of the Sofia water supply crisis in 1994. The analysis shows as well that since 1995 the reservoir has been used only for water supply of Sofia whereupon its capacity has been half used.*

Considering the present estimation of the inflow an assessment of the reservoir regulation capacity in two options has been done – when it is used only for Sofia water supply and when it is used as multi-purpose storage both for water supply and guaranteed energy generation, observing the users priorities, provisioned in the Bulgarian Water Law. In the first case the maximum annual water volumes, possible to be supplied with 100% reliability with 95% probability in the future 20 years, have been estimated. They depend on the reservoir water volume at the beginning of the period. In the second case an assessment has been done of the annual water volumes, which can be released regularly for energy generation by the WPPs “Passarel” and “Kokaliane” with reliability 80%. This is done under the assumption of three realistic for the next 20 years options of Sofia water demand with 100% reliability satisfaction - 160, 170 u 180 mln. m³. With every option specified are the reservoir monthly volumes indicating limitation of the release for WPPs as secondary user. Specified are also the reservoir volume monthly levels meaning possibility for Sofia water supply shortage.

To avoid the reservoir spillway overflowing the maintenance of min. 60 mln.m³ retention volume is evaluated as necessary.

Key words: *“Iskar” reservoir, multipurpose reservoir management, water resources assessment, water supply reliability assessment*

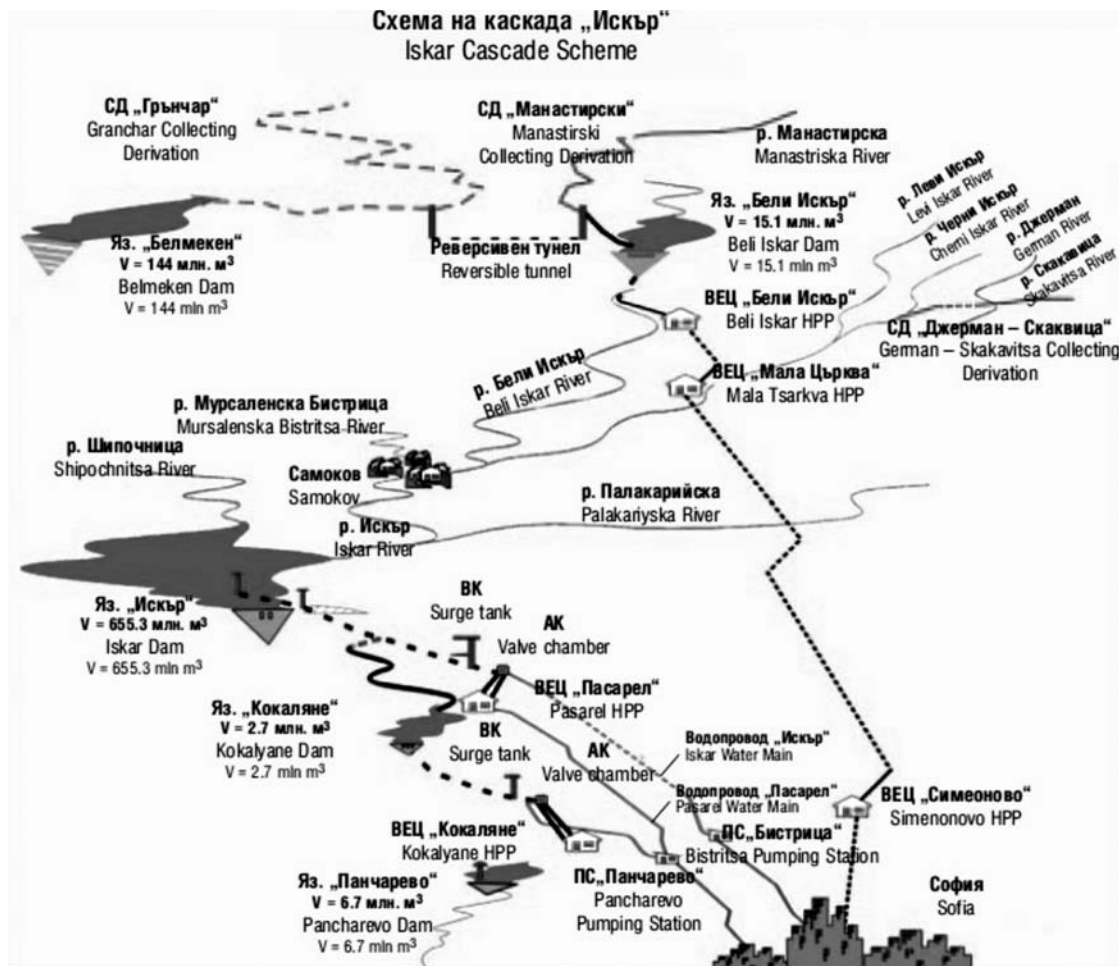
1. Увод

“Искър” е най-големият язовир в България. Максималният завирен обем е 655 mln.m³, а мъртвият обем (МО) – около 54 mln.m³. Водосборната област е 1046 km². Стената е от масивно – гравитационен тип с височина 74 м. Преливникът е с две падащи клапи 12/4, които не могат да работят в междинно положение. Неговият огромен за нашите мащаби обем, е предназначен за почти пълно изравняване на оттока на водосбора на р.

тационен тип с височина 74 м. Преливникът е с две падащи клапи 12/4, които не могат да работят в междинно положение. Неговият огромен за нашите мащаби обем, е предназначен за почти пълно изравняване на оттока на водосбора на р.

Искър до язовира, чиято средногодишна стойност е около 320 млн. м³. Той е основен възел на ХТК “Искър”, обединяващ водоснабдителната система на София и енергийната каскада “Искър”

(фиг. 1). Това е сложен комплекс от хидротехнически съоръжения, чиято цел е както използване на енергията на водите на реката до бент “Панчарево”, така и водоснабдяването на столицата на страната.



Фиг. 1. Хидротехнически комплекс “Искър”

Водите на язовира първоначално се използват за енергодобив, напояване и водоснабдяване, като в последствие енергодобивът минава на подчинен режим. Понастоящем напояването е отпаднало и сега язовирът функционира като едноцелеви с основен потребител водоснабдяването на гр. София.

Поради важността на водоснабдяването на столицата и липсата на адекватни алтернативи за тази цел, язовирът фокусира вниманието на обществеността и на специалистите, по един или друг начин отговорни за осигуряването на милионния град с питейна вода. Негови-

ят капацитет за надеждно осигуряване на нуждите на София са предмет на внимание и редица оценки, особено след водната криза през 1994 г.

През 2012 г. по поръчка на МОСВ беше извършено обхватоно изследване на яз. „Искър” [1], включващо:

- анализ на функционирането му от 1961 до 2010 г., с особено внимание за периода 1991 - 2010 г.;
- оценка на максималния годишен воден обем, който язовирът може да осигури за задоволяване на нуждите на София с обезпеченост 100% при 95% надеждност през следва-

щите 20 години при настоящата оценка на притока, ако целият му полезен обем бъде използван само за водоснабдяване;

- оценка на възможностите за производство на гарантирана ел.енергия чрез ВЕЦ „Пасарел” и ВЕЦ „Кокаляне” при двучелево използване на язовира при осигуряване на настоящите нужди за водоснабдяване на София с посочената по-горе надеждност;
- оценка на необходимия свободен обем (СО), който трябва постоянно да се поддържа, с цел язовирът да прелива по-рядко от веднаж на 1000 години;
- оценка на минималните месечни напълвания, слизането под които заплашва от поява на воден дефицит за водоснабдяването и определяне на месечни лимити за освобождаване на обеми за поемане на очакван голям приток и за водоподаване при едноцелево и двучелево използване на същия.

Настоящата статия представя в резюмиран вид най-съществените резултати от това изследване.

2. Анализ на функционирането на язовира в периода 1960 - 2010 г.

Таблица 1

година	1952	1962	1967	1972	1992	1996	2002
Потребление mln.m ³ .	43,313	73,275	111,900	173,700	291,000	208,00	257,000

- въвеждане в експлоатация на водопровод „Искър” и новата пречиствателна станция за питейни води „Бистрица“. Водопровод „Искър” има проводимост на тунелната част 13,5 m³/s. Последните 1900 m са изградени от стоманени тръби с диаметър 1800 mm, които осигуряват проводимост 6,75 m³/s. Изградена е и аварийна връзка от тунелната част към ПСПВ „Панчарево“ за 4,5 m³/s. Предвидена е възможност в бъдеще да се изгради 2-ри етап

Анализът на баланса на язовира дава възможност за оценка на неговата използваемост и регулираща роля като многогодишен изравнител. През споменатия дълъг период се е променял характерът на потреблението. В началните години след построяването язовирът предимно е служел за енергодобив, напояване и за водоснабдяване на София. Постепенно енергодобивът е преминал на подчинен режим като тежестта е била поставена на водоснабдяването. Това се дължи основно на следните факти:

Развитието на гр. София в социално и икономическо отношение води до неколкостратно нарастване на годишното потребление на питейна вода, както следва:

- въвеждане в експлоатация на металургичния комбинат „Кремиковци“, чиито основен източник на питейна вода е яз. „Искър“. „Кремиковци“ се открива през 1963 г., но до началото на 70-те години следва поэтапно въвеждане на допълнителни мощности и производства. След окончателното въвеждане на пълната мощност, комбинатът ползва годишно около 80-90 mln.m³ вода за питейни и промишлени нужди от яз. „Искър“, като вероятно в отделни години това количество е надвишавано;

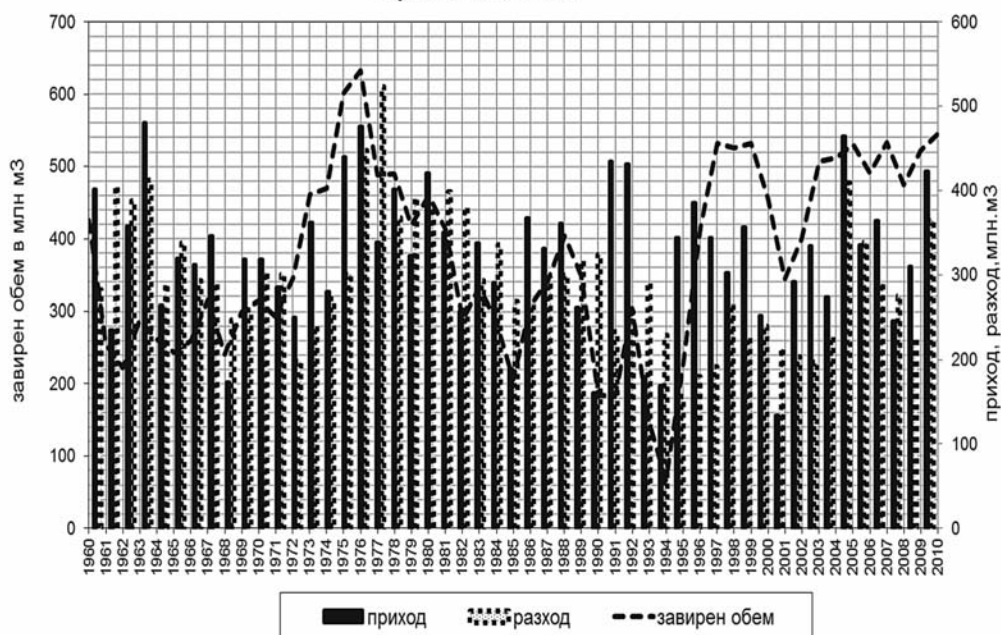
на стоманения водопровод също за 6,75 m³/s и разширение на ПСПВ „Бистрица“. Началото на водопровод „Искър“ е при апаратната камера над ВЕЦ „Пасарел“. Подаването на вода по него към двете пречиствателни станции изключва преминаването ѝ през ВЕЦ „Пасарел“ и „ВЕЦ „Кокаляне“ и създава технологична невъзможност водата, предвидена за водоснабдяване, да се използва за енергодобив чрез тези хидроцентрали.

В периода до 1990 г. разходът от язовира не е отчитан диференцирано, поради което не може да се направи анализ на развитието на водоползването по видове. Освен това в този период то е било доста по различно от сегашното. Затова периодът е разделен на две – 1960-1990 г. и 1991-2010 г. Послед-

ният период е анализиран по-подробно.

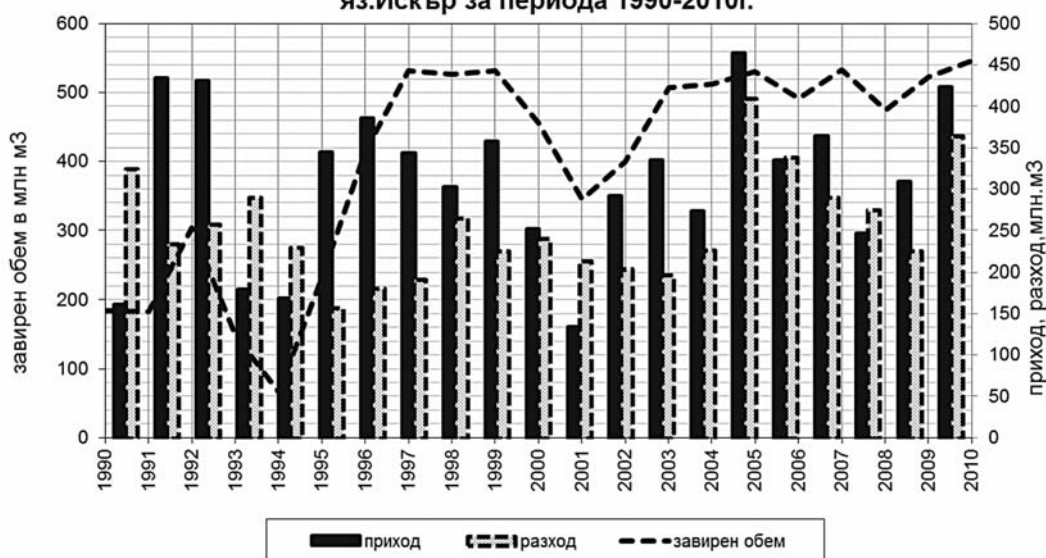
Изменението на обема на язовира и на притока и разхода от него по години е визуализиран на **фиг. 2 и 3**. Те се основават на данните на прецизните баланси между притока и разхода в него за този период, любезно предоставени от ръководството на ЕАД “Язовири и каскади”.

Ходови криви на прихода, разхода и завирения обем на яз.Искър за периода 1960-2010г.



Фиг. 2.

Ходови криви на прихода, разхода и завирения обем на яз.Искър за периода 1990-2010г.



Фиг. 3.

Период 1960-1990 - В шестдесетте и седемдесетте години потреблението от язовира варира в големи граници. До 1992 г. обемът му е бил винаги над 180 mln.m³. През периода 1960-1990 г. годишният разход от язовира варира между 410 и 200 ml.m³, а притокът – между 479 и 170 mln.m³. В разхода са включени средно около 30 mln.m³ загуби, състоящи се от изпарение, течове от изпускателите и др. През 1977 г. разходът достига до 520 mln.m³, което се дължи на напълването на езерото вследствие на голям приток през 1975 - 76 г., след което следва усилено изпразване за смъкване на нивото. Средногодишният разход през периода е около 326 mln.m³, а средногодишният приток – около 322 mln.m³. Недостигът е за сметка на обема на язовира, който е намалал от 316 mln.m³ в края на 1959 г. на 180 mln.m³ в края на 1990 г. Напълването през 1975 и 1976 г. до 632 mln.m³ не е било необходимо за осигуряване на потреблението защото над 140 mln.m³ са изпразнени форсирано в следващата година. Може да се каже, че планираното потребление е задоволявано 100% през този период, като обемите на язовира вследствие на потреблението и

загубите са се сработвали от 500 до 180 mln.m³, т.е. регулиращият обем е бил около 320 mln.m³. През този период е имало 3 сухи години с приток с обезпеченост около 90-95%. Язовирът никога не е слизал до МО и също не е преливал.

Период 1991-2010 - Средногодишният разход през периода е около 285,8 mln.m³, а средногодишният приток – около 304 mln.m³, при което обемът на язовира през периода се е увеличил с 361 mln.m³.

Най-интересен е периодът 1991-1994 г., когато язовирът достига мъртвия обем и през последните месеци на 1994 в София се въвежда воден режим поради остър воден дефицит. За причините за достигането до това катастрофално положение са водени много дискусии и спорове, но неясно защо не са анализирани данните от баланса на язовира. Той ясно показва защо се е стигнало до него. Източването след 1991 г. е регистрирано диференцирано, като състоящо се от обеми подадени за водоснабдяването на София и такива преминали през ВЕЦ-овете „Пасарел” и „Кокаляне” и ввели се в яз. „Панчарево” - (Фиг. 4 и 5).



Фиг. 4.

От **фиг. 4** се вижда, че до края на 1992 г. източването на язовира не е ограничавано и обемът му не е слизал под 200 mln.m³, като в началото на 1993 г. е около 250 mln.m³. През 1993 източването продължава със същите темпове въпреки ниския приток, при което обемът в язовира намалява



Фиг. 5.

застрашително до 148 mln.m³. През тази година разходът от язовира е кръгло 295 mln.m³, от които 141 mln.m³ са подадени за питейно водоснабдяване. Останалите 154 mln. m³ след енергийна обработка през централите „Пасарел“ и „Кокаляне“ достигат яз. „Панчарево“. Част от тях

са с предназначени за промишлено водоснабдяване на „Кремиковци“.

През 1994 г. (Фиг. 5) въпреки много сухата година и рекордно ниският годишен приток в язовира от 167,8 mln. m³, консумацията на вода не е ограничавана, като едва през второто полугодие са били предприети мерки за намаляването на потреблението. Разходът на вода от яз. „Искър“ през тази година възлиза на 233 mln. m³, от които 123,6 mln. m³ за питейно водоснабдяване и 110 mln. m³ за промишлено водоснабдяване след енергийна преработка.

Поради тези причини в края на 1994 г. обемът на водата в яз. „Искър“ е само 66 mln. m³, което е почти на нивото на мъртвия обем.

За преодоляване на критичната ситуация през есента на 1994 г. е създадена междуведомствена комисия /кризисен щаб/ с председател заместник-министърпредседател. По-съществени мерки, които са предложени и изпълнени са:

- Въвежда се тежък режим на водоподаването, като с изключение на здравните заведения и някои предприятия от хранителната промишленост, вода се осигурява само 15-17 часа в рамките на 3 денонощия;
- забранява се подаване на вода от яз. „Искър“ към яз. „Панчарево“, като за „Кремиковци“ и промишлеността се ползват само води, постъпващи в яз. „Панчарево“ от водосбора след. яз. „Искър“;
- спряно е подаването на топла вода;
- по-голямата част от хранителните заведения въвеждат използването на чинии и прибори за хранене за еднократна употреба;
- увеличено е снабдяването с минерална вода в столицата;
- предприети са спешни действия за въвеждане на оборотен цикъл на водата в „Кремиковци“.
- предприятието е изграждането на твърда преграда в реверсивния тунел,

който дава възможност за пренасочване на води от деривацията на условна кота 1900 от посока към яз. „Белмекен“ в посока към яз. „Бели Искър“. По този начин всички постъпили води от деривацията са насочени към яз. „Бели Искър“;

- предприети са спешни действия за довършване на канал „Джерман-Скаквица“, чрез който посредством изградения тунел, свързващ р. Джерман и р. Прав Искър да се прехвърлят води от поречието на р. Струма към яз. „Искър“.

Въпреки въведените спешни мерки и забрани обемът на язовир. „Искър“ продължава да намалява и в началото на м. февруари е едва около 55 mln.m³. Критичният обем, под който не може да се осъществява подаване на вода от водоземната кула е около 47 mln.m³. При него водното ниво остава пониско от долния ръб на най-ниско разположения водоземен отвор. За осигуряване на подаване на води към гр. София при евентуално достигане на критичния обем са разглеждани следните алтернативни решения:

- ❖ Подаване на вода през основните изпускатели на яз. „Искър“ по коритото на р. Искър до яз. „Кокаляне“ и оттам по съществуващите съоръжения до ПСПВ Панчарево. Въпреки риска от бързо затлачване с наноси на яз. „Кокаляне“ при изпускане на необходимото водно количество, за евентуалното осъществяване на този вариант е извършена проверка на изправността на основните изпускатели и е направено спешно почистване на коритото на р. Искър от растителност;
- ❖ Проучена е възможност за подаване на вода чрез препомпане от язовира във водоземния отвор с помпи, разположени на плаващи понтони. При проучването е установено, че помпи и понтони могат да бъдат осигурени, но в язовирния район няма необхо-

димата мощност за хранване на помпите с ел. енергия. Сериозността на проблема се потвърждава и от факта, че са разглеждани и варианти за евентуална частична евакуация на предприятията и население при невъзможност да се осигури водоподаване към столицата.

Всички предприети и изпълнени действия в по-голяма или по-малка степен са допринесли за преодоляване на критичната ситуация. Основният фактор обаче, оказал влияние за положително решаване на проблема е по ранното затопляне към 20-22 февруари 1995 г. и започналото вследствие на него снеготопене. Към този период притокът в яз. „Искър“ започва да надвишава водопотреблението и обемът на язовира започва да се увеличава преди да достигне критичната за водоподаването кота. Положението се оправя окончателно чрез добрата случайност - след 2 сухи години, 1995 г. и следващите две години се оказват с приток над средния.

Без да тълкуваме цялостно причините за това неразумно, граничещо с безразсъдност управление на язовира в този период, ще изтъкнем, че една от тях е и липсата на ясни правила за управление на източването му въз основа на лимити, свързани с наличните обеми в него, основани на водобалансови оценки и обезпечаващи задоволяването на потребителите с обезпеченост съгласно приоритетите им. Иначе съвсем ясно щеше да се види, че още през 1993 г. обемът в язовира навлиза в зона, която трябва да се лимитира само източване за питейното водоснабдяване на София и не би се допуснало това да става за други цели. Най-малкото е трябвало през 1993 и 1994 г. да се ограничи водоподаването за енергийни цели до минималните нужди на Кремиковци до 80 млн.м³, при което обемът на язовира нямаше да слезе под 160 млн.м³ и нямаше да има водна криза.

Периодът след 1994 г. до 2010 г. се

характеризира с обратната тенденция – много предпазливо източване на язовира, като през ВЕЦ „Кокаляне“ вече се пропускат води само когато обемът в него е над 500 млн.м³. Металургичният комбинат „Кремиковци“ има вече изградено обратното водоснабдяване. Загубите на оборотна вода се допълват от езерото Ботунец по изградените магистрални водопроводи ф 1000 mm. Езерото има ролята на изравнител и се хранва от р. Лесновска чрез 10 броя помпи и от язовир „Панчарево“, като се използва само собствения му водосбор без да се подава вода от язовир „Искър“. През целия период язовир „Искър“ е пълен около 500 млн.м³, като слиза до 340 млн.м³, само през много сухата 2001 г., т.е. през периода от обема му се използват само около 200 млн.м³. Същевременно максималният обем не надхвърля 550 млн.м³ - 105 млн.м³ под завирения обем на язовира, с цел недопускане на условия за преливането му.

От направения анализ може да се заключи, че обемът на яз. Искър сега не се използва пълноценно. Има възможности за производство на гарантирана еленергия или за напояване. Те са доказани от извършените водностопански изследвания и оценки.

От данните на баланса може да се заключи, че язовирът досега не е преливал.

3. Определяне на необходимия свободен обем

Съгласно решение на Софийска община от 2005 г. изпусканото водно количество след язовира не трябва да надвишава 40 м³/s. Това означава, че язовирът практически не трябва да прелива. Това единствено може да се осигури с постоянно празен ретензионен обем, който да поема висока вълна (ВВ) с обезпеченост 1% и под нея, при едновременно водовземане 19,5 м³/s и изпускане с 40 м³/s. Големият обем на язовира и редуцираното потребление позволяват такава мярка.

Поради липса на измервания на максималния отток в хидрометрична станция близо до опашката на язовира за оценка на ВВ са използвани данните на ежедневния баланс между притока и разхода, които може да се считат за достатъчно точни и обективни. Методиката за определяне на параметрите на ВВ, необходими за оценка на нужния свободен обем (СО), въз основа на тези данни е изложена в [1,2,3,4] За простота е приета триъгълна форма на ходографите им. При времетраене 154 часа върхът и обемът на ВВ с обезпеченост 1 % и 0,1 % се оценяват съответно на 235 m³/s и 64 m³/s и 330 m³/s и 91 m³/s.

Поради недопускане на възможност за преливане, свободният обем трябва да побира изцяло ВВ. Размерът му е равен на обема на ВВ минус изпуснатия през времетраенето на ВВ обем чрез водоземането ($Q_{\max}=19,5 \text{ m}^3/\text{s}$) и изпускателите ($Q_{\max}=40 \text{ m}^3/\text{s}$) или общо 59,5 m³/s. При обезпеченост 1% на върха на ВВ $V_{\text{св.об.}}=30,6 \text{ m}^3/\text{s}$, а при обезпеченост на същата 0,1 % - $V_{\text{св.об.}}=58 \text{ m}^3/\text{s}$.

Разчетите показват, че необходимият свободен обем за поемане на ВВ с обезпеченост 0,1% не е много голям по отношение на обема на язовир Искър и приемането му ще го осигури от преливане. От досегашната експлоатация на язовира се вижда, че практически такъв свободен обем е бил налице в повечето време. Предвид големият завирен обем на яз. „Искър”, не особено голямото потребление от него и императивният характер на необходимостта от СО, считаме за ненужно той да се доказва с водностопанска оценка.

Така при максимален завирен обем 655 mln.m³, МО=54 mln.m³ и СО= 58 mln.m³ за регулиране на притока остава максимален полезен обем 543 mln.m³.

4. Водностопански оценки на възможното водоползване от яз. „Искър”

Очевидно язовир „Искър” при настоящата оценка на притока има по-

големи възможности от тези, които се използват понастоящем. За изясняването им са извършени следните два вида оценки:

- определяне на максималния годишен обем за водоснабдяване, на който столицата може да разчита при обезпеченост 100 % с надеждност 95 % в следващите 20 години при едноцелево използване на регулиращите възможности на целия разполагаем полезен обем на язовира от 543 mln.m³;

- определяне на годишния обем за производство на гарантирана еленергия с обезпеченост 80 % с вероятност на превишение 85 % в следващите 20 години при осигуряване на възможните в този период нужди за водоснабдяване на София при двуцелево използване на същия полезен обем. Приема се, че тази обезпеченост предвид сключената енергийна система на страната е достатъчна за производство на гарантирана еленергия.

Тези оценки са извършени чрез изчисляване на водностопанския баланс на язовира при описаните по-горе сценарии на водоползване [1].

4.1 Оценка на разполагаемия воден ресурс в яз. „Искър”

Оценката на водния ресурс на яз. „Искър” цели определяне на характеристиките му като вероятностна величина и е извършена въз основа на притока в язовира, регистриран при оперативното изчисление на дневния му баланс в периода 1960-2011 г. Те са необходими за изчисление на водностопанските баланси и определянето на обезпечеността на потреблението. За тези цели ресурсът е представен с редиците на месечните обеми на притока в 52 годишен период – от 1960 до 2011 г. Това са обективни данни, точността на измерване на които е достатъчна за целите на тези изчисления. Извършени са всички необходими статистически оценки за представителност (еднородност, дължина,

тренд), изчислени са статистиките, определени са емпиричните и теоретичните криви на обезпеченост на годишния приток и на притока за отделните месеци [1].

Статистическите оценки показват, че редицата може да се приеме за еднородна и дължината ѝ е достатъчна. По въпроса за еднородност може да се направи следния коментар. Фактически след 1983 г. се променя размерът на притока в басейна на яз. “Искър” от приноса на каналите “Грънчар” и “Манастирски”, отклоняващи води от поречието на р. Струма и Места, който се изменя грубо между 50 и 30 mln.m³ на година. Това е средно 10 % от средния приток в язовира. Това не оказва влияние върху статистическата

оценка за еднородност, защото поради относителна равномерност и синхронност на този принос, не се променят осезателно вариацията и асиметрията на редицата. След 1995 г. в притока на “Искър” се включват около 14 mln.m³ от деривацията “Джерман-Скакавица”, които могат да имат някакъв принос за изменение на тренда след 1990 г. Приемането на така изчислената редица на притока в язовира за базова хидроложка редица (БХР) означава допускане, че тези източници на допълнителен приток ще са по същия начин налице в следващия 20 годишен период на оценка.

Статистиките на наличната 52 годишна редица, оценени по метода на моментите, са дадени в **Таблица 2**.

Таблица 2

Средно значение	Стандартно отклонение	Коефициент на вариация	Коефициент на асиметрия
\bar{X}	σ	C_v	C_s
312,10	84,46	0,27	-0,15

Тези данни сочат сравнително ниска вариация на притока в яз. “Искър” през този период.

Съответните месечни статистики на 52 годишната редица, оценени по метода на моментите, са дадени в **Таблица 3**.

Таблица 3

месец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
\bar{W}	10,67	14,08	28,27	42,79	83,39	59,57	19,95	10,22	8,34	11,31	10,90	12,51
σ_w	9,28	10,81	17,20	17,13	24,99	28,37	13,23	11,16	7,43	13,60	10,01	9,51
C_v	0,870	0,768	0,609	0,400	0,300	0,476	0,663	1,092	0,890	1,202	0,919	0,761
C_s	2,629	1,550	1,049	0,431	0,056	0,671	0,930	2,888	1,697	3,203	1,931	1,683

На основата на БХР е генерирана 500 годишна моделирана редица на месечния приток с цел по-точни и детайлни изчисления на водностопанския баланс и обезпечеността на потреблението [1]. Тази редица съдържа над 20 двадесет-годишни извадки с по-нисък среден приток от този в най-сухия досега период 1992-2011. Всички водностопански оценки са извършени на основата на тази редица.

Необходимо е да се подчертае, че както е споменато по-горе този воден

ресурс включва ежегодното прехвърляне към яз. “Бели Искър” и поречието на р. Искър води, застроени и предназначени за каскада „Белмекен-Сестримо“. Даже и при най-рационалното им използване за гарантирана енергия през ВЕЦ-овете под яз. „Бели Искър“ загубите от непроизведена еленергия в каскадата са значителни, поради несравнимо по-големия общ пад на нейните ВЕЦ в сравнение с този на ВЕЦ-овете на каскада „Рила“ и „Искър“. Изключването на ВЕЦ

„Пасарел“ и ВЕЦ „Кокаляне“ от работа при подаване на вода към ПСПВ „Бистрица“ увеличава още повече размера на тези загуби, които за последните три десетилетия се равняват на повече от 4 милиарда киловатчаса произведена електроенергия. Прехвърлянето на води от каскада „Белмекен – Сестримо“ продължава и сега.

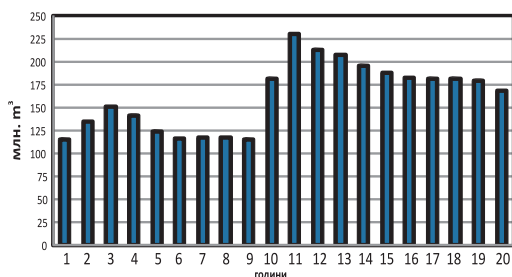
4.2. Оценка на водоползването в бъдещ 20-годишен период от яз. „Искър“

След водната криза през 1994 г., ползването на язовира се ограничава само за водоснабдяване на София, като през ВЕЦ „Кокаляне“ се пропускат води само когато обемът му наближава 550-600 млн.м³. Така в този период ВЕЦ-овете работят на принудителен 24 – часов режим.

През последните 6 години (фиг. 5) годишният обем за водоснабдяване от язовир „Искър“ се задържа на малко над 180 млн.м³, като през 2010 г. даже слиза до 163 млн.м³. Тази тенденция е напълно нормална като се има предвид постоянното повишение на цената на водата.

Въз основа на тези данни може да се приеме, че настоящото потребление е около 170 млн.м³. Това означава, че заедно с около 30 млн.м³ от Рилския тръбопровод за София се подават около 200 млн.м³ вода. Съгласно прогнозните оценки направени през 2000 г. при изготвяне на Генералните схеми, това потребление се доближава до реалистичния вариант за 2010 г.

Годишни обеми за водоснабдяване подадени от яз. „Искър“ в млн.м.куб. от 1990 до 2010 г.



Фиг. 6

4.3. Оценка на максималния годишен обем за водоснабдяване, който яз. „Искър“ може да осигури за водоснабдяването на София в следващите 20 години

Този въпрос е важен с оглед възможното нарастване на жителите на гр. София в бъдеще. Приет е 20 годишен прогнозен период защото при по-дълги срокове е трудно да се предвидят измененията, които могат да настъпят, както при водоползването така и в притока, което ще направи оценката не особено надеждна. Оценката е извършена за различните реализации на притока в този 20-годишен период [5].

Поради липса на ясно определен график на водоподаване (фиг.4 и 5) в изчисленията е прието равномерно месечно разпределение на нуждите.

Размерът на максималния годишен обем, който може да се осигури от язовира за водоснабдяването на София, зависи от исканата обезпеченост по години (отношение на годините с пълно задоволяване на нуждите към всички години на периода) и вероятността, с която тя ще е налице при различните възможни реализации на притока в този прогнозен срок. Поставено е условието обезпечеността по години да е 100 % при 95 % от възможните реализации на притока в 20 годишния срок.

Оценката е извършена чрез софтуера RESERVOIR, съгласно методиката, изложена в [3,5], при представяне на притока с 481 възможни реализации през 20 годишния период, извлечени от 500 годишната синтетична хидроложка редица. Определен е максималният обем, който може да се подаде на София с обезпеченост 100 % при 95 % от тези реализации (457 извадки). Средният приток на тези извадки варира от 353 млн.м³ до 273 млн.м³. Средногодишното изпарение варира между 16 и 24 млн.м³.

При многогодишно регулиране на притока и особено при такъв голям полезен обем на язовира (почти два

пъти средния приток) важно значение има наличният обем в него в началото на 20 годишния прогнозен период. Затова изчислението на балансите за всяка извадка е извършено за няколко стойности на началния обем.

В Таблица 4 са изложени резултатите от изследването в mln.m^3 .

Таблица 4

Начален пол. обем в язов.	Макс. год. обем за водосн.
80	180
160	240
250	250
330	264
420	276
450	278

В края на 2011 г. в язовира е имало около 420 mln.m^3 полезен обем. Следователно до края на 2031 г. язовирът може да задоволи 100 % нужди за водоснабдяване равни на 268 mln.m^3 плюс 8 mln.m^3 за оводняване с 95 % надеждност, ако водите му не се използват за други цели.

Зависимостта от началния обем се обяснява от наличието в началото на някои възможни реализации (извадки) на притока на години с приток по-малък от разхода (потреблението плюс изпарението) и недостига трябва да се компенсира от язовира. Има също извадки, чийто среден приток е под обема на разхода и недостигът трябва също да се компенсира от обема на язовира. Например разходът при обем за водоснабдяване 276 mln.m^3 е около 300 mln.m^3 . Той чувствително надвишава средния приток 287 mln.m^3 на извадката с обезпеченост 95 %. За 20 години недостигът е около 260 mln.m^3 . Този обем трябва да го има в язовира в началото на периода плюс обема необходим за компенсиране на годишната неравномерност на оттока.

Сегашното потребление е около $170 - 180 \text{ mln.m}^3$. От горната таблица се вижда, че ако в язовира полезният обем в началото на годината е над 120 mln.m^3 в следващите 20 години водоснабдяването е осигурено 100 % с поч-

ти 100 % сигурност за тази обезпеченост, ако не се подава вода за други потребители, освен ако има опасност язовирът да прелее.

4.4. Оценка на годишния обем за производство на гарантирана еленергия при двуцелево използване на яз. „Искър” в следващите 20 години.

В настоящия момент, както и в бъдещите 15-20 години, от язовир “Искър” не се очаква да се подава вода за напояване. Основният водоползвател с приоритет 1 ще бъде водоснабдяването на София. Както е оценено в т. 4.2 в този период реалистични са 3 нива на водоползване – 160, 180 и 200 mln.m^3 .

Тъй като за задоволяване на това водоползване със 100 % обезпеченост в прогнозния период с 95 % надеждност няма да е необходим целият полезен обем на язовира, с всеки от тези нива е оценен възможният размер на редовното производство на гарантирана еленергия като втори независим водоползвател с приоритет 2. Той трябва да може да се осигури със зададена обезпеченост и съответна вероятност на превишение за бъдещия двадесет годишен период при МПО на язовира 540 mln.m^3 начален обем, равен на месечното напълване в началото на януари, необходимо за тази цел.

Всички изчисления и оценки са извършени с програмата RESERVOIR съгласно разработените от авторите на статията методики, подробно изложени в [1,3,4,5]. При двуцелевото използване на водите на язовира определянето на необходимите МПО и месечни напълвания се извършват така, че източването за потребителя с приоритет 2 да се ограничава при слизване на наличния обем в язовира до определени стойности в зависимост от месеца. Той е необходим за задоволяване на първоприоритетния водоползвател с необходимата обезпеченост. Поради това изчисленията се извършват на два етапа.

На първия етап се определя МПО1, необходим за задоволяване на водоснабдяването със 100 % обезпеченост и надеждност 95 % през следващия 20 годишен период. Определят се също необходимите за тази цел напълвания в останалите месеци (ОМН1), които ограничават източването за ВЕЦ. Определят се също минималните месечни напълвания (ММН). Те осигуряват регулиране на годишен приток с обем равен на разхода (водоснабдяване, оводняване и изпарение) при

средностатистическа месечна неравномерност. Този приток има обезпеченост 90 %. ММН са обемите, слизането под които може по-нататък да доведе до дефицит във водоснабдяването, ако реалният годишен приток се окаже по-малък от разхода. ММН могат да се определят и при по-големи обезпечености на притока, което ще доведе до тяхното увеличение и съответно по-ранно въвеждане на режим на икономии и по-голяма сигурност.

Определените по този начин МПО1

Таблица 5

месеци	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ММН	81	74	76,2	88,5	127,4	147	141,5	129,8	117,9	108,7	99,5	91,3
ОМН1	237,3	229,2	231,3	244,5	286,6	309	302,9	290,1	277	266,7	256,4	247,4

за трите нива на потребление за водоснабдяване с добавени 20 в mln.m³ резерв са съответно 210, 230 и 255 в mln.m³. Таблица 5 показва ОМН1 и ММН при третото ниво с добавяне на МО - 54 mln.m³.

Направените оценки показват, че за подаване до 200 mln.m³ за водоснабдяване на София със 100 % обезпеченост с много висока вероятност за реализация през следващите 20 години е необходим завирен обем до 309 mln.m³, от които 20 mln.m³ са резервен обем. Останалите 234 mln.m³ от полезния обем на язовира дават възможност за редовно производство на гарантирана еленергия.

На втория етап са оценени годишните водни обеми, които могат да се подават за производство на гарантирана еленергия (за работа на ВЕЦ «Пасарел» и «Кокаляне» във върха на диаграмата на покриване на товара на страната) при приета обезпеченост 80 % и надеждност 85 % в 20 годишния бъдещ период и при МПО=540 mln.m³. Определянето на тези обеми е извършено, като балансът е

изчислен при съблюдаване на приоритета на водоснабдяването, т.е. за ВЕЦ не се подава вода в месеците, когато обемът в язовира стигне и слезе под ОМН1.

Направените оценки при МПО=540 mln.m³ и полезен обем 455 mln.m³ в началото на периода показват, че в 20 годишен бъдещ период при задоволяване на нуждите за водоснабдяване и оводняване 168, 188 и 208 mln.m³ с обезпеченост и надеждност 100 %, за енергодобив могат да се подават съответно 110, 90 и 70 mln.m³ с 80 % обезпеченост и 85 % надеждност. При по-ниски начални обеми в язовира обезпечеността на водоснабдяването си остава същата, но се намалява обезпечеността на електродобива.

Необходимите месечни напълвания, показани в Таблица 6, съответстващи за такъв начин на използване на язовира, са едни и същи за трите опции на водоползване, защото общият обем на последното е 278 mln.m³. Те могат да се приемат като ограничителни напълвания (ОМН), до които в различни моменти в годината оперативно може да се изпразва водохра-

Таблица 6

месеци	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ОМН	441,2	430,4	433,7	452	509,7	540	531,4	513,5	495,1	480,9	467,1	454,9
ОМН+МО	495,2	484,4	487,7	505,9	563,6	594	585,4	567,4	549	534,7	520,9	508,7

нилището за поемане на голям приток. В него не се включва постоянно запазеният свободен обем, определен в т. 4, за поемане на висока вълна.

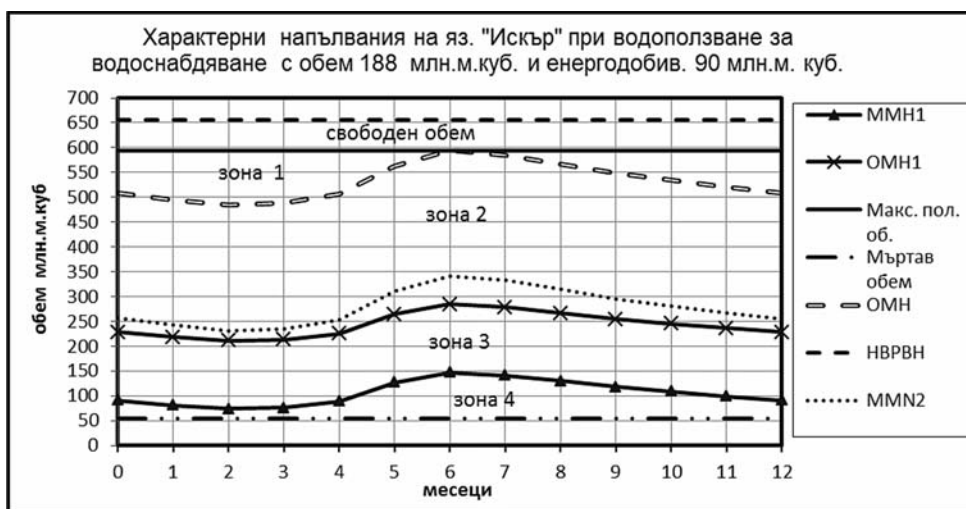
Разходът от язовира при такова водоползване, с отчитане на изпарението, е 302 млн.м³ и е много близък до средния приток за 52 годишен период. Големият обем на язовира позволява такъв размер на водоползване, но при двучелево използване на водите му с различни обезпечености на отделните консуматори.

5. Управление на източването на язовир "Искър"

Източването на язовира трябва да се съобразява с актуалното водоползване и недопускане на възможност за преливане. Ако се приеме, че таванът на сегашното водоползване за водоснабдяване и

оводняване в момента е максимум 188 млн.м³, а за енергодобив се подават 90 млн.м³, управлението на водите му при приемане на двучелово им използване ще трябва да става съгласно направените оценки за такова водоползване.

Определените гранични напълвания ММН1, ОМН1, ММН2 и ОМН, съответстващи на такова потребление и на такава оценка на притока, определят зоните от обема на язовира, които ще служат за управление на водоподаването със спазване на приоритетите на водоползвателите и въвеждане на икономии при навлизане в зона на дефицит, както и за освобождаване на обеми и поддържане на свободния обем. На Фиг. 7 са показани обемите, които ограничават тези зони за второ ниво на обема за водоснабдяването на София плюс оводняване 188 млн.м³.



Фиг. 7.

Обемът между НВРВН и линията на МПО=594 млн.м³, равен на 61 млн.м³, е отделен за постоянен свободен обем (СО), за поемане на хиляда годишна ВВ. Той трябва винаги да се поддържа празен. Обемът между МПО и ОМН - Зона 1, би могло също да се поддържа празен за поемане на голям месечен приток. За разлика от СО той е различен в различните месеци в годината. Неговото поддържане се постига чрез изпускане на води, когато обемът в язовира надвиши линията ОМН. Направените,

обаче, оценки на водните обеми, които могат да се провеждат месечно през водоземното съоръжение (19 м³/с) и основния изпускател (40 м³/с), паралелно с навлизането на месечен приток с обезпеченост 0,1% показват, че не е необходимо предварително освобождаване на обеми [1].

Когато наличният обем в язовира се намира в Зона 2 може да се подава вода за ВЕЦ и водоснабдяване. При слизване под прекъснатата линия ММН2 обемите за силодобив се намаляват и стигат до

нула, когато наличният обем се изравни с линията ОМН1.

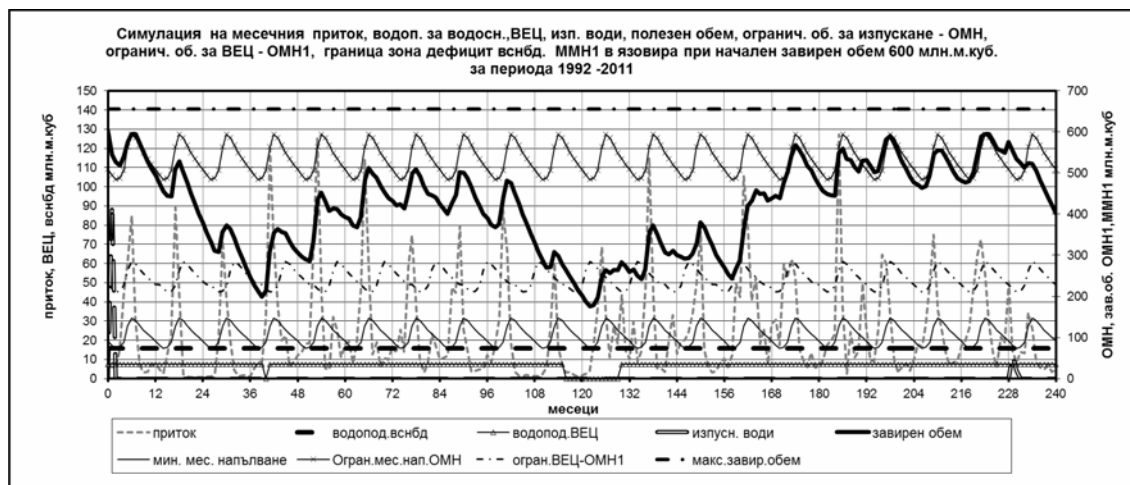
Когато наличният обем е в зона 3 подава се вода съгласно нуждите само за водоснабдяване. Зона 4, под ММН1, е зона на дефицита. Тогава трябва да се вземе решение от компетентния орган (КО) за размера на изтакането. Достигането до ММН1 при яз. „Искър” може да стане след поредица от много сухи години, каквито досега не са се случвали. Настъпването на такава тенденция би трябвало навреме да ангажира вниманието на КО.

Управлението на източването на язовира се извършва чрез спускане на месечни лимити от КО за различните водоползватели, съгласно заявките. Последните трябва да са в границите на месечните обеми, за които са извършени водностопанските оценки. Тези лимити трябва да се изчисляват така, че в края на месеца обемът в язовира да не слезе под съответното гранично напълване при прогнозирания месечен приток [3]. Когато липсва такава реална прогноза, се приема прогноза равна на притока, с който е определено съответното гранично напълване. В такъв случай не са необходими изчисления и лимитите се определят директно в зависимост от положението на наличния в началото на месеца обем в язови-

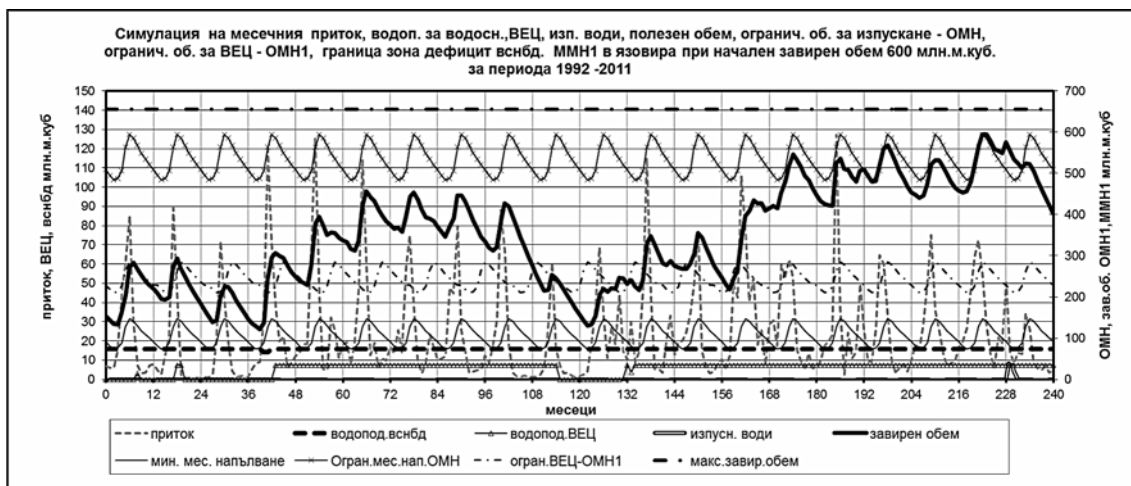
ра спрямо описаните зони. Тъй като лимитите се определят при реалния обем на язовира в началото на всеки месец, несъвпадението на прогнозния с реалния месечен приток не е от съществено значение и грешката не се натрупва.

ММН1 на **Фиг. 7** е получено при годишен приток с обезпеченост 90 %, т.е. в случая прогнозата за годишния приток е с 90 % обезпеченост и среднотатистическо месечно разпределение [3]. Той е равен на потреблението за водоснабдяване 180 млн.м³ плюс 8 млн.м³ оводняване. ММН1 може да се определят и за прогнозен приток с по-малък обем и по-оляма обезпеченост. Това ще доведе до увеличаването им за сметка на по-голяма сигурност чрез по-ранно въвеждане на икономии във водоползването.

За да се илюстрира целесъобразността на източването на язовира при ползване на водите му за водоснабдяване и гарантиран енергодобив при описания по-горе начин на управление, чрез месечни лимити и прогнозиране на месечния приток, е извършена числена симулация чрез програмата RESERVOIR на изменението на обема му в най-сухия досега период 1992-2011. **Фиг. 8** илюстрира процеса при максимален начален бруто обем 600 млн.м³, а **фиг. 9** – при минимален



Фиг. 8.



Фиг. 9.

такъв – 156 mln.m³, осигуряващо според оценките необходимата обезпеченост и надеждност за водоснабдяването в 20 годишен период.

Характерното и при двете симулации е, че през периода се сработва голяма част от обема на язовира – 400 - 450 mln.m³, т.е. той се използва рационално. Принудително изпуснатите обеми когато се надвишава ОМН за поддържане на възможностите на язовира да поема голям приток и висока вълна са минимални. При първата симулация енергодобив не се извършва само през 2001 г., а при втората също и през първите три години от периода, когато обемът на язовира слиза под ОМН1. Водоснабдяването е задоволено 100% при първия случай, а при втория има много малък дефицит през 1994 г., който при реално водоподаване КО не би допуснал.

7. Заключение

От направения анализ на функционирането на яз. Искър се вижда, че причина за водната криза в София е неразумното и лекомислено източване на водите му над необходимите обеми за водоснабдяването на София и металургичния комбинат Кремиковци с цел производство на еленергия през 1993 и 1994 г., въпреки че обемът в

него още през 1993 г. е бил такъв, че е трябвало да се подава вода само за водоснабдяването на София. След кризата язовирът се използва само за водоснабдяване, като ВЕЦ работят инцидентно на форсиран режим за да се избегне преливането му. В настоящия момент се използва половината от полезния му обем. Целесъобразно е да се промени режима на използване на язовира, като освен за водоснабдяване да се подава редовно вода и за производство на гарантирана еленергия при спазване на приоритета на водоснабдяването.

Направени са водностопански оценки по методика, подробно описана в [3], за възможностите за такова използване на водите на язовира. При актуалното годишно потребление за водоснабдяване на София от около 180 mln.m³ с обезпеченост 100 % и настоящата оценка на притока е възможно без риск да се подават годишно 90 mln.m³ за производство на гарантирана енергия с обезпеченост 80 % за следващите 20 години. По този начин ще се използва целия обем на язовира. Оценките са ориентировъчни и могат да се детайлизират при сериозно намерение за такъв начин на експлоатация на язовира.

Показан е начинът на управление на източването на язовира при двучелевото му използване, чиято целесъобразност е показана посредством симулиране на източването му при сегашното ниво на водоснабдяване на гр. София.

Яз. „Искър”, в зависимост от началното напълване, може да осигури до 280 mln.m³ годишно вода за София с обезпеченост 100 % през следващите 20 години, ако водите му се използват само за водоснабдяване.

Обезателно трябва да има постоянно свободен обем от около 60 mln.m³, за да не прелива язовирът при ВВ с обезпеченост до 0,1 %.

Възможностите на язовира паралелно да се отвежда висок месечен приток с до 0,1 % обезпеченост през водоземането и изпускателите са такива, че няма нужда от предварително освобождаване на обеми за тази цел.

Ако от съображения за абсолютна сигурност продължи използването на язовира само за водоснабдяване на София, може да се твърди, че практически то е осигурено със 100 % обезпеченост и язовирът ще има близо 300 mln.m³ неизползван обем. В такъв случай прехвърлянето на водите, предназначени за каскада „Сестримо“ е излишно, води до неоправдани загуби и би трябвало да се преустанови. Тъй като то е под контрол, прехвърлянето може да се възобнови в случаите на доближаване на обема на язовира до минималните месечни напълвания, предвещаващи дефицит. Това може да

стане ако настъпи голямо намаление на средния отток.

При използване на язовира само за водоснабдяване на София целесъобразно е да се поддържа 100 mln.m³ постоянно празен обем за да се постигне много висока сигурност срещу преливане.

Литература

1. Язовир „Искър” - анализи на режимите на работа и водностопанска оценка на възможностите на язовира. Определяне на свободни обеми за поемане на високи води и лимити за изпускане и водоподаване. Отчет, МОСВ, 2012.

2. Йончева В., О. Сантурджиян, О. Ничева, „Оценка на максималния приток в язовирите в България”, Метеорология и хидрология, кн.3-4, 2013.

3. „Методика за определяне на обеми в язовирите от Приложение 1 от ЗВ за поемане на очакван приток”, МОСВ, 2012.

4. Сантурджиян О., В. Йончева, О.Ничева, Д. Шопова. „Управление на язовирите в България с цел намаляване на риска от наводнения и задоволяване на водоползването”. Шести българо-австрийски семинар „Практика и изследователска дейност в управлението на риска от наводнения“, 2013, софия.

5. Santourdjian O., D. Shopova. “Probability Estimation of Water Supply Reliability Assessments”, BALWOIS, 2006, Ohrid